

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente,
Recursos naturales y Cambio Climático



Veraacruz 1988 -2017

DIRECTORIO

SAGARPA

José Eduardo Calzada Rovirosa
Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Mely Romero Celis
Subsecretaria de Desarrollo Rural

Jorge Armando Narváez Narváez
Subsecretario de Agricultura

Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

Octavio Legarreta Guerrero
Delegado de SAGARPA en Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Miguel Ángel Yunes Linares
Gobernador Constitucional del Estado de Veracruz

SEDARPA

Joaquín Rosendo Guzmán Avilés
Titular de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca

INIFAP

Rafael Ambriz Cervantes
Encargado del Despacho de la Dirección General

Raúl Gerardo Obando Rodríguez
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Jorge Fajardo Guel
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Eduardo Francisco Berterame Barquín
Coordinador de Administración y Sistemas

Evaristo Águila Taxis
Director General Adjunto de la Unidad Jurídica

Juan Carlos Andrade Salaverría
Titular del Órgano Interno de Control

GOLFO CENTRO

Sergio Alberto Curti Díaz
Director del Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Julio César Vinay Vadillo
Director de Investigación

Francisco González Naranjo
Director de Administración

CONACYT

Enrique Cabrero Mendoza
Director General

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Jesús Moncada de la Fuente
Director General

ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS

Fabiola Lango Reynoso
Presidenta

**CONSEJO VERACRUZANO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
(COVEICYDET)**

Juan Pablo Álvarez Delong
Director General

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

José Sergio Barrales Domínguez
Rector

CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO ORIENTE (CRUO)

Fabián García Moya
Director

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Manuel Quintero Quintero
Director General

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO

José Manuel Rosado Pérez
Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO GALVÁN

Marco Antonio Díaz Ramos
Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

David Reynier Valdés
Director

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

CENTRO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN EN GANADERÍA TROPICAL (UNAM)

Miguel Ángel Alonso Díaz
Director

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Sara Ladrón de Guevara
Rectora

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS (UV)

Andrés Rivera Fernández
Director

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS (UV)

Otto Raúl Leyva Ovalle
Director

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA (UV)

Francisco Velázquez Sarmiento
Director

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Alejandro Torruco Vera
Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE XALAPA

Juan Enrique Ramos Ríos
Director

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CENTRO DE VERACRUZ

Elizabeth Reyes Chávez
Rectora

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE HUATUSCO

Eduardo Carreón Muñoz
Rector

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

David Gerardo Velasco González
Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ZONGOLICA

Ramiro Sánchez Uranga
Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TIERRA BLANCA

Ihara Irán Álvarez López
Directora

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

Jorge Antonio Velarde Inclán
Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE JUAN RODRÍGUEZ CLARA

Williams Quiroz López
Director

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

Salvador Arturo Beltrán Retis
Director Adjunto

FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA

Rafael Gamboa González
Director General

DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA

César Turrent Fernández

FUNDACIÓN PRODUCE VERACRUZ, A.C.

Gabriel Barreda Nader
Presidente Ejecutivo

**Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería,
Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos
naturales y Cambio climático**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Este libro digital se elaboró en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, en Medellín, Veracruz, en noviembre de 2017. C. P. 94277. Tels.: (229) 262 22 03, 04, 05.

Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Año 1, No. 1, Noviembre 2017, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. (55) 3871-8700, www.inifap.gob.mx. Editor responsable: M.C. Sergio Alberto Curti Díaz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-020610452000-203, ISSN: 2594-147X On line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Julio César Vinay Vadillo, Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Cordoba, Paso del Toro, mpio. Medellín de Bravo, ver. CP. 94277, TEL.: 229 262 22 03 AL 05 y 01800 088 22 22 Ext. 87809

<http://rcveracruz.org/doc/AvancesInvestigacionRC2017.pdf>

La cita correcta es:

Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., A. Ríos U., M. V. Vázquez H. y C. Perdomo M. (comps.). 2017. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. INIFAP. CP. UV. UACH. AVC. ITBOCA. ITUG. ITSH. UPH. Medellín, Ver., México. Año 1, Núm. 1, 2622 p.

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente,
Recursos naturales y Cambio Climático



45

Veraacruz 1988 -2017

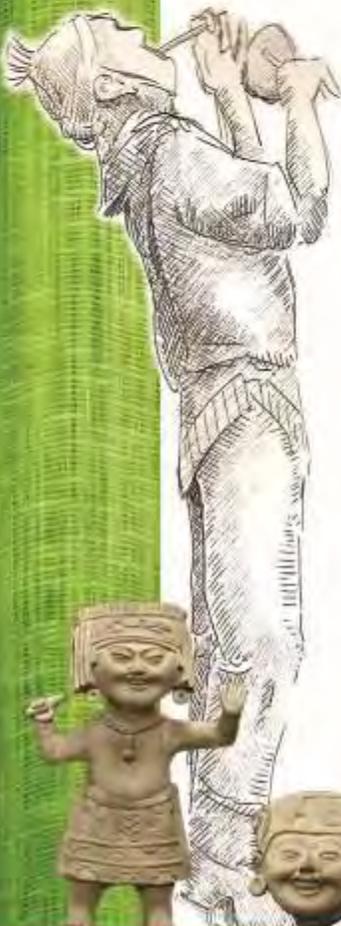


PRÓLOGO

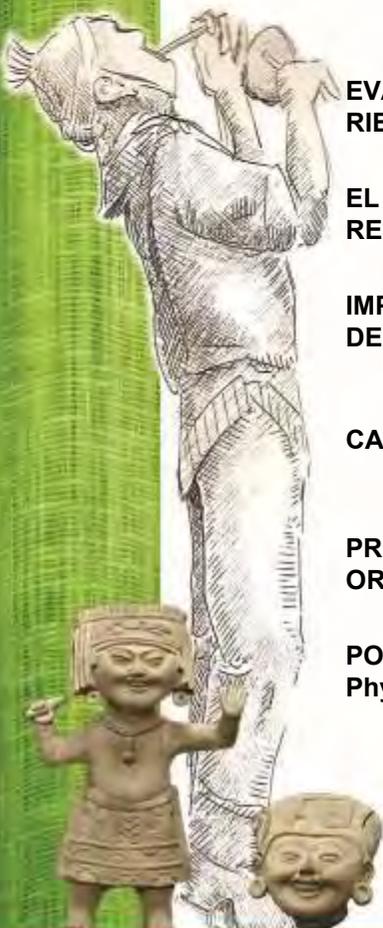
La Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria que se realiza en el estado de Veracruz, en 2017 cumple treinta años de desarrollarse ininterrumpidamente, desde que el INIFAP la realizó por primera vez en 1988, como un evento exclusivo de la institución. A través de los años, la integración de otras instituciones de investigación y enseñanza de áreas afines ha enriquecido dicha reunión, consolidándose como la reunión científica más importante del estado de Veracruz. Con los trabajos presentados en esta reunión se elaboró el presente libro científico, titulado: “Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático-2017”, que incluye 321 trabajos en extenso, seleccionados a través de un proceso riguroso de revisión técnica y presentados en nueve áreas temáticas. Su objetivo fundamental es difundir los resultados de investigación, validación y transferencia de tecnología, que se generan en las instituciones de investigación y enseñanza superior, en beneficio de los usuarios de las áreas y sectores antes mencionados. Para la revisión técnica y edición de esta publicación, se requirió del esfuerzo de muchos investigadores de diversas instituciones de investigación y enseñanza, así como de personal de apoyo técnico y administrativo del INIFAP. La publicación se pone a disposición de la comunidad de investigadores, académicos, profesionistas y técnicos, para servir como una referencia confiable de consulta y fortalecimiento de los vínculos interinstitucionales.

AGRÍCOLA

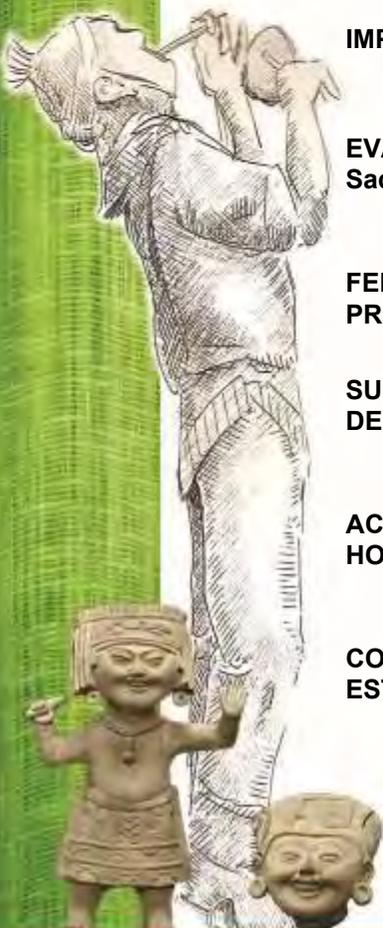
	Pág.
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN PROTOTIPO DE ARADO DE CINCELES PARA LABRANZA PRIMARIA VERTICAL	1
Sergio Miguel Jácome Maldonado, Marco Antonio Reynolds Chávez y Andrés Vásquez Hernández	
CONTROL QUÍMICO DE CLOROSIS FÉRRICA EN SOYA Y OKRA EN SUELO ALCALINO Y CALCÁREO	10
Arturo Díaz Franco, Martín Espinosa Ramírez y Flor Elena Ortiz Cháirez	
ALTERNATIVAS DE FERTILIZACIÓN DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i>) EN CONDICIONES DE RIEGO	19
Arturo Díaz Franco y Martín Espinosa Ramírez	
CONTROL DE <i>Drosophila suzukii</i> Matsumura (Diptera: Drosophilidae) CON INSECTICIDAS BOTÁNICOS	28
Braulio Alberto Lemus-Soriano y Eulalio Venegas-González	
CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES Y CAFEÍNA EN EL MUCÍLAGO DE TRES MATERIALES DE CAFÉ	35
Tania Marín-Garza, Miriam C. Pastelín-Solano, Fernando C. Gómez-Merino, Noé Aguilar-Rivera y Odón Castañeda-Castro	
CRECIMIENTO DEL CAFETO EN VIVERO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SOMBRA, SUSTRATO Y CONTENEDORES EN HUATUSCO, VERACRUZ	44
Dalia Reyes-Landa, Esteban Escamilla-Prado, Gustavo Mercado-Mancera y José Domingo Robledo-Martínez	
CISNE F2016: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (<i>Triticum aestivum</i> L.) DE GLUTEN FUERTE PARA EL BAJÍO, MÉXICO	50
Ernesto Solís Moya, Lourdes Ledesma Ramírez, Héctor Eduardo Villaseñor Mir, Aquilino Ramírez Ramírez, Oscar Arath Grageda Cabrera y María del Pilar Suaste Franco	
ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS	57
Victorino Gómez Valenzuela y Teodoro Pérez Castillo	
EFFECTO DE FECHAS DE SIEMBRA EN COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO	67
Aquilino Ramírez Ramírez, Ernesto Solís Moya y Oscar Arath Grageda Cabrera	
RENDIMIENTO DE TRIGO EN FECHAS DE SIEMBRA Y CALENDARIO DE RIEGOS EN EL BAJÍO DE GUANAJUATO	73
Ramírez R. Aquilino, Ernesto Solís M. y Oscar A. Grageda C.	
APLICACIONES PRECOSECHA DE FUNGICIDAS CONTROLAN <i>Colletotrichum gloeosporoides</i> (Penz.) EN POSTCOSECHA DE AGUACATE 'HASS' EN MICHOACÁN	80
Juan Antonio Herrera-González, Maureen Yamile Vite-Hernández, Juan Esteban Zapien-Ramos y Edmundo Mercado Silva	
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE GENOTIPOS DE CACAHUATE (<i>Arachis hypogaea</i> L.) EN DOS AMBIENTES AGROECOLÓGICOS DE VERACRUZ	88
Arturo Durán Prado, Andrés Vásquez Hernández, Isaac Meneses Márquez, Rigoberto Zetina Lezama, Romualdo Vásquez Ortiz y Alberto Trujillo Campos	
CARACTERÍSTICAS DE FRUTO DE POBLACIONES NATIVAS DE <i>Carica papaya</i> L. EN GUERRERO	97
Guadalupe García Solano, Guadalupe Reyes García, Francisco Palemón Alberto, Romualdo Vásquez Ortiz, Dolores Vargas Álvarez y Edgar Espinosa Trujillo	



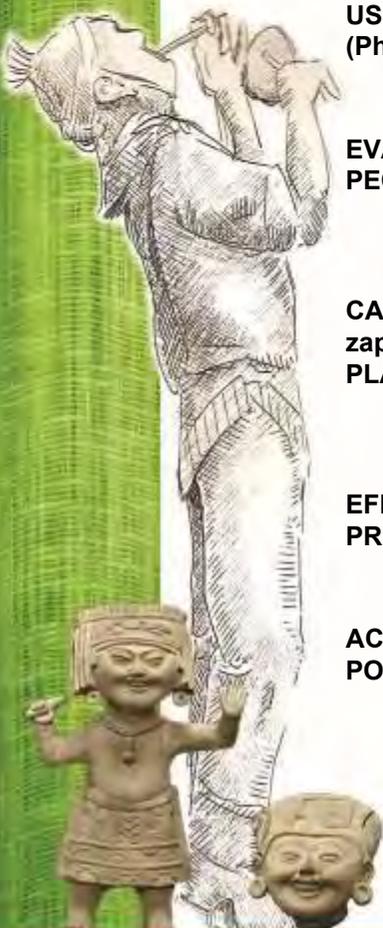
	Pág.
COMPORTAMIENTO DE INOCULANTES MICROBIANOS EN PLÁNTULAS DE <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni	106
Rodrigo Armando Cauich Cauich, Mónica Guadalupe Lozano Contreras y Genovevo Ramírez Jaramillo	
EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE CAMPO EN 11 HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE VERACRUZ	113
Jeovani Francisco Cervantes-Preciado, Nelson Milanés-Ramos y José Concepción García-Preciado	
COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL DE PAPA EN LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO	119
Oswaldo A. Rubio Covarrubias, Román Flores López y Alejandro Aguilar Zamora	
DETECCIÓN MOLECULAR DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> EN NARANJO AGRIO (<i>Citrus aurantium</i>) EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO	128
Santos Graciela Montemayor Beltrán, Isidro Humberto Almeyda León, María Genoveva Álvarez Ojeda, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Alberto Mendoza Herrera y Roberto Omar Castañeda Arriola	
FACTORES LIMITANTES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ	137
Armando Domínguez Torres, Luis Alberto Montes Gutiérrez, Salvador Paredes Rincón, Félix David Murillo Cuevas, Armando Domínguez Capistrán y Maritza Pérez Acahua	
EVALUACIÓN DE SEIS GENOTIPOS DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN COAHUILA	145
María del Carmen de Loera Hernández, David Sánchez Aspeytia, Moisés Ramírez Meraz, Ulises Santiago López y Mario Ernesto Vázquez Badillo	
CALIDAD DE FRUTO EN POBLACIONES NATIVAS DE TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>Ceraciforme</i>)	150
Jesús Guillermo Hernández-Martínez, Rafael Delgado-Martínez, Mario Rocandio-Rodríguez, Alejandro Carreón-Pérez, Héctor Rodríguez-Morán, Wilberth Alfredo Poot-Poot y Ricardo Lobato-Ortiz	
EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y PRODUCTIVA DE HÍBRIDOS DE GIRASOL BAJO RIEGO Y TEMPORAL EN GUANAJUATO	159
Miguel Hernández Martínez	
EL CULTIVO DE CHÍA EN ROTACIÓN CON TRIGO UNA ALTERNATIVA RENTABLE PARA GUANAJUATO	166
Miguel Hernández Martínez	
IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN EL VALLE DE MORELIA-QUERÉNDARO	173
Juan Antonio Herrera González, Víctor Manuel Coria Avalos y Eulalio Venegas González	
CARACTERÍSTICAS ELOTERAS DE GENOTIPOS MEJORADOS DE MAÍZ	181
Bulmaro Coutiño Estrada, Robertony Camas Gómez, Rausel Camas Pereyra y Jorge Rojo Soberanes	
PROBLEMÁTICAS PRODUCTIVAS Y DE COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS ORGÁNICOS EN COATEPEC Y XALAPA, VERACRUZ	188
Alicia del Pilar Silva Zamora y Martha Elena Nava Tablada	
POTENCIAL ANTIFÚNGICO DEL EXTRACTO DE <i>Equisetum arvense</i> L. CONTRA <i>Phytophthora infestans</i> EN CULTIVO DE JITOMATE <i>Solanum lycopersicum</i> L.	198
Lucía Torres Rueda, Claudia Zaragoza Queleto, Silvestre García Gómez y Ma. de los Ángeles González Domínguez	



	Pág.
COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO CRISTALINO EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO	203
María de Lourdes De la Cruz González, Juan Manuel Zavala Vargas y Nicandro Ortiz Molina	
RESPUESTA AGRONÓMICA DE LA PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) A LA APLICACIÓN INDIVIDUAL Y CONJUNTA DE BIOPRODUCTOS EN CONDICIONES DE MACETAS	210
Alfredo Lino Brito, Maribel Apolinar Aguilar, Aurelio García García, Camelia Rosas Máximo y Diana Agustín Luna	
RENDIMIENTO BIOLÓGICO Y DE GRANO DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO	220
José Raúl Rodríguez Rodríguez, Francisco Javier Ibarra Pérez, Oscar Hugo Tosquy Valle y Ernesto López Salinas	
EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO	227
José Raúl Rodríguez Rodríguez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Francisco Javier Ibarra Pérez y Ernesto López Salinas	
USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott) CON RIEGO PRESURIZADO EN TABASCO, MEXICO	235
Rutilo López López y Miguel Ángel Ramírez Guillermo	
EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN LA VIDA POSTCOSECHA DE FRUTOS DE MANZANO (<i>Malus domestica</i>)	245
Francisco Hernández Lorenzo, Selena Ortega Gasca, Itsel Paola Hernández Bringas, Alfredo Nava Zamora Román Morales Pablo, Javier de la Cruz Medina	
ADAPTACIÓN DE LÍNEAS RECOMBINANTES DE FRIJOL NEGRO A SUELOS ÁCIDOS DEL SUR DE VERACRUZ	252
Rigoberto Zetina Lezama, Oscar Hugo Tosquy Valle, Ernesto López Salinas, Francisco Javier Ibarra Pérez y Aurelio Morales Rivera	
IMPACTO DEL USO DE SUELO SOBRE LA MESOFAUNA EN CAÑA Y PASTO	261
Félix D. Murillo Cuevas, Héctor Cabrera Mireles, Jacel Adame García, José Antonio Fernández Viveros y Luis Alberto Montes Gutiérrez	
EVALUACIÓN DE VARIABLES AGROINDUSTRIALES EN HÍBRIDOS DE <i>Saccharum</i> spp. EN EL GRULLO, JALISCO, MÉXICO	271
José C. García Preciado, María Guzmán Martínez, Marcelino Álvarez Cilva y Jeovani Francisco Cervantes Preciado	
FERTILIZACIÓN FOLIAR CON NANOPARTÍCULAS DE TITANIO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PEPINO (<i>Cucumis sativus</i> L.)	281
Federico Lezama Castelán, Luz Anel López Garay y Libia Iris Trejo Téllez	
SUSTRATOS E INOCULACIÓN MICORRÍZICA-ARBUSCULAR DE PLÁNTULAS DE CHILE COMAPEÑO BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA PROTEGIDA	288
Isabel Alemán Chávez, Gabriela Álvarez Landa, Ramón Zulueta Rodríguez, Luis Guillermo Hernández Montiel y Liliana Lara Capistrán	
ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE UN AISLADO DE <i>Bacillus subtilis</i> CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS	297
Edgardo Regalado Infante, Otto Raúl Leyva Ovalle, Rosalía Núñez Pastrana, María Elena Galindo Tovar, Joaquín Murguía González y Luz Irene Rojas Avelizapa	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO	307
Ernesto López Salinas, Oscar Hugo Tosquy Valle y José Raúl Rodríguez Rodríguez	



	Pág.
RELACIÓN TETRANÍQUIDOS-FITOSEIDOS EN GUANÁBANO (<i>Annona muricata</i> L.) EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ	316
Carlos Anastasio-Lino, César Ruiz-Montiel, Marycruz Abato-Zárate, Nancy Domínguez-González y Noel Reyes-Pérez	
USO DEL MODELO AMMI EN CUATRO VARIEDADES DE TRIGO HARINERO EN EL BAJÍO DE MÉXICO	325
Elba Gabriela Camacho Arellano, Ernesto Solís Moya, Aquilino Ramírez Ramírez, María del Carmen Gómez Servín, Mariano Díaz Ruiz y María del Pilar Suaste Franco	
EFFECTO DE LA CEPA SOLUBILIZADORA DE FOSFATO ITCB-09 EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i>) VAR. JAGUAR	332
Juan Carlos Camacho Chab, Antonio O. Chab Ruiz, Katia I. Cob Rivera, Benito B. Dzib Castillo, Guadalupe Collí Caamal y Rodrigo E. Tun Che	
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A PUDRICIÓN DE RAÍZ POR <i>F. proliferatum</i> DE GERMOPLASMA DE TRIGO HARINERO	341
María del Pilar Suaste Franco, Luis Antonio Mariscal Amaro, Ernesto Solís Moya, Gabriel Iturriaga de la Fuente, Juan Gabriel Ramírez Pimentel, Juan Carlos Raya Pérez	
USO DEL MODELO GGE BILOT EN TRIGO CRISTALINO EN FECHAS DE SIEMBRA Y CALENDARIOS DE RIEGO	348
María del Carmen Gómez Servín, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Mariano Díaz Ruiz, Aquilino Ramírez Ramírez y María del Pilar Suaste Franco	
ESTUDIO MORFOLÓGICO DE CLONES DE CAFÉ (<i>Coffea canephora</i> var. <i>robusta</i>) EN LA REGIÓN DE TEZONAPA, VERACRUZ	356
Juan Guillermo Huerta Mijangos, Jasiel Valdivia Sánchez, Aristarco Aguas Atlahua, Susana Isabel Castillo Martínez y Pompeyo Quechulpa Pérez	
USO DE MICORRIZA Y ABONOS FOLIARES EN TOMATE DE CÁSCARA (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot Ex Horm) EN VERACRUZ	363
Juan Valente Megchún García, Laureano Rebolledo Martínez, Daniel Rodríguez Lagunes, Andrés Rebolledo Martínez y María del Refugio Castañeda Chávez	
EVALUACIÓN FORRAJERA DE CUATRO ESPECIES DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN EL BAJÍO	370
Mariano Díaz Ruiz, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Elba Gabriela Camacho Arellano, María del Carmen Gómez Servín y Lourdes Ledesma Ramírez	
CALIDAD Y METABOLITOS FUNCIONALES EN CHICOZAPOTE (<i>Manilkara zapota</i> L.) 'BETAWI' CULTIVADOS EN DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN	377
Yamir Sosa Hernandez, Irán Alía Tejacal, Andrés Rebolledo Martínez, Laura Josefina Pérez Flores, Víctor López Martínez, Fernando Díaz de León Sánchez y Gloria Alicia Pérez Arias	
EFFECTO DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE LA BIOLOGÍA FLORAL EN PROCEDENCIAS DE <i>Jatropha curcas</i> L. DE VERACRUZ	388
Izteotl Gómez-Zúñiga, Olivia Palacios-Wassenaar, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez y Arturo Pérez-Vázquez	
ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA OBTENIDAS POR VIA BIOLÓGICA CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS	397
Gabriela Lucero Cuatra Xicalhua, Norma Gabriela Rojas Avelizapa, Otto Raúl Leyva Ovalle, Rosalía Núñez Pastrana, María Elena Galindo Tovar, Joaquín Murguía González y Luz Irene Rojas Avelizapa	



	Pág.
FORMULACIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO (AUXINA) Y SU APLICACIÓN A PLÁNTULAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>)	406
Daniel Montero Perea y Brenda Lisaania González Martínez	
EFFECTO DE LA PODA SOBRE LA MORFOLOGÍA DEL FRUTO DE <i>Jatropha curcas</i> L.	412
Olivia Palacios-Wassenaar, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez, Arturo Pérez-Vázquez y Odilón Sánchez-Sánchez	
NIVELES DE FERTILIZACIÓN, VARIABLES ECONÓMICAS Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DEL CHILE CERA (<i>Capsicum pubescens</i> R y P)	420
Esteban Joaquín Medina, Verónica Torres Valencia, Rolando Rueda Luna y Floriberto Gonzalez Ortíz	
FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA INCIDENCIA Y DAÑO DEL GUSANO COGOLLERO EN MAÍZ DE OTOÑO-INVIERNO	428
Mileydi Santiago Urbano, Carlos Alberto Tinoco Alfaro, José López Collado, Luis Carlos Alvarado Gómez y Juan Manuel Osorio Hernández	
VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) EN SAN ANDRÉS TLALNELHUAYOCAN, VER.	438
Andrea Durán García, Iliana Santiago Hernández, Cristina Elizabeth Zúñiga Castañeda y Andrés Rivera Fernández	
PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA CONTROLAR COGOLLERO <i>Spodoptera frugiperda</i> Smith y Abbot (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN SORGO DULCE	447
Oscar Javier Salazar Meza, Rosa Laura Rebolledo García, Gerardo Montiel Vicencio, Sergio Uribe Gómez y Laureano Rebolledo Martínez	
EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE BIOFERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MAÍZ	455
Oscar A. Grageda Cabrera, Sarahyt S. González Figueroa, Ernesto Solís Moya, Aquilino Ramírez Ramírez, Susana E. Preciado Ríos y Manuel Jerónimo Arriaga	
ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE EN TRIGO EN EL BAJÍO	463
Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Sarahyt Santamaría González Figueroa, Aquilino Ramírez Ramírez, Lourdes Ledesma Ramírez y María del Pilar Suaste Franco	
AISLAMIENTOS DE HONGOS MICORRÍZICOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DEL TRIGO	473
Sarahyt S. González Figueroa, Oscar A. Grageda Cabrera, Ernesto Solís Moya, Aquilino Ramírez Ramírez, Juan Rolando Hurtado Guerra y Lourdes Ledesma Ramírez	
ASIMILACIÓN DE NITRÓGENO POR EL CULTIVO DE TRITICALE EN LA INTERACCIÓN COMPOSTAS, FERTILIZANTES Y BIOFERTILIZANTES	481
Oscar A. Grageda-Cabrera, Sarahyt S. González-Figueroa, Juan José Peña-Cabriales, José Antonio Vera Núñez, Edwin Alberto Mosqueda Camarena y Ernesto Solís Moya	
APLICACIÓN DE COMPOSTA E INOCULACIÓN DE <i>Rhizophagus intraradices</i> EN LA NUTRICIÓN DE CHILE JALAPEÑO	490
Sarahyt S. González Figueroa, Oscar A. Grageda Cabrera, Ernesto Solís Moya, Aquilino Ramírez Ramírez, Susana E. Preciado Ríos y Rosa María Ceballos Noriega	
ESTUDIO DE MERCADO DE PRODUCTOS DERIVADOS DE MALANGA	498
Rogelio Torres Tadeo y Ezequiel Arvizu Barrón	
PRODUCCIÓN ORNAMENTAL DE CHILE HABANERO (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.)	503
Mariana Tepetla Ramírez, Sergio Jarillo Galindo, Lucero Hernández Pérez, Gabriela Sánchez-Viveros, Erick Herrera Jiménez y Juan Ruiz Ramírez	



	Pág.
ESTABILIDAD DE GENOTIPOS DE TRIGO BAJO DIFERENTES CALENDARIOS DE RIEGO EN EL BAJÍO	508
María del Pilar Suaste Franco, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Sarahyt Santamaría González Figueroa, Juan Rolando Hurtado Guerra y Manuel Jerónimo Arriaga	
ARTRÓPODOS PLAGA EN ANTURIO PARA FLOR DE CORTE EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO	516
Emmanuel Herrera-Martínez, Gabriel Otero-Colina, Juan A. Villanueva-Jiménez y Rosaura José-Pablo	
DESARROLLO DE LA PLANTA DE Agave tequilana MEDIANTE LA TÉCNICA DE FERTIGACIÓN EN TAMAULIPAS	525
Lamberto Zúñiga Estrada, Enrique Rosales Robles, María de Jesús Yáñez-Morales y Cuauhtémoc Jacques-Hernández	
SUSCEPTIBILIDAD DE Schistocerca piceifrons piceifrons Walker 1870 A HONGOS ENTOMOPATÓGENOS Metarhizium anisopliae Y Beauveria bassiana	533
Alejandro del Jesús Trejo y Joel Lara-Reyna	
FISICOQUÍMICA Y COMPUESTOS FENÓLICOS EN Passiflora quadrangularis L.	541
Verónica Pacheco Prieto, José de Jesús Axol Rodríguez, Carlos Gilberto García García y Dora Angélica Ávalos de la Cruz	
CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL FRUTO DE Passiflora biflora Lam.	551
Monserrat Jerónimo López, Dora Angélica Ávalos de la Cruz, José de Jesús Axol Rodríguez y Carlos Gilberto García García	
PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DE Moringa oleifera Lam. BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA	556
Arturo Pérez-Vázquez, Rafael Ruiz Hernández y Florencia García-Alonso	
RESPUESTA DE CAFETOS Coffea arabica L. DE LA VARIEDAD ORO AZTECA A SISTEMAS Y TIPOS DE PODA	564
Rosafío López Morgado, Luis Eduardo García Mayoral y Rafael Alberto Guajardo Panes	
CARACTERIZACIÓN DE HUERTOS URBANOS Y PERIURBANOS DE XALAPA DE ENRÍQUEZ, VERACRUZ	573
Saúl Ortiz Riveros, Nancy Domínguez González, Marycruz Ábato-Zárate, Carlos Roberto Cerdán Cabrera y Miguel Ángel Escalona Aguilar y Noel Reyes Pérez	
ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE GLUTEN EN LÍNEAS F6 DE TRIGO HARINERO DE GLUTEN FUERTE	583
Juan Rolando Hurtado Guerra, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Aquilino Ramírez Ramírez, Lourdes Ramírez Ledesma y Sarahyt Santamaría González Figueroa	
EFFECTO DE LA LABRANZA VERTICAL PROFUNDA SOBRE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO Y RENDIMIENTO DE MAÍZ H-520	590
Andrés Vásquez Hernández, Marco A. Reynolds Chávez y Sergio Jácome Maldonado	
SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUACATE HASS EN LA REGIÓN DE CHICHQUILA, PUEBLA	599
Raúl Ríos Sánchez y Juan Quintanar Olguin	
EXPERIENCIAS EN EL MANEJO ECOLÓGICO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL UBICADO EN AGUAXINOLA MUNICIPIO ACULTZINGO, VERACRUZ	606
Mauricio Rojas Ascensión y Roberto Ruiz Castro	



	Pág.
FUENTES NATURALES DE NUTRICIÓN VEGETAL Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL FRUTO DE JITOMATE Verónica Torres Valencia, Esteban Joaquín Medina, Gemma Espinosa Enríquez y Marisol Méndez Urbano	613
INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN CRUZAMIENTOS VARIETALES DE MAÍZ PARA LOS ESTADOS DE VERACRUZ Y TABASCO Mauro Sierra Macías, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo, Sabel Barrón Freyre, Alejandro Espinosa Calderón, Noel Gómez Montiel y Pablo Andrés Meza	620
USO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD EN SUSTRATO ARENOSO Fabiél Vázquez Cruz, Carlos Rodríguez-Rodríguez, Sigfrido David Morales Fernández y Armando Ibáñez-Martínez	631
ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA ÓPTIMA DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO Luis A. Flores-Cruz, José A. García-Salazar	641
INFLUENCIA VARIETAL SOBRE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE LA PLÁNTULA DE COCOTERO (<i>Cocos nucifera</i> L.) Matilde Cortazar Ríos y Deisy Lorena Flórez Gómez	647
VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA SOYA EN UN CICLO CON DEFICIENCIAS DE HUMEDAD EN TAMAULIPAS Julio César García Rodríguez, José Eduardo de la Rosa Flores, Nicolás Maldonado Moreno y Guillermo Ascencio Luciano	657
EFECTO DE ACARICIDAS SOBRE <i>Tetranychus</i> sp. EN MAÍZ (<i>Zea mays</i>) EN EL ESTADO DE VERACRUZ Jorge Gustavo Rodríguez Escobar, Rebeca Rodríguez Falconi y Roberta Cruz Gutiérrez	667
USO DE VERMICOMPOSTA EN LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA Y DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE LIMONARIA (<i>Choisya aff. ternata</i>) Joel Velasco-Velasco, Juan Antonio Pérez-Sato, Livia Iris, Ma. De las Nieves Rodríguez-Mendoza, Abigail Montalvo-Martínez	676
RETENCIÓN DE FRUTOS EN <i>Vanilla planifolia</i> Jacks ex Andrews CON REGULADORES DE CRECIMIENTO Juan Hernández Hernández, Sergio A. Curti Díaz y Ángel Ríos Utrera	683
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO DE YUCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.) EN MÉXICO Isaac Meneses-Márquez, Pablo Andrés-Meza, Otto R. Leyva-Ovalle, Joaquín Murguía-González, Enrique Noé Becerra-Leor, Xóchitl Rosas-González y J. Luis Del Rosario-Arellano	692
EFECTO DE BIOESTIMULANTES Y NUTRIMENTOS FOLIARES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGO (<i>Ficus carica</i>) cv. CAFÉ DE TURQUÍA Antonio Morgado González, Alberto Enrique Becerril Román, Guillermo Calderón Zavala, Eduardo García Villanueva, Ciro Velasco Cruz y José Alberto Villa	699
SISTEMA DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE PITAHAYA PÚRPURA <i>Hylocereus ocamponis</i> (Salm-Dyck) EN MOLCAXAC, PUEBLA Bibiana Solís Martínez, Raúl Ríos Sánchez y Margarito Osvaldo Ramos Castro	707
TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO DE HIGUERILLA EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO Néstor Espinosa Paz, Rafael Ariza Flores, Ana Laura Ramírez Córdova y María Hernández Maldonado	717



EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE NUEVOS CLONES CRIOLLOS DE MANGO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS

Víctor Palacio Martínez, Juan Francisco Caballero Pérez, Ángel Villegas Monter y Antonio Mora Aguilera

Pág.
722

PECUARIO

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PROLIFICIDAD DE LA OVEJA TABASCO EN EL TRÓPICO HÚMEDO

Daniela Carrillo Alemán, Hugo Pérez Ramírez y Cristino Cruz Lazo

Pág.
730

DIGESTIBILIDAD IN VIVO: *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* Y BAGAZO DE CÍTRICOS EN CORDEROS PELIBUEY

María Fernanda Vázquez Carrillo, Epigmenio Castillo Gallegos, Cristino Cruz Lazo, Luis Corona Gochi y Octavio Alonso Castelán Ortega

739

CARACTERIZACIÓN DE LA VIDA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE VACAS INDUBRASIL EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Juan Prisciliano Zárate Martínez, Vicente Eliezer Vega-Murillo, Ángel Ríos Utrera, Víctor Delio Hernández Hernández, Eugenio Villagómez Amezcua-Manjarrez y Jorge Fajardo Guel

748

EL HUEVO CRIOLLO FÉRTIL: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL

A. Vélez-Barraza, M.A. Camacho-Escobar, M.P. Jeréz-Salas, J.C. García-López, N.Y. Ávila-Serrano, E.I. Sánchez-Bernal, S.J. López-Garrido, M.M. Galicia-Jiménez y J. Arroyo-Ledezma

758

RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA PRODUCTIVIDAD DE CERDAS SOMETIDAS A UNA DIETA ADICIONADA CON NOPAL EN LACTANCIA

Rosa Elena Pérez Sánchez, Gerardo Ordaz Ochoa, Aureliano Juárez Caratachea y Ruy Ortiz Rodríguez

765

DIGESTIBILIDAD IN SITU de *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* Y BAGAZO DE CÍTRICOS EN CORDEROS PELIBUEY

María Fernanda Vázquez Carrillo, Epigmenio Castillo Gallegos, Cristino Cruz Lazo, Luis Corona Gochi y Octavio Alonso Castelán Ortega

776

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA INTERNA DE CASETA SOBRE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS DEL POLLO DE ENGORDA

Carlos Alberto Luna Espinosa, Aureliano Juárez Caratachea, Ernestina Gutiérrez Vázquez y Ruy Ortiz Rodríguez

783

EFFECTO DE LA ADICIÓN DEL NOPAL A LA DIETA PARA GALLINAS SOBRE COLESTEROL EN HUEVO

Maricruz Calderón González, Aureliano Juárez Caratachea, Rosa Elena Pérez Sánchez y Ruy Ortiz Rodríguez

791

EFFECTO DE *Cratylia argentea*-*Brachiaria brizantha* SOBRE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE VACAS F1

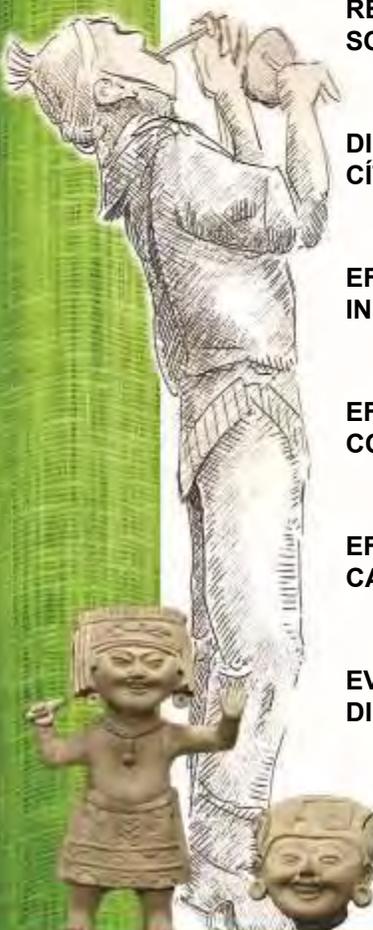
Maricela Ramírez García, Eliazar Ocaña Zavaleta, Luis Corona Gochi, Carlos Alfredo Sandoval Castro y Epigmenio Castillo Gallegos

799

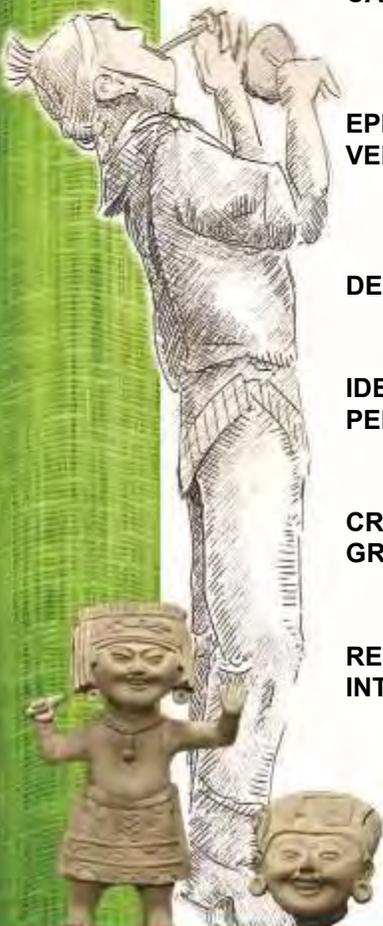
EVALUACIÓN DE LA SEROCONVERSIÓN EN CABRAS VACUNADAS CON DIFERENTES CEPAS CONTRA BRUCELOSIS EN VERACRUZ, MÉXICO

Baldomero Molina Sánchez, David I. Martínez Herrera, Violeta T. Pardío Sedas, Ricardo Flores Castro, José F. Morales Álvarez, Joaquín Murguía González, Carlos R. Cerdán Cabrera y José Alfredo Santiago Villagómez Cortés

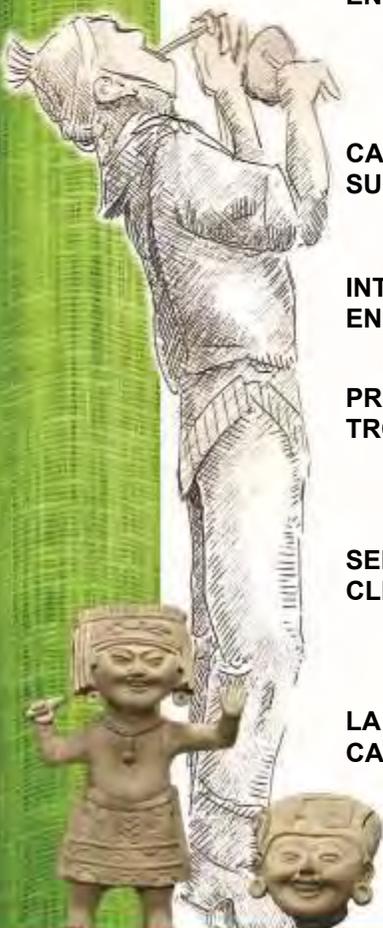
808



	Pág.
PRUEBA DE DESAFÍO EN UN HATO DE LECHERÍA TROPICAL CON GANADO SUIZO EN PASTOREO	818
Pedro Iván Juárez Reyes, Víctor Uzziel Morales Culebro, Maximino Zito Romero Figueroa, José Antonio Fernández Figueroa, Pablo Tadeo Cruz y Nayib Bechara Acar Martínez	
ENSILADO DE PESCADO DE DESCARTE EN LA LOCALIDAD DE ZAPOTITLÁN DE TATAHUICAPAN DE JUÁREZ, VER.	825
Luis David Valerio Bautista, Maximino Zito Romero Figueroa, José Antonio Fernández Figueroa y Nayib Bechara Acar Martínez	
EVIDENCIA SEROLÓGICA DE LA TOXOPLASMOSIS OVINA EN TRES REGIONES DE VERACRUZ, MÉXICO	830
Rafael Suazo Cortez, David Itzcóatl Martínez Herrera, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Carlos Ricardo Cruz Vázquez, José Francisco Morales Álvarez, Gabriela Sánchez Viveros y María Elena Galindo Tovar	
EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ARTESANALES DE PRIMAVERA DE NIM (Azadirachta indica A. Juss) CONTRA GARRAPATAS DE BOVINOS EN PASTOREO	840
Teresa Beatriz García Peniche, Isaías López Guerrero, Maribel Montero Lagunes y Roberto Omar Castañeda Arriola	
MORFOGÉNESIS DE HIJATOS DE GRAMÍNEAS NATIVAS A DIFERENTES NIVELES DE CARGA ANIMAL EN TRÓPICO HÚMEDO	850
Jesús Jarillo Rodríguez, Epigmenio Castillo Gallegos y Braulio Valles de la Mora	
CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LOS PASTOS YACARÉ Y OAXACA, BAJO Melia azederach L. EN VERACRUZ	861
Jesús Jarillo Rodríguez, Epigmenio Castillo Gallegos, Braulio Valles de la Mora y José Isidro Melchor Marroquin	
IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE Brucella spp. AISLADAS DE LECHE DE CABRAS INFECTADAS EN EL MUNICIPIO DE PEROTE, VER.	866
Ada L. Ameca Cárcamo, David I. Martínez Herrera, Baldomero Molina Sánchez, Violeta T. Pardío Sedas, Ricardo Flores Castro, José Alfredo Santiago Villagómez Cortés y Aidé López Merino	
EPIDEMIOLOGÍA DE LA EPIDIDIMÍTIS DEL CARNERO EN EL ESTADO DE VERACRUZ	875
Jorge Ernesto Eliseo Céspedes Rosas, David Itzcóatl Martínez Herrera, Javier Cruz Huerta Peña, José Alfredo Villagómez Cortés, Argel Flores Primo, José Francisco Morales Álvarez y Ricardo Flores Castro	
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE FABÁCEAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	883
Francisco Enrique Cab Jiménez, Javier Francisco Enríquez Quiroz y Violeta Mariana Loeza Deloya	
IDENTIFICACIÓN DE Brucella spp. EN UN REBAÑO OVINO DEL MUNICIPIO DE PEROTE, VER.	893
Blanca Lilia Gabriel Véjar, David Itzcóatl Martínez Herrera y Karla María López Hernández	
CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA DE TRES GRAMÍNEAS TROPICALES BAJO EL DOSEL DE ÁRBOLES LEGUMINOSOS	902
Persia De Gante-Ramírez, Silvia López-Ortiz, Mónica de la Cruz Vargas-Mendoza, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez y María de la Luz Avendaño-Yáñez	
RENDIMIENTO DE FORRAJE DE DIFERENTES ECOTIPOS DE Brachiaria spp. INTRODUCIDOS DE ÁFRICA A LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ	911
Javier Francisco Enríquez Quiroz, José Francisco Villanueva Ávalos, Francisco Enrique Cab Jiménez y Jean Hanson	



	Pág.
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO MARALFALFA Y MOMBAZA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO VS MANEJO TRADICIONAL EN VERACRUZ	918
Javier Francisco Enríquez Quiroz, Francisco I. Juárez Lagunes, Francisco Enrique Cab Jiménez y Maribel Montero Lagunes	
EFFECTO DE ESPECIE Y EDAD AL CORTE DE CINCO GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS A HUEYTAMALCO, PUEBLA, SOBRE LAS FRACCIONES DE PROTEÍNA	924
José de Jesús Mario Ramírez González, Francisco A. Castrejón Pineda y Luis Corona Gochi	
EFICIENCIA DEL LEVAMISOL CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN CORDERAS PELIBUEY EN CRECIMIENTO	932
María Fernanda Escamilla-González, Leticia Galindo-Rodríguez y Elke Von Son-de Fernex	
SEROPREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE LEPTOSPIROSIS EN PERROS Y PROPIETARIOS EN VERACRUZ-BOCA DEL RÍO	946
Claudia Nelly Ortega González, David Itzcóatl Martínez Herrera*, Violeta Trinidad Pardío Sedas, José Alfredo Villagómez Cortés, Argel Flores Primo, Dinora Vázquez Luna, Gustavo Celestino Ortiz Ceballos y Jorge Isaac Torres Barranca	
SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN OVEJAS PELIBUEY CON DIFERENTE CONDICIÓN CORPORAL Y NUTRICIÓN FOCALIZADA	955
José Antonio Hernández-Marín, Camelia Alejandra Herrera-Corredor, Ponciano Pérez-Hernández, César Cortez-Romero, Arturo Pro-Martínez y Jaime Gallegos-Sánchez	
EFFECTO DE DIFERENTES DIETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE TRASPATIO DE CONEJO NUEVA ZELANDA, IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ	972
Oscar Borjas Vázquez, Norma Mora Collado y Ricardo Serna Lagunes	
IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE <i>Toxoplasma gondii</i> EN LECHE DE CABRAS EN MUNICIPIOS DE VERACRUZ	980
Javier Cruz Huerta Peña, David Itzcóatl Martínez Herrera, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Carlos Ricardo Cruz Vázquez, María Cecilia Venturini, Juan Manuel Unzaga, Gastón Moré, Joaquín Murguía González, Gabriela Romina Hernández Carbajal y Ricardo Flores Castro	
CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE DE BÚFALA (<i>Bubalus bubalis</i>) DEL SUR DE VERACRUZ	986
Yolanda Retama-Ortiz, Cruz Palacios Gerónimo, Cid Ramón, González-González y José Manuel Julián Sánchez	
INTEGRACIÓN DE LAS CADENAS DE VALOR EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN SAYULA DE ALEMÁN	992
María Magdalena Rosales Mora, Carlos Alberto Tinoco y Alfaro Pablo Tadeo Cruz	
PREVALENCIA DE RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN TOROS EN TRÓPICO HÚMEDO	1001
Jorge V. Rosete Fernández, Ángel Ríos Utrera, Juan P. Zárate Martínez, Lorenzo Granados Zurita, Víctor M. Banda Ruíz, Guadalupe A. Socci Escatell, Abraham Frago Islas, Sara Olazarán Jenkins y Viridiana Tobón Martínez	
SEROPREVALENCIA DE DIARREA VIRAL BOVINA EN TOROS MANTENIDOS EN CLIMA TROPICAL HÚMEDO	1008
Jorge V. Rosete Fernández, Juan P. Zárate Martínez, Ángel Ríos Utrera, Lorenzo Granados Zurita, Víctor M. Banda Ruíz, Guadalupe A. Socci Escatell, Abraham Frago Islas, Sara Olazarán Jenkins y Edgar Rodríguez Peña	
LA CRIANZA CON GALLINA MEJORA EL DESEMPEÑO DE POLLITOS CAMPEROS	1014
Miguel Ángel Matus-Aragón, Mónica de la C. Vargas-Mendoza, Silvia López-Ortiz y Pablo Díaz-Rivera	



	Pág.
CALIDAD NUTRICIONAL DE <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. cv. MARALFALFA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO DURANTE UN AÑO	1021
Maribel Montero Lagunes, Francisco I. Juárez Lagunes y Javier F. Enríquez Quiroz	
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE OVEJAS EN CONDICIÓN CORPORAL BAJA SUPLEMENTADAS CON SALES DE CALCIO DE ÁCIDOS GRASOS	1029
Pedro Molina Mendoza, Jesús Germán Peralta Ortiz, Guadalupe Torres Cardona y Blas Rogelio Ávila Castillo	
CONSUMO APARENTE DE MATERIA SECA POR VAQUILLAS PASTANDO UNA ASOCIACIÓN GRAMÍNEA-LEGUMINOSA	1038
Braulio Valles de la Mora, Epigmenio Castillo Gallegos, Miguel Ángel Alonso Díaz, Jesús Jarillo Rodríguez y Eliazar Ocaña Zavaleta	
CONTROL DEL AMAMANTAMIENTO EN EL RESTABLECIMIENTO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO EN OVEJAS PELIBUEY	1045
Gladis Morales-Téran, Miguel Ángel Sánchez Hernández, Rosa de Jesús Arenas y Ricardo Acevedo Goméz	

FORESTAL

	Pág.
ALMACÉN DE CARBONO EN PLANTACIONES DE <i>Pinus patula</i> Y <i>Pinus ayacahuite</i> EN SAN MIGUEL TENEXTEPEC, AMANALCO, ESTADO DE MÉXICO	1055
Aurora Arias Téllez y René García-Martínez	
RETENCIÓN DE SUELOS POR PRESAS DE MORILOS EN EL PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ	1064
Clara Muñiz Mandujano, Celia Cecilia Acosta Hernández, Pascual Linares Márquez y Zoylo Morales Romero	
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>Quercus laurina</i> Bonpl. EN EL NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA	1073
Felipe Neri Hernández Soto, Miguel Gutiérrez Mauricio, Emanuel Mora Castañeda, María del Pilar Cuevas Ruiz y María Guadalupe Amador Martínez	
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTA CON FINES DE REFORESTACIÓN EN EL ESTADO DE VERACRUZ	1082
Karla Ivonne Vásquez Morales, Guillermo Rodríguez Rivas, Jesús Dorantes López y Francisco Xavier Pérez Vásquez	
EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE LA PARTE AÉREA DE <i>Cedrela odorata</i>	1091
Erik Pablo Carrillo y María Guadalupe Olivera Borja	
EVALUACIÓN DE LOS BROTES EN ESTACAS DE TILA (<i>Tilia americana</i> var. mexicana (Schltdl.) Hardin) COMO INDICADOR DE ENRAIZAMIENTO	1099
Christian Iván Santes Almaráz y José Luis López Ayala	
INOCULACIÓN DE UNA ESPECIE FORESTAL CON SUELO DE BOSQUE, CRECIENDO EN DOS TIPOS DE SUSTRATOS	1105
Karina Ramírez-Razo, Jesús Pérez-Moreno, Magdalena Martínez-Reyes, Juan José Almaráz-Suárez, Patricio Sánchez Guzmán y Javier Suárez Espinosa	
GUÍA DE DENSIDAD Y SIMULACIÓN DE REGÍMENES DE ACLAREO PARA <i>Pinus patula</i>	1114
Jesús Alberto Camacho Montoya, Wenceslao Santiago García, Gerardo Rodríguez Ortiz y Pablo Martínez Antúnez	



	Pág.
ECUACIONES DINÁMICAS: ALTURA DOMINANTE E ÍNDICE DE SITIO PARA <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlechtendal & Chamisso	1123
Eloísa Pérez-López, Wenceslao Santiago-García, Gerónimo Quiñonez-Barraza, Gerardo Rodríguez-Ortiz y Faustino Ruiz-Aquino	
GERMINACIÓN Y DESARROLLO EN <i>Zamia furfuracea</i> L. F. (Zamiaceae), CÍCADA ENDÉMICA DEL ESTADO DE VERACRUZ	1132
Jesús Antonio Lagunes Pérez, Nadia G. Sánchez Coello, Andrés Rivera Fernández, Lourdes G. Iglesias Andreú, Mauricio Luna Rodríguez y Quiyari J. Santiago-Jiménez	
MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN FUSTAL EN ÁRBOLES DE <i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth EN QUINTANA ROO, MÉXICO	1141
Juan Carlos Tamarit Urias, Jonathan Hernández Ramos, Xavier García Cuevas, Adrián Hernández Ramos y Patricia Aguilar Sánchez	
ANATOMÍA DE LA MADERA DE <i>Pinus douglasiana</i> Martínez Y <i>Pinus patula</i> Schl. & Cham.	1150
Martina López Aparicio y Faustino Ruíz Aquino	
EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN LA CALIDAD DE PLANTA DE <i>Cedrela odorata</i>	1160
María Guadalupe Olivera Borja y Erik Pablo Carrillo	
EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y DE CEPAS DE RIZOBACTERIAS EN EL CONTROL DE <i>Fusarium</i> spp. EN <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	1170
María Susana García Hernández, Deisy Yubeli Pineda Mendoza, María Encarnación Lara Hernandez y Juan José Almaráz Suárez	
PODER CALORÍFICO DE LA BIOMASA DE BAMBÚ <i>Guadua aculeata</i> EN DOS ETAPAS DE MADUREZ	1175
Patricia Aguilar Sánchez, Edna E., Suárez Patlán, Casimiro Ordóñez Prado y Juan Carlos Tamarit Urias	
GERMINACIÓN DE <i>Alfaroa mexicana</i>, <i>Myroxylon balsamum</i>, <i>Vatairea lundellii</i> Y <i>Pterocarpus rohrii</i>	1182
Rafaela Mendoza García, Gabriel Luna Cabal, Javier Roldán Hernández, José Luis López Ayala, Jasiel Valdivia Sánchez y Alejandro Llaguno Aguiñaga	
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS FORESTALES A PARTIR DE AUTOHIDRÓLISIS POR STEAM EXPLOSION DE <i>Pinus patula</i>	1187
Edna Elena Suárez Patlán, Patricia Aguilar Sánchez, Noel Carrillo Ávila, Casimiro Ordoñez Prado y Martha Elena Fuentes López	
MATERIAL CARTOGRÁFICO OBTENIDO DE IMÁGENES GENERADAS POR UN SISTEMA DE AERONAVE PILOTADO A DISTANCIA (RPAS)	1195
Casimiro Ordóñez Prado, A. Peña Cervantes, Juan Carlos Tamarit Urias, Patricia Aguilar Sánchez, C. Pérez Santiago y D.A. Ramos Becerra	
PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS FIDECOAGUA: ANÁLISIS 2008-2013	1202
Diana Maritza Reyes González, Celia Cecilia Acosta Hernández, Leonardo Daniel Rodríguez Hernández y Pascual Linares Márquez	

ACUÍCOLA

	Pág.
CRECIMIENTO Y TRANSFERENCIA DE UNA POBLACIÓN SINTÉTICA DE TILAPIA ROJA EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO	1212
Germán Muñoz-Córdova y Martha Salazar-Ulloa	



	Pág.
POLICULTIVO DE TILAPIA <i>Oreochromis</i> sp. Y CAMARÓN BLANCO <i>Litopenaeus vannamei</i> EN BIOFLOC A DIFERENTES SALINIDADES	1221
Dalia Guadalupe Mendoza López, Saúl Silva Reyna, Fabiola Lango Reynoso, María del Refugio Castañeda Chávez, Leonardo Martínez Cárdenas y Jesús Trinidad Ponce Palafox	
ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA (MAPEO) DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA <i>Oreochromis</i> spp. EN VERACRUZ	1230
Juan Cristóbal Hernández Arzaba, Diego Esteban Platas Rosado, Luling Preza Lagunes y Luis González Reynoso	
IMPLICACIONES DE LOS AUMENTOS DE TEMPERATURA PROYECTADOS PARA LA ACUACULTURA DEL ESTADO DE VERACRUZ	1234
Luis González Reynoso, Diego Esteban Platas Rosado y Juan Cristóbal Hernández Arzaba	
TRANSPORTE DE TILAPIA (<i>Oreochromis</i> spp.) VIVA PARA SU COMERCIALIZACIÓN, UNA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO REGIONAL	1240
Juan Lorenzo Reta-Mendiola, Alberto Asiain-Hoyos, Verónica Lango-Reynoso y Horacio Gallegos-Salcedo	
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE PROTEÍNA CONVENCIONAL POR <i>Candida utilis</i> EN EL CULTIVO DE <i>Pangasianodon hypophthalmus</i>	1246
Josué Pascual González, Alberto Asiain Hoyos, Juan Reta Mendiola, Mónica de la Cruz Vargas Mendoza, Jaime Bautista Ortega y Antonio García Estefan	
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DOS GRUPOS DE TILAPIA CULTIVADAS EN BIOFLOC	1254
Francisco Hernández Lorenzo, Mario Garduño Lugo, Javier de la Cruz Medina, Oscar González Ríos y Alfredo Nava Zamora	
ACTIVIDAD DE ENZIMAS PROTEASAS EN JUVENILES DE SARGO <i>Archosargus probatocephalus</i> (PERCIFORMES: SPARIDAE)	1263
M.L. Merino-Contreras, F. Sánchez-Morales, M.L. Jiménez-Badillo y C.A. Álvarez-González	
IDENTIFICACIÓN DEL USO Y MANEJO DE HORMONAS EN EL CULTIVO DE TILAPIA <i>Oreochromis</i> sp. EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA	1271
Alicia Sánchez Chávez, Isabel Araceli Amaro Espejo, María del Refugio Castañeda Chávez, Fabiola Lango Reynoso y Jesús Montoya Mendoza	
POLÍTICAS PÚBLICAS: GESTIÓN Y DESARROLLO DEL SECTOR ACUÍCOLA EN MÉXICO	1277
Eduardo Enrique Krauss-Langarica, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos	
ESTUDIO DE LA MADUREZ SEXUAL DEL SARGO <i>Archosargus probatocephalus</i> DEL SISTEMA LAGUNAR DE BOCA DEL RÍO-MANDINGA, VERACRUZ, MÉXICO	1283
E. Reyes Fentanes y M. L. Merino Contreras	
EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL ESTERILIZADO DE LA CARNE DE JAIBA AZUL (<i>Callinectes sapidus</i>)	1294
Wendy Marisol Mazón Abarca, José Alberto Ramírez de León y Gonzalo Velázquez de la Cruz	
DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT DEL CANGREJO AZUL DE TIERRA <i>Cardisoma guanhumi</i> EN EL SISTEMA LAGUNAR ALVARADO	1300
José Francisco Rendón-Hernández, María de Lourdes Jiménez-Badillo y Carlos Iván Pérez-Rostro	

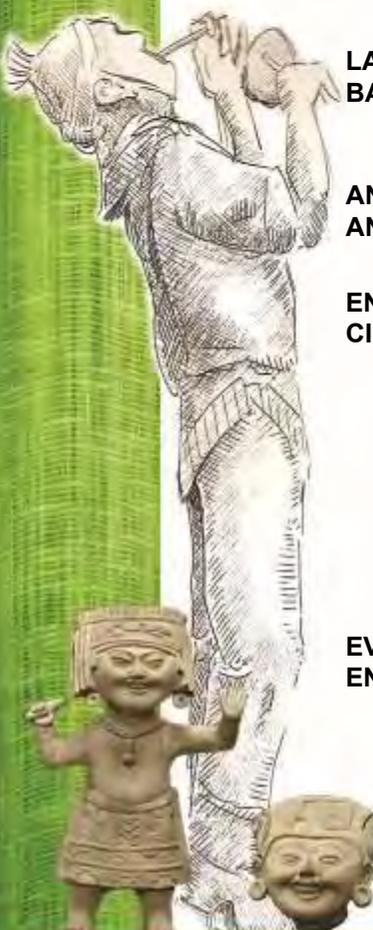


PESQUERÍA

- | | Pág. |
|--|------|
| HELMINTOS PARÁSITOS DEL BURRIQUETE, <i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791) DE LOS ARRECIFES DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO | 1307 |
| Carlos Roberto Blanco Segovia, Jesús Montoya Mendoza, Guillermo Salgado Maldonado, Fabiola Lango Reynoso y Magnolia Graciela Salcedo Garduño | |
| HUACHINANGO <i>Lutjanus campechanus</i> (Poey, 1860) EN EL SUR DE CAMPECHE, SU MADUREZ Y REPRODUCCIÓN | 1312 |
| Vequi Caballero Chávez y Ana Gabriela Díaz Álvarez | |
| VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONDICIÓN DE <i>Dormitator maculatus</i> (BLOCH, 1792) EN LA LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ | 1321 |
| Claudia Araceli Dávila Camacho, Itzel Galaviz Villa, Fabiola Lango Reynoso, María del Refugio Castañeda Chávez, Cecilia Quiroga Brahms y Jesús Montoya Mendoza | |
| INDICADORES DE LA PESQUERÍA DE PETO, <i>Scomberomorus cavalla</i> (PISCES: SCOMBRIDAE) DE LA COSTA DE TABASCO | 1328 |
| Ana G. Díaz-Álvarez, Raúl E. Lara-Mendoza y Luis A. Guerra-Jiménez | |
| FLUCTUACIÓN EN LA ABUNDANCIA DEL CAMARÓN BLANCO <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931) DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC | 1337 |
| Alejandro Llaguno Aguiñaga, Pedro Cervantes Hernández, Sebastián Ramos-Cruz, Rafaela Mendoza García y Jasiel Valdivia Sánchez | |
| HELMINTOS PARÁSITOS DE LA MOJARRA BLANCA, <i>Diapterus auratus</i> (Ranzani, 1842) DEL ARROYO MORENO, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ | 1347 |
| Gilberto Muñoz Nieto, Jesús Montoya Mendoza, Edgar F. Mendoza Franco, María del Refugio Castañeda Chávez y Jesús Herrera Triana | |
| ASPECTOS POBLACIONALES Y PESQUERÍA DEL PEZ SIERRA <i>Scomberomorus maculatus</i> (MITCHILL, 1815) EN COSTAS DE VERACRUZ | 1352 |
| Ofelia González Ramos, Adaline Xocoyotzi Chevez Manzo, Karla Campos Chablét, Jesús Castro Campa, Yair Alexis Del Ángel Rosas y Patricia Astrid Luna Ortiz | |
| LA ESTRUCTURA SOCIAL DE LOS PESCADORES DE LA COMUNIDAD DE BAHÍA CHIPEHUA, EN LA REGIÓN DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC, OAXACA | 1363 |
| Enrique Jarquin-Raymundo, Nimcy Arellanes-Cancino y María del Refugio Castañeda-Chávez | |
| ANÁLISIS DE DISTRIBUCIONES DE TALLAS DE SARDINA MONTERREY Y ANCHOVETA MEDIANTE ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL | 1372 |
| Osvaldo Gutiérrez-Benítez, Gabriela Galindo-Cortes y Enriqueta Velarde-González | |
| ENSAMBLAJES DE LA ICTIOFAUNA E HIDROLOGÍA EN DOS ESTUARIOS CIEGOS DE LA COSTA VERACRUZANA | 1381 |
| Rafael Chávez-López, Arturo Rocha-Ramírez, Jesús Montoya Mendoza y Ángel Morán Silva | |

DESARROLLO RURAL

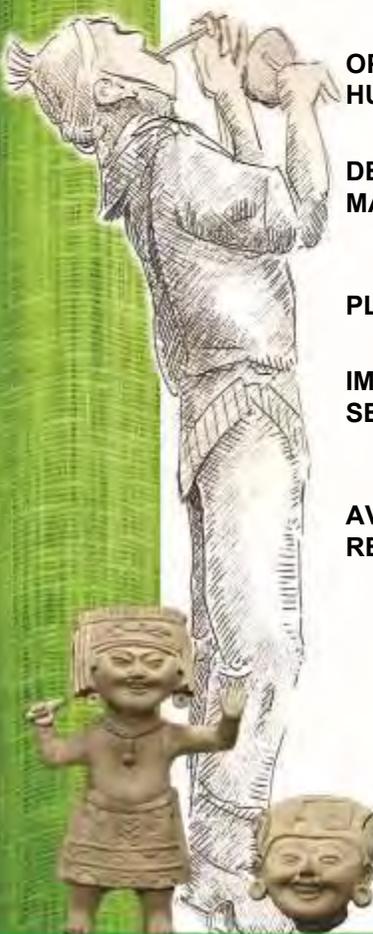
- | | Pág. |
|---|------|
| EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN CAFETALERA EN LA REGIÓN DE COATEPEC, VERACRUZ | 1392 |
| Gerardo Alvarado-Castillo, Leticia Domínguez Juárez, Ana Laura Gumecindo Alejo, Wendy Sangabriel-Conde y Carlos R. Cerdán-Cabrera | |



	Pág.
CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE OVINOS EN CAMPECHE, MÉXICO	1401
José de Jesús Pérez Bautista, Ponciano Pérez Hernández, Silvia López Ortiz, Bernardino Candelaria Martínez, Ricardo Antonio Chiquíni Medina, Roberto Carlos Gómez García y Martín Mogica Hernández	
LA RELACIÓN ENTRE COMERCIO JUSTO Y EMPODERAMIENTO COLECTIVO EN DOS ORGANIZACIONES VERACRUZANAS DE PEQUEÑOS CAFETICULTORES	1406
Sandra Ramírez-García y Martha Elena Nava-Tablada	
ORGANIZACIÓN FAMILIAR Y MIGRACIÓN EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR EN DOS COMUNIDADES DE TARÍMBARO, MICHOACÁN	1415
Lizeth Guadalupe Martínez Servín, María Elena Rivera Heredia, Isidoro Martínez Beiza, Daniel Val Arreola y Melba González Rodríguez	
VALOR AGREGADO AL COCO (Cocos nucifera) COMO ALTERNATIVA DE INCLUSIÓN LABORAL DEL MUNICIPIO DE TEZONAPA, VERACRUZ	1423
Susana Isabel Castillo Martínez, Aristarco Aguas Atlahua, Rogelio Limón Rivera y Nayeli Gabriel Ruiz	
HUERTOS ESCOLARES EN LA FORMACIÓN EDUCATIVA EN NIVELES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA SUPERIOR EN GUTIÉRREZ ZAMORA, VERACRUZ	1430
Abiel Rodríguez Maza y César Manuel Álvarez Domínguez	
CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FAMILIARES DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL VALLE DE TULANCINGO	1436
Gerardo Ortiz-Zaragoza, Oscar Del Razo-Rodríguez, Jesús Armando Salinas-Martínez, Verónica Espinosa-Muñoz, Isaac Almaraz-Buendía y Rodolfo Rogelio Posadas-Domínguez	
LECHERÍA FAMILIAR EN EL VALLE DE TULANCINGO: RENTABILIDAD Y CALIDAD DE VIDA	1445
Jesús Armando Salinas-Martínez, Rodolfo Rogelio Posadas-Domínguez, Verónica Espinosa-Muñoz, Isaac Almaraz-Buendía y Oscar Enrique Del Razo-Rodríguez	
MÉTODO CONTABLE Y DE PRESUPUESTOS POR ACTIVIDAD PARA COSTOS DE PRODUCCIÓN Y OPORTUNIDAD EN SISTEMAS LECHEROS	1454
Javier Pérez-Rodríguez, Oscar Enrique Del Razo-Rodríguez, Rodolfo Rogelio Posadas-Domínguez, Verónica Espinosa-Muñoz, Isaac Almaraz-Buendía y Jesús Armando Salinas-Martínez	
ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE JESÚS CARRANZA A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	1462
Néstor Manuel Montiel Hernández, Mario Adrián López Ortiz, Rodolfo Campos Tenorio e Hirvin Gorospe Zetina	
HUERTOS ESCOLARES: SU CONTRIBUCIÓN POTENCIAL A LA NUTRICIÓN DE LA POBLACIÓN ESCOLAR	1466
María del Carmen Álvarez Ávila y María Herlinda López Armas	
PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES DE LA REGIÓN DE SOTAVENTO SOBRE LA FERTILIZACIÓN Y SU IMPACTO AL SUELO	1474
José Felipe Pacheco-Morales, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez y Doris G. Castillo-Rocha	
GENERACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE EXTENSIONISMO AGROPECUARIO PARA EL SUR DE VERACRUZ	1482
Nicasio Cuello Dorantes, Diego Armando Candelario Gutiérrez, Carlos Alberto Tinoco Alfaro y Marina Martínez Martínez	



	Pág.
EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS ABONO QUÍMICO Y ORGÁNICO EN LA PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>), EN EL MUNICIPIO DE ATZALAN ESTADO DE VERACRUZ	1492
Esteban Escamilla Prado, José Domingo Robledo Domínguez, Anastacio Nanco Ortiz, Jaime Negrín Ruiz y Fernando Arturo Gómez Díaz	
MARCO METODOLÓGICO CUALITATIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE APOYO AL CAMPO	1500
Mario Alejandro Hernández Chontal y Felipe Gallardo López	
CONCEPTUALIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR E IMPLEMENTACIÓN COMO POLÍTICA PÚBLICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA	1507
Ariadna Linares-Gabriel y Felipe Gallardo-López	
IMPULSO AL DESARROLLO ECONÓMICO DE LAS MUJERES INDÍGENAS CON VIVEROS DE TRASPATIO CON MORINGA	1515
Luis Alonso Díaz Prieto, Juan Carlos González Gallardo, Yazmín Elizabeth Piña Alfaro, Ángeles Herrera Arroyo y Mario Alejandro Hernández Chontal	
REVISIÓN Y ANÁLISIS PARA LA ESTRATIFICACIÓN DE PRODUCTORES DEL ESTADO DE VERACRUZ	1523
Carmen Aridai Hernández Estrada, Rogelio Miranda Marini, Ana Lid Del Angel Pérez, y Jeremías Nataren Velázquez	
DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÍNIMO DE INVENTARIO EN EL MERCADO DE AZÚCAR EN MÉXICO	1535
José A. García-Salazar y Luis A. Flores-Cruz	
ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD DEL PRECIO DEL AZÚCAR EN MÉXICO	1540
Ivonne N. Ramos-Sandoval, José A. García-Salazar y Mercedes Borja-Bravo	
TURISMO ALTERNATIVO EN LA REGIÓN DE LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ	1545
Andrea Ivonne Carrillo Vargas, Dora Angélica Ávalos de la Cruz, Carlos García y José Pedro Juárez Sánchez	
OPERACIÓN MUNICIPAL DE LA LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE: HUATUSCO Y FORTÍN, VERACRUZ	1553
Gabriela Zamora-Chacón, María del Carmen Álvarez Ávila y Felipe Gallardo López	
DESARROLLO DE PRODUCTOS NUTRICIOS ALTERNATIVOS A BASE DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i>), EN LA ETAPA ESCOLAR	1559
Guadalupe Betzabeth Aguirre López, Reyna Odilia Sanz Rodríguez, Lita Carlota Campos Reyes, Laura Villanueva Martínez y María del Carmen Álvarez Ávila	
PLANTAS MEDICINALES EN EL CONTEXTO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS	1568
Yolanda Trigueros-Vázquez y Octavio Ruiz Rosado	
IMPORTANCIA DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL	1575
Lita Carlota Campos Reyes, María del Carmen Álvarez Ávila y Oscar Velázquez Camilo	
AVICULTURA DE TRASPATIO EN OAXACA. ASPECTOS SOCIO-PRODUCTIVOS REGIONALES Y HÁBITOS DE CONSUMO DE HUEVO	1583
José Antonio Torres Rivera y Silvino Vásquez Maya	



TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

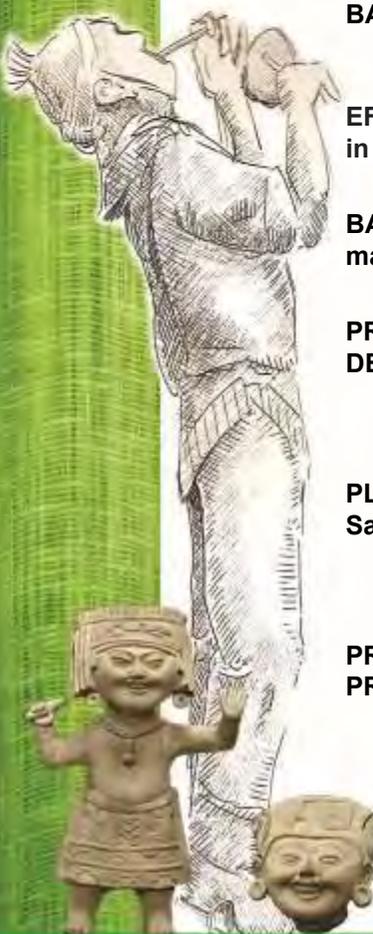
	Pág.
ANÁLISIS DEL INGRESO NETO DEL USO DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE PRODUCTORES QUE UTILIZAN TECNOLOGÍA DE INIFAP CON RESPECTO DE LOS PRODUCTORES QUE UTILIZARON TECNOLOGÍAS TESTIGO, EN EL ESTADO DE GUERRERO	1593
Eileen Salinas Cruz, J. A. Espinosa García, J. Rangel Quintos, A. Vélez Izquierdo y S. F. Góngora González	
EVALUACIÓN DEL USO DE TICC COMO VENTAJA EDUCATIVA	1603
María del Carmen de Jesús González Martínez, Guadalupe Santillán Ferreira, Oscar Luis Peña Valerio, Angélica del Carmen López Toto y Jaime Contreras Romero	
LA GAMIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA DE CAPACITACIÓN EN LA CALIDAD DEL SERVICIO	1610
Guadalupe Santillán Ferreira, María del Carmen de Jesús González Martínez, Oscar Luis Peña Valerio, Angélica del Carmen López Toto y Francisco Javier Reyes Santamand	
DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES DE INNOVACIONES ACUÍCOLAS A IMPLEMENTAR EN EL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA	1617
Juan Quintanar Olguin y Raúl Ríos Sánchez	
LA LECHERÍA FAMILIAR EN GUANAJUATO A TRAVÉS DE GRUPOS GANADEROS DE VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA (GGAVATT)	1622
América Alejandra Luna Estrada y Tomás Arturo González Orozco	
ANÁLISIS DEL USO DE LAS TIC'S EN LA GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO	1635
Citlali Tapia Hernández, Nancy Patlán Morales, Guadalupe Santillán Ferreira, María del Carmen de Jesús González Martínez y Francisco Javier Reyes Santamand	
AGROINVERSIÓN MUNICIPAL Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN MÓDULOS AGROCAFETALEROS PARA LOS PRODUCTORES DE CÓRDOBA, VERACRUZ	1643
Francisco Javier Ugalde Acosta, Jaime Tomás Ríos Bernal, Carmen Aridai Hernández Estrada, José Ramón Sales Bueno, Rosalío López Morgado, Maurilio Mendoza Mexicano, Olga Santiago Trinidad, Rafael Guajardo Panes, Diego Castillo Ortiz, Juan Valiente Rojas, Dayli Ovando Serra, Manuel González Pérez, Agustín Bolívar García, Gustavo Amieva Balmori y Simón Leyva Vela	
CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA, EN EL PERÍODO 2015-2016	1648
Juan Quintanar Olguin y Raúl Ríos Sánchez	
APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA OPEN-SOURCE PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN TURBIDEZ	1653
Carlos Miguel Valenzuela Castillo, Cinthya Alejandra Sosa Villalobos, María del Refugio Castañeda Chávez, Isabel Araceli Amaro Espejo y José Luis F. Palomeque Loyo	
TENDENCIAS PRODUCTIVAS Y ECONÓMICAS DE LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DEL RANCHO SANTA CRUZ QUE ADOPTA LA TECNOLOGÍA GENERADA EN EL MÓDULO DE LECHERÍA TROPICAL ESPECIALIZADA DEL INIFAP	1662
René Carlos Calderón Robles, Zabdi Uziel González López y Juvencio Lagunes Lagunes	
ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO EN VERACRUZ, MÉXICO	1672
Martha Eugenia Valdovinos Terán, José Antonio Espinosa García, Alejandra Vélez Izquierdo y Kate Dayanne Uribe Chagal	



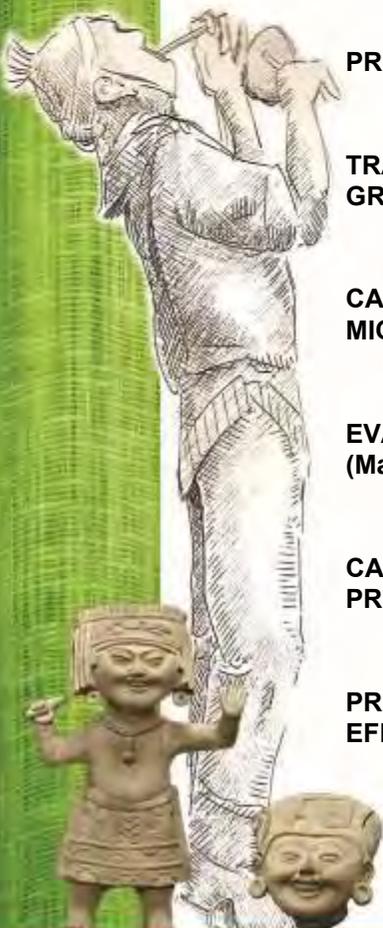
PROTOTIPO LOCALIZADOR DE BOVINOS “COWSAK”	Pág. 1677
Eleny Ramos López, Alan Rebolledo Orbe y Kevin Ríos Lagunes	
DEMANDAS DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA DE LOS EXTENSIONISTAS QUE ATIENDEN A APICULTORES EN MÉXICO	1682
José Antonio Espinosa García, Venancio Cuevas Reyes, Alejandra Vélez Izquierdo y Raymundo Vázquez Gómez	

BIOTECNOLOGÍA

SUSTANCIAS ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE UREDOSPORAS DE LA ROYA DEL CAFÉ (<i>Hemileia vastatrix</i>)	Pág. 1692
Gerardo Alvarado-Castillo, Vianey del Rocío Torres-Pelayo, Sandra Lizveth Enríquez-López, Gustavo C. Ortiz-Ceballos y Gabriela Sánchez-Viveros	
IDENTIFICACIÓN DEL SEXO EN PLÁNTULAS DE PAPAYA (<i>Carica papaya</i> L.) MEDIANTE MARCADORES MOLECULARES	1701
Marina Nieto-Soriano, Odón Castañeda-Castro, María Elena Galindo-Tovar, Luis Alberto Solano-Rodríguez y Otto Raúl Leyva Ovalle	
ESTUDIO COMPARATIVO DE MICROENSILADOS BIOLÓGICOS A PARTIR DE EXOSQUELETOS DE CAMARÓN (<i>Litopeneus vannamei</i>) Y CHAPULÍN (<i>Sphenarium purpurascens</i>) DE LA REGIÓN DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN	1708
Adolfo Amador Mendoza, Erasmo Herman y Lara, Sergio Huerta Ochoa y Laura Patricia Ramírez Coutiño	
ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PARA LA MICROPROPAGACIÓN DE BANANO (<i>Musa × paradisiaca</i> cv. enano gigante L.)	1718
Isabel Cruz-Villegas, Jericó Bello-Bello, Celia Castro-González, Ricardo Sánchez Páez y Juan Antonio Pérez-Sato	
EFFECTO DE NANOPARTICULAS DE PLATA DURANTE EL ESTABLECIMIENTO in vitro DE VAINILLA (<i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)	1724
Miriam Cristina Pastelín-Solano, Nina Bogdanchikova y Jericó Jabin Bello-Bello	
BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.)	1731
Ángel Mena García, Julián Delgadillo Martínez y Adriana Patricia Gamboa Mendoza	
PRODUCTOS ARTESANALES DE ZARZAMORA: FUENTE DE ANTIOXIDANTE DE LA COSECHA A TU MESA	1741
Álvaro Rafael Rodríguez Ruiz, María del Carmen Ramírez Benítez, Neil Abdiel Felipe Mendoza, Karla Daniela Hernández González y Vianey del Rocío Torres Pelayo	
PLANTAS AROMÁTICAS COMO ALTERNATIVAS MEDICINALES: EL CASO DE <i>Salvia urica</i> Epling	1749
Karla Daniela Hernández Gonzalez, Vianey del Rocío Torres Pelayo, Beatriz Palmeros Sánchez, María del Carmen Ramírez Benítez y Margarita Virginia Saavedra Vélez	
PRODUCCIÓN DE DOS ANTÍGENOS RECOMBINANTES DERIVADOS DE LA PROTEÍNA S DEL VIRUS DE DIARREA EPIDÉMICA PORCINA (VDEP)	1756
José Luis Cerriteño Sánchez, Leonel Sanabria Valle, Luis Gómez Núñez, Lilia Itzel Álvarez León, Rocío Lara Romero y José Francisco Rivera Benítez	



	Pág.
EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE SUBCULTIVOS DURANTE LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INMERSIÓN TEMPORAL	1765
Eduardo Martínez-Estrada, José Humberto Caamal-Velazquez, Josafhat Salinas Ruíz y Jericó Jabín Bello-Bello	
CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN MOLECULAR DEL GEN SPIKE DEL VIRUS DE LA DIARREA EPIDÉMICA PORCINA EN MÉXICO	1772
Rocío Lara-Romero, Luis Gómez-Núñez, José Luis Cerriteño-Sánchez, Susana Mendoza-Elvira, Humberto Ramírez-Mendoza y José Francisco Rivera-Benítez	
AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ASOCIADOS A PLANTAS DE MAÍZ CRIOLLO BLANCO	1782
Teresa Romero Cortes, Mariana D. Dorado Orea, Akemi E. Lazcano Sánchez, Víctor Hugo Pérez España, Mario A. Morales Ovando, Mario Ramírez-Lepe y Jaime Alioscha Cuervo-Parra	
NANOPARTÍCULAS DE PLATA COMO AGENTE FUNGICIDA SOBRE Sordaria tomento-alba EN LA MICROPROPAGACIÓN DE PLANTAS	1788
Sandra Luz Hernández-Valladolid, Jericó Jabín Bello-Bello, Alexey Petryakov y Nina Bogdanchikova	
REGENERACIÓN in vitro DE Anthurium andreaum Lind. EN INMERSIÓN TEMPORAL	1794
Eduardo Martínez-Estrada, Jericó Jabín Bello-Bello, Bartolo Islas Luna, Hilda Eulalia Lee Espinosa y Sandra Luz Hernández-Valladolid	
CONTENIDO DE AZÚCARES DE VARIETADES DE SORGO CULTIVADAS EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO	1799
Néstor Espinosa Paz, Noé Montes García, Rafael Ariza Flores, Ana Laura Ramírez Córdova y María Hernández Maldonado	
EFFECTIVIDAD DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PAPAYA (Carica papaya L.)	1804
Orlando Catalán Barrera, Ronald Ferrera Cerrato, Alejandro Alarcón, Santos Carballar Hernández y Jazmín Cortés Sarabia	
PROPAGACIÓN in vitro DE Mentha piperita L.	1812
Hilda María Coyohua Rosas, César Vences Contreras, María Elena Galindo Tovar, Joaquín Murguía González e Hilda Lee Espinosa	
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE TILAPIA Y PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS POR UNA MICROALGA AISLADA DE TIERRA BLANCA, VERACRUZ	1818
Ana Line Vázquez-Larios, Paula Natalia Robledo-Narváez, Luis Alfredo Ortega-Clemente y Elvira Ríos-Leal	
CAPACIDAD DE FICORREMIEDIACIÓN EN EFLUENTES DE TILAPIA CON UNA MICROALGA DULCEACÚCOLA AISLADA	1825
Zuridsadai López-Carrillo, Luis Alfredo Ortega-Clemente, Ana Line Vázquez-Larios y Paula Natalia Robledo-Narváez	
EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ZAPOTE (Mammea americana L.) POR LIXIVIACIÓN	1833
Sara Márquez Bueno*, Félix David Murillo Cuevas, Cristian Salazar de la Cruz y Dulce Natalí Morales Muñoz	
CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA MIEL DE ABEJA PRODUCIDA EN EL ESTADO DE VERACRUZ	1841
Elizabeta Hernández Domínguez, Alejandro G. Nila Méndez y Francisco Javier Gabino Román	
PROCESO DE FILTRACIÓN BIOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES ACUÍCOLAS	1847
Erika Natalie Cuéllar Lugo, Cinthya Alejandra Sosa Villalobos, Isabel Araceli Amaro Espejo y María del Refugio Castañeda Chávez	



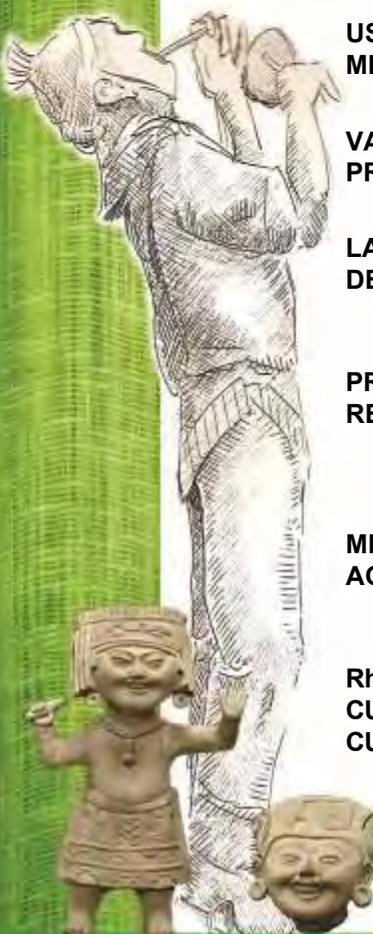
	Pág.
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE DE SEMILLAS DE Moringa oleifera Y SU POTENCIAL PARA PRODUCIR BIODIESEL	1856
Mauricio Reyes Díaz, Irving David Pérez Landa, Arturo Pérez Vázquez, Ofelia Andrea Valdés Rodríguez, Itzel Galaviz Villa y Fredy Morales Trejo	
CEPAS DE Pseudomonas, AISLADAS DE CULTIVOS CONTAMINADOS CON AGUAS RESIDUALES, PROMUEVEN EL CRECIMIENTO DE JITOMATE	1862
Rosalba Esquivel-Cote, Mario Alberto Hernández-Bautista, Guadalupe Tsuzuki-Reyes y Rosa María Ramírez-Gama	
EFFECTO DE RIZOBACTERIAS Y Trichoderma viride EN LA PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE CHILE SERRANO	1871
Deisy Yubeli Pineda Mendoza, Juan José Almaraz Suárez, Vivian F. Quiroz Sarmiento y Claudia de la Rosa Mera	
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BIOFORMULACIONES A BASE DE RIZOBACTERIAS NATIVAS DEL CULTIVO DE CHILE POBLANO	1878
Vivian Francisca Quiroz-Sarmiento, Juan José Almaraz-Suárez y Apolinar González-Mancilla	
EFFECTO DEL USO DE LECHE CON MASTITIS SUBCLÍNICA EN EL PROCESO DE QUESO FRESCO VERACRUZANO	1887
Cruz Palacios-Gerónimo, Yolanda Retama-Ortiz, Cid Ramón González-González y Freddy Santiago Cervantes	
ESTUDIO DE MATERIA ORGÁNICA EN COMPOSTAJE DE RESTOS VEGETALES Y LODOS DE DEPURADORA MEDIANTE FLUORIMETRÍA	1895
Sonia de J. Morales Colina y Alma X. Ibarra Gómez	
ESTRÉS OSMÓTICO in vitro DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR	1905
Reyna Rebeca Díaz Vásquez, Odón Castañeda Castro, Javier Emanuel Bulbarela Marini y Miriam Cristina Pastelín Solano	
PERCEPCIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN HUATUSCO Y DEL USO DE BIOTECNOLOGÍAS PARA SU ATENCIÓN	1913
Montserrat Vidal Álvarez y José Luis Marín Muñiz	
ANÁLISIS CUALITATIVO PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN Posidonia oceanica	1922
Alma X. Ibarra Gómez, Sonia de J. Morales Colina y Antonio Sánchez Sánchez	
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE Posidonia oceanica PARA SU USO COMO ABONO ORGÁNICO	1930
Alma X. Ibarra Gómez, Sonia de J. Morales Colina y Antonio Sánchez Sánchez	
EL POTENCIAL DE LAS RIZOBACTERIAS COMO AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA	1940
Mariela Benítez Noyola, Juan José Almaraz Suárez, Jorge Romero Rodríguez y Yohana Pérez Mendoza	
ESTANDARIZACIÓN DE PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE DNA DE POLEN EN MIEL Y DETECCIÓN MOLECULAR	1946
Sherell Zamora-Juárez y Joel Lara-Reyna	
EVALUACIÓN DE DOS RECUBRIMIENTOS DURANTE LA POSTCOSECHA DE LIMÓN PERSA (Citrus latifolia T.) EN DOS HUERTAS DEL ESTADO DE VERACRUZ	1954
Janette Álvarez Luján, Anabell Rodríguez Vázquez, Román Morales Pablo, Alfredo Nava Zamora, Francisco Hernández Lorenzo, Elier Ekberg Neri Torres y Javier De La Cruz Medina	



ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LIPOXIGENASA DURANTE LA MADURACIÓN Y SENESCENCIA DE FRUTOS DE CHAYOTE (<i>Sechium edule</i> Jacq. Sw. var. 'virens levis')	Pág. 1965
Oscar Andrés Del Ángel Coronel	
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SOLUCIONES HOMEOPÁTICAS PARA EL MANEJO DE LA ROYA ANARANJADA (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk. Y Br.) EN EL ÁREA CAFETALERA DEL CENTRO DE VERACRUZ	1978
Francisco Javier Toledo Martínez, Esteban Escamilla Prado, Cesáreo Rodríguez Hernández, Sabino Honorio Martínez y Felipe de Jesús Ruiz Espinoza	

AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO EN TRES MICROCUENCAS DEL CENTRO DE CHIAPAS	Pág. 1988
Bernardo Villar Sánchez y Jaime López Martínez	
CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE SIETE ECOTIPOS MEXICANOS DE <i>Clitoria ternatea</i> L.	1999
José Francisco Villanueva Ávalos, J. Vidal Rubio Ceja, Javier Francisco Enríquez Quiroz y José Antonio Palacios Fránquez	
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SIETE ECOTIPOS DE <i>Clitoria ternatea</i> L. EN MÉXICO	2006
José Francisco Villanueva Ávalos, J. Vidal Rubio Ceja, Javier Francisco Enríquez Quiroz y José Antonio Palacios Fránquez	
USO DEL SUELO Y EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA EL CAJETE, MISANTLA, VERACRUZ	2012
José Isidro Melchor Marroquín y Diana Rodríguez Quijano	
VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL GOLFO DE MÉXICO: IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DEL OSTIÓN	2022
Luisa Cano Rufino, Víctor Martín Zárate Noble y María de la Luz Juárez Villalobos	
LAS EPÍFITAS VASCULARES DE LA SIERRA DE MONTE DE ORO, MUNICIPIO DE ALTO LUCERO, VERACRUZ	2030
Carlos Rafael Arzaba Villalba, Miguel De Jesús Cházaro Basáñez, Anilú De Jesús Alarcón Lozano y Juan Antonio Francisco Gutiérrez	
PRODUCCIÓN Y NATURALEZA EN EL TRÁNSITO A LA SUSTENTABILIDAD: REGIÓN DE COYOPOLAN	2040
Ana Isabel Suárez Guerrero, Joaquín Jiménez Huerta, Salvador Guzmán Guzmán, Pascual Linares Márquez, Celia Cecilia Acosta Hernández, y Andrés Rivera Fernández	
METALES PESADOS EN CENIZAS EMITIDAS POR EL PROCESO AGROINDUSTRIAL DEL INGENIO LA GLORIA, VERACRUZ	2050
Guisel Aleyda Castro Gerardo, Cesáreo Landeros Sánchez, Juan Pablo Martínez Dávila, Gustavo López Romero, Eugenio Carrillo Ávila y Arturo García Saldaña	
Rhizoglomus intraradices Y <i>Bacillus subtilis</i> COMO BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO SEMIHIDROPÓNICO DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i>) BAJO CUBIERTA PLÁSTICA	2062
Genoveva Yarely González Morales, Beatriz Rosas Sánchez, Ramón Zulueta Rodríguez, Luis Guillermo Hernández Montiel y Liliana Lara Capistrán	



	Pág.
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO DE LA ZONA ARRECIFAL DE PLAYA CHACHALACAS	2075
Marina Magdalena Ruíz Ortega, Urania López Cerdán y Alfredo Rubio Galván	
ACTITUD DE PROPIETARIOS DE ANIMALES EN RIESGO POR DESASTRES NATURALES	2081
Bertha Clementina Hernández-Cruz, Lorena López-de Buen, Concepción Ahuja-Aguirre, Apolo Adolfo Carrasco-García, Roberto Castillo-Tlapa y María Luisa Robledo-Salinas	
CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SOCIOECONÓMICOS DEL EJIDO TLACUILOLTÉCATL CHICO, ZONGOLICA, VERACRUZ	2090
Sergio Francisco de la Luz Apale, Jordan Tzompaxtle Tzompaxtle y José Luis López Ayala	
EFFECTO DE QUITOSANO DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO TECOLUTLA	2100
Verónica López Hernández, Edwin Avelino García, Oscar Enrique Morales Moguel, Miguel Ángel Ruz Cruz y Leonardo de Jesús García Martínez	
ESQUEMA DE MUESTREO ESPACIAL PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN EL COMPLEJO LAGUNAR CHACAHUA-PALMARITO-PASTORÍA, OAXACA	2108
Rafael A. Guajardo Panes, Gabriel Díaz Padilla, Finlandia Barbosa Moreno, José Antonio Cueto Wong e Ignacio Sánchez Cohen	
EVALUACIÓN DE LOS SOLVENTES DE EXTRACCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL TALLO DEL BANANO (<i>Musa balbisiana</i>)	2118
Alejandro Alarcón Cerda, Luis Rigo Callejas Vázquez, Jesús Daniel Leovigildo Cruz, Martín Adrián Gálvez Vázquez, Jorge Antonio Gómez Garrido y Raúl Alejandro Limón Hernández	
CARACTERIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS MEDIANTE TRATAMIENTO ANAERÓBICO	2124
Esteban Joaquín Medina, Verónica Torres Valencia, Fabiola Corril Sánchez, Ramiro Escobar Hernández y Ramón González Márquez	
ANÁLISIS DE LA GESTIÓN Y NORMATIVIDAD PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA	2131
Hilda Saucedo Rivalcoba, Adela Morales Vásquez, Enrique Valle Méndez y Verónica Saucedo Rivalcoba	
COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE <i>Odocoileus virginianus veraecrucis</i> EN LA UMA EL POCHOTE, IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ	2141
Fabiola Reyes Rivera, Ricardo Serna-Lagunes, Norma Mora Collado, José Luis Servín-Torres, Guillermo Noe Goliat Nava y Juan Salazar-Ortiz	
TOXICIDAD DE NÍQUEL Y VANADIO EN <i>Clitoria ternatea</i> L., Y MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL	2147
Gretel A. Avilés Sayas, Alejandro Alarcón y Gabriela Sánchez Viveros	
SÍNTESIS DE PELÍCULAS POLIMÉRICAS REFORZADAS CON ÓXIDO DE GRAFENO	2157
Irma Yolanda Martínez Valenzuela, Gabriela Hernández Ramírez, Verónica Saucedo Rivalcoba y Karina Bustos Ramírez	
ESTADO AMBIENTAL Y HUMANO EN LAS COOPERATIVAS PESQUERAS DE SABANCUY, CAMPECHE	2162
Gabriela Ciriaco Campos, Gladys Santiago Antonio, Martín Andrés García Gómez, Guadalupe Nicté-Ha Wicab Cámara, Sandra Aguilar Olivera y Fernando Casanova Lugo	



	Pág.
CALIDAD DEL AGUA BASADA EN MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA MICROCUENCA DE XOTEAPAN, LOS TUXTLAS, VER. Francisco José Gómez Marín y Erasto del Ángel Pérez	2172
ESTUDIO POBLACIONAL DE <i>Cyathea divergens</i> var. <i>tuerckheimii</i> (Maxon) R.M. Tryon EN LA RESERVA DEL BICENTENARIO, ZONGOLICA, VERACRUZ María del Carmen Pérez Ríos, H. David Jimeno Sevilla y A. Carolina Elizondo Salas	2182
DIAGNÓSTICO DE PB, CD Y V EN PARTÍCULAS SUSPENDIDAS DE LA POSICIÓN NORTE DEL (PNSAV) Fabiola de María Beltrán García, Fabiola Lango Reynoso y María del Refugio Castañeda Chávez	2191
IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MUNICIPIOS CAFETALEROS DEL CENTRO DE VERACRUZ Juan Angel Tinoco Rueda e Iris Jetzabel Carrillo Negrete	2195
USO DE DIFERENTES SUSTRATOS COMO MATERIAL DE FILTRO DE HUMEDALES CONSTRUIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PRODUCCIÓN DE <i>Strelitzia reginae</i> José Luis Marín-Muñiz, Dámaris González Rivadeneyra y María Elizabeth Hernández Alarcón	2202
EDUCACIÓN AMBIENTAL INFANTIL: UNA DEMANDA EVIDENTE DE REFORZAR LA EDUCACIÓN FORMAL EN PRIMARIAS Irma Zitácuaro Contreras y José Luis Marín Muñiz	2212
EXPERIENCIAS EN EL MANEJO ECOLÓGICO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL UBICADO EN AGUAXINOLA MUNICIPIO ACULTZINGO, VERACRUZ Mauricio Rojas Ascensión y Roberto Ruiz Castro	2221
ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ARVENSES EN REGIONES CAFETALERAS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ Rosalío López Morgado y Luis Eduardo García Mayoral	2229
POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD EN EL CULTIVO DE CAFÉ EN MÉXICO Victoria Cessa Reyes	2240
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO DE CHILE MANZANO (<i>Capsicum pubescens</i> Ruiz & Pav.) EN MÉXICO Otto R. Leyva Ovalle, Pablo Andrés-Meza, David Del Valle-Hernández, Isaac Meneses-Márquez, Higinio López-Sánchez, José L. Del Rosario-Arellano, Ricardo Serna-Lagunes, Régulo C. Llarena Hernández, María Elena Galindo-Tovar, Mauro Sierra-Macías y Alejandro Espinosa-Calderón	2249
EVALUACIÓN DEL REACTIVO FENTON EN LIXIVIADOS DEL RELLENO CONTROLADO DEL PUERTO DE VERACRUZ Miguel Ángel López Ramírez, Olaya Pirene Castellanos Onorio y Fabiola Lango Reynoso	2255
EDUCACIÓN AMBIENTAL. LOS HUMEDALES Y SU IMPORTANCIA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA DE CASITAS, VERACRUZ Francisco X. Domínguez Callejas, José Luis Marín-Muñiz y María E. Hernández Alarcón	2265
METAZOARIOS PARÁSITOS EN TRES ESPECIES DE PECES DE LOS MERCADOS DE LA CIUDAD DE CHETUMAL, QUINTANA ROO Lesli Jovana García-Sánchez y David González-Solis	2275



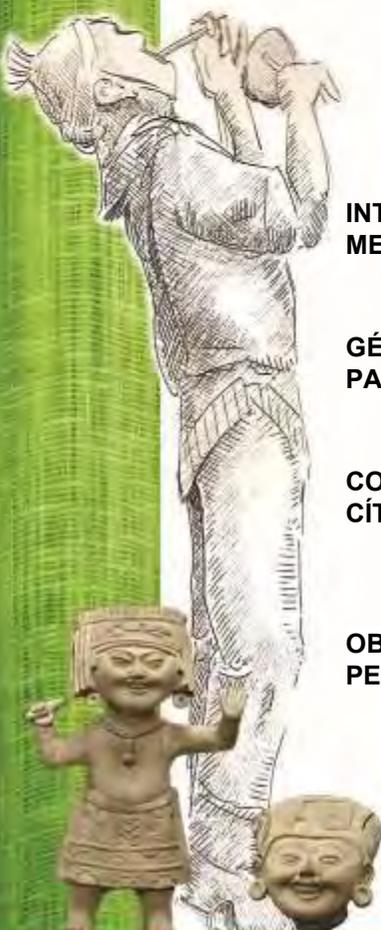
III CONGRESO MEXICANO DE INVESTIGACIÓN EN CÍTRICOS

BIOTECNOLOGÍA

- | | Pág. |
|---|------|
| PROPAGACIÓN in vitro DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus x latifolia</i>) CON SISTEMAS DE INMERSIÓN TEMPORAL | 2288 |
| Javier Emanuel Bulbarela Marini, Odón Castañeda Castro, Miriam Cristina Pastelín Solano, Ivonne Naomi Bravo Ruiz e Isidro Rafael Copto Reyes | |
| ESTABLECIMIENTO ASÉPTICO Y PROPAGACIÓN in vitro DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus x latifolia</i>) | 2293 |
| Ambar Grissel Gómez Díaz, Javier Emanuel Bulbarela Marini, Miriam Cristina Pastelín Solano y Odón Castañeda Castro | |
| EXPRESIÓN DE LA PROTEÍNA BY8743 <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> MEDIANTE ELECTROFORESIS EN GELES DE POLIACRILAMIDA (PAGE) Y DOT BLOT | 2302 |
| Santos Graciela Montemayor Beltrán, Genoveva Álvarez Ojeda, Ana Belén Hernández Hernández, Isidro Humberto Almeyda León, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Alberto Mendoza Herrera y Roberto Omar Castañeda Arriola | |
| MEJORAMIENTO GENÉTICO CONVENCIONAL DE LIMÓN MEXICANO ASISTIDO POR RESCATE Y GERMINACIÓN in vitro DE EMBRIONES INMADUROS | 2310 |
| Silvia Heréndira Carrillo Medrano, Marciano Manuel Robles González, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez y Víctor Manuel Medina Urrutia | |
| PREDICCIÓN DE EPÍTOPOS PRESENTES EN LA PROTEÍNA C6XFB8 LOCALIZADA EN LA MEMBRANA EXTERNA DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> | 2317 |
| Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, José Joaquín Velázquez Monreal y Alberto Mendoza Herrera | |

CULTIVARES Y PORTAINJERTOS

- | | Pág. |
|--|------|
| INTERINJERTOS TRIFOLIADOS PARA PLANTACIONES INTENSIVAS DE LIMÓN MEXICANO | 2327 |
| Víctor Manuel Medina-Urrutia, Marciano Manuel Robles-González, Miguel Ángel Manzanilla-Ramírez y Jaime Eduardo Reyes-Hernández | |
| GÉNERO <i>Swinglea glutinosa</i> (Blanco) Merr. UN PATRÓN CON PERSPECTIVA PARA LA CITRICULTURA EN CUBA | 2334 |
| Rafael S. Jiménez Villasuso, Fressy Pérez Campo, Martha Rosa Hernández Zaldivar, Josefa Bárbara Velázquez Palenzuela, José Clemente y Asael Calvo | |
| COMPORTAMIENTO DE FRUTOS ÁCIDOS SOBRE CUATRO PATRONES CÍTRICOS AL HLB EN CONDICIONES DE CAMPO EN CUBA | 2346 |
| Rafael Segundo Jiménez Villasuso, Fressy Pérez Campo, Martha Rosa Hernández Zaldivar ⁷ , Josefa Bárbara Velázquez Palenzuela ¹ , Willian Cabrera, Maritza Luís y Elvis Rodríguez Lemus | |
| OBSERVACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL LIMÓN PERSA EN TRES HUERTAS COMERCIALES DE VERACRUZ, MÉXICO | 2357 |
| Carlos Hernández-Guerra, Sergio Alberto Curti-Díaz, Cynthia G. Rodríguez-Quibrera y Rafael Alberto Guajardo-Panes | |



SELECCIONES DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) Y EL SÍNDROME DE MANCHADO SECTORIAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	Pág. 2366
Emiliano Loeza-Kuk, Juan Medina-Méndez y Claudia Tania Lomas-Barrié	
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO INICIAL DEL LIMÓN PERSA SOBRE DRAGÓN VOLADOR, EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN, EN EL TRÓPICO	2374
Sergio Alberto Curti Díaz y Carlos Hernández Guerra	
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE CINCO CLONES DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i>) INJERTADOS EN LIMÓN VOLKAMERIANA (<i>Citrus volkameriana</i>)	2383
Sergio Alberto Curti Díaz, Carlos Hernández Guerra, José Alfredo Sandoval Rincón y Reyna Xóchitl Loredo Salazar	

FISIOLOGÍA DE POSTCOSECHA

CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DEL BAGAZO DE LIMA PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka) EN FRESCO Y SECO	Pág. 2392
Salvador López Guzmán, Adriana Contreras Oliva, Marco Antonio González Hernández, Gregorio Zárate Castillo e Ismael Alatríste Perez	
ACONDICIONAMIENTO Y ENCERADO PARA DISMINUIR EL ESTRÉS POR FRÍO EN NARANJAS TARDÍAS	2398
Nallely Sarahi Velázquez Malacara	
TRATAMIENTOS PRE Y POSTCOSECHA PARA EXTENDER LA VIDA DE ANAQUEL DE FRUTOS DE LIMÓN MEXICANO	2406
Crescenciano Saucedo Veloz	

PRÁCTICAS CULTURALES

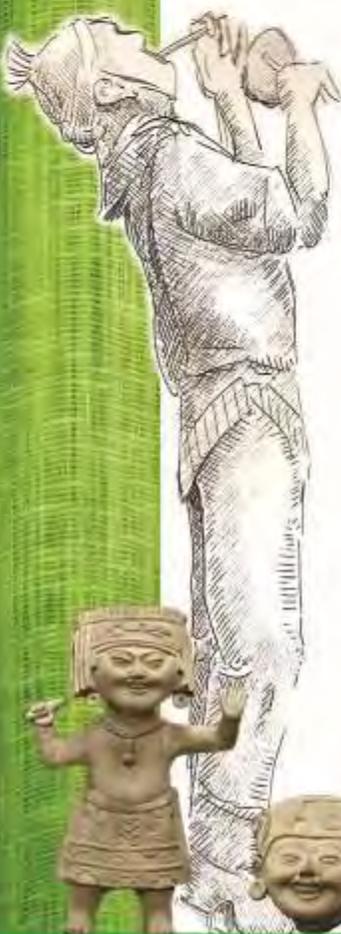
PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA: UNA OPCIÓN PARA LOS CITRICULTORES DEL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO	Pág. 2414
Manuel Ángel Gómez Cruz, Laura Gómez Tovar y Rita Schwentesius	
FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LIMA PERSA	2423
Raúl Berdeja Arbeu, Gumaro Martínez Patricio, Marcos Medel Simón, Ramiro Escobar Hernández, Armando Ibáñez Martínez, Delia Moreno Velázquez y Carmela Hernández Domínguez	
EFFECTO DE LAS APLICACIONES DE BIOFERTILIZANTES EN ÁRBOLES DE LIMA PERSA AFECTADOS CON HLB EN JALISCO	2430
Víctor Manuel Medina-Urrutia, Rubén Beas-López, Gil Virgen-Calleros y Marciano Manuel Robles-González	
VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MACRONUTRIMENTOS EN LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) EN VERACRUZ	2438
Adriana Mellado-Vázquez, Samuel Salazar-García, Carlos Hernández-Guerra y Sergio Alberto Curti-Díaz	



	Pág.
NUTRIMENTOS EXTRAÍDOS EN HUERTOS DE LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> Tan.) EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ	2447
Arantxa Sánchez-Rodríguez, Carlos Hernández-Guerra y Adriana Mellado-Vázquez	
USO DE COMPOSTA ENRIQUECIDA CON MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE <i>Citrus volkameriana</i> Pasq.	2454
Felipe Roberto Flores-de la Rosa, Jacel Adame García y Griselda Contreras Fuentes	

PLAGAS Y ENFERMEDADES

	Pág.
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) EN BUENAVISTA, MICHOACÁN	2461
Braulio Alberto Lemus Soriano, Saúl Pardo Melgarejo, Jorge Mario Naranjo Lázaro, Eulalio Venegas González y Kevin Javier Núñez Hernández	
EXTRACTOS ETANÓLICOS Y ACUOSOS PARA EL CONTROL DE NINFAS DE <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)	2468
Emigdio De La Cruz De La Cruz y María Del Rosario Del Ángel Cruz	
RESPUESTA NUMÉRICA DE <i>Ceraeochrysa valida</i> (Banks) SOBRE DIFERENTES DENSIDADES DE NINFAS DE <i>Diaphorina citri</i> (Kuwayama)	2475
Juan Antonio Villanueva Jiménez, Rosaura José Pablo, Mónica de la Cruz Vargas Mendoza y Arturo Huerta de la Peña	
DETECCIÓN DE ESPECIES HOSPEDANTES DE MOSCAS DE LA FRUTA MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE	2483
Jesús Soria Ruiz, Y.M. Fernández Ordoñez y Gabriel Díaz Padilla	
DETECCIÓN DE RESISTENCIA DE <i>Diaphorina citri</i> (HEMIPTERA: LIVIIDAE) A INSECTICIDAS EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL	2491
Víctor Hugo García Méndez, Laura Delia Ortega Arenas, Juan Antonio Villanueva Jiménez, Hussein Sánchez Arroyo, Ángel Lagunes Tejeda y Joel Lara Reyna	
COEXISTENCIA DEL <i>Citrus tristeza virus</i> (CTV) Y NARANJO AGRIO (<i>Citrus aurantium</i>) BAJO UN RÉGIMEN TÉRMICO RESTRICTIVO EN YUCATÁN, MÉXICO	2498
Patricia Rivas-Valencia, Emiliano Loeza-Kuk, Claudia Tania Lomas-Barrié, Sarah Alejandra Patiño-Arellano y Santiago Domínguez-Monge	
HONGOS ASOCIADOS CON LA MUERTE REGRESIVA DE LOS CÍTRICOS Y ANTAGONISMO CON MICROORGANISMOS NATIVOS	2511
Laura G. Polanco Florián, Omar G. Alvarado Gómez, Orquídea Pérez González, Jesús Martínez de la Cerda y Ramiro González Garza	
PROPUESTA DE MODELO SOBRE EL PROCESO DE FISURA DE TEJIDOS EN PLANTAS DE CÍTRICOS (<i>Citrus</i> sp.): UN PROBLEMA REAL	2522
Arturo Ponciano Cruz	
ANÁLISIS DE LAS APLICACIONES GENERALIZADAS DE INSECTICIDAS CONTRA <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA	2533
Juan José Pacheco Covarrubias, Edgar A. Cubedo Ruiz y J. Isabel López Arroyo	
EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN CON YARALIVA® Y YARAMILA® EN LIMÓN MEXICANO INFECTADO CON HUANGLONBING	2542
José Joaquín Velázquez Monreal, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez y Alejandro C. Huesca Santos	



	Pág.
DISTANCIAMIENTO, FORMA Y ORIENTACIÓN DE TRAMPAS PARA LA DETECCIÓN-MONITOREO DE <i>Diaphorina citri</i> EN PLANTACIONES DE CÍTRICOS EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO	2549
Rafael Alberto Guajardo Panes, Gabriel Díaz Padilla, José Isabel López Arroyo e Ignacio Sánchez Cohen	
COMPARACIÓN DE POBLACIONES DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN HUERTAS DE LIMÓN PERSA EN ARCOS Y HUERTAS TESTIGO	2556
Edgardo Cortez Mondaca, Jesús Pérez Márquez, Uri Pavel Sandoval Cota y José Isabel López Arroyo	
DIAGNÓSTICO DEL VIRUS DE LA TRISTEZA DE LOS CÍTRICOS EN LIMÓN PERSA MEDIANTE RT-PCR	2565
Gael Francisco García Merino, Odón Castañeda Castro, Miriam Cristina Pastelín Solano, Javier Emanuel Bulbarela Marini, Francisco Hernández Rosas y Luis Alberto Solano Rodríguez	
INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS EN HUERTAS COMERCIALES DEL ESTADO DE YUCATÁN	2571
Juan Jasso Argumedo, Wilson Avilés Baeza, Raúl Díaz Plaza	
CONTROL DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA	2579
Juan Jasso Argumedo, Wilson Avilés Baeza y Raúl Díaz Plaza	
EFFECTO DE LA ASPERSIÓN REGIONAL DE ACEITE PARAFÍNICO CONTRA EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS	2587
Ulises Díaz Zorrilla y José Isabel López Arroyo	
IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN POSCOSECHA EN NARANJA <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck var. VALENCIA	2596
Aurelio Santes González, Julio César González Cárdenas, Raúl Allende Molar, Pablo Elorza Martínez y Alfredo González Castro	
DIVERSIDAD VEGETAL PARA LA CONSERVACIÓN E INCREMENTACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE <i>Unaspis citri</i> EN VERACRUZ, MÉXICO	2604
Julio César González Cárdenas, Ignacio Esteban Castellanos Sturemark, Raúl Allende Molar, Carlos Rigoberto Vera Hernández, Roberto Alejandro Mateos Rocha y Pablo Elorza Martínez	
AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE ASPERSIONES REGIONALES DE INSECTICIDAS CONTRA <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA EN EL ARCO DE GENERAL TERÁN, NUEVO LEÓN, MÉXICO	2614
Santos Díaz Martínez, José Isabel López Arroyo, Edgardo Cortez Mondaca y Rosa M. De León	





EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN PROTOTIPO DE ARADO DE CINCELES PARA LABRANZA PRIMARIA VERTICAL

Sergio Miguel Jácome Maldonado^{1*}, Marco Antonio Reynolds Chávez¹ y Andrés Vásquez Hernández¹

Resumen

La superficie de siembra de productos básicos en México se ha visto mermada considerablemente debido a la baja rentabilidad y condiciones climáticas desfavorables, lo que ha ocasionado cuantiosas pérdidas y en consecuencia un déficit nacional. Aunado a lo anterior, la limitada aplicación de innovaciones y conocimiento en el manejo de prácticas agrícolas se traduce en elevados costos que encarecen y limitan la producción. Es importante señalar que el 74% de la producción agrícola nacional es cultivada en temporal lo que afecta directamente la productividad. La preparación de suelo es la práctica agrícola que representa los costos unitarios más altos en la producción de alimentos y la que consume mayor cantidad de energía (combustible fósil). En la actualidad debido al costo creciente de los combustibles, el estancamiento de precios de los productos agrícolas y la contaminación ambiental, ha sido necesaria la reducción progresiva del costo de producción y la búsqueda de soluciones tecnológicas. Debido a la utilización excesiva e inadecuada de los implementos de labranza, se ocasiona la degradación de los suelos y en consecuencia la caída de la productividad de los cultivos. Tradicionalmente la preparación de los suelos es realizada por un operador o tractorista, dicha actividad se realiza sin diagnóstico y sin algún soporte técnico. Esta ausencia tecnológica y de conocimiento hace aún más vulnerable la sustentabilidad y la sostenibilidad de la producción agropecuaria. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una tecnología económicamente factible de labranza vertical para la aplicación de labranza primaria sin inversión del suelo, para esto, se desarrolló un prototipo de arado de cinceles basado en el parámetro de labranza vertical y en la teoría de la profundidad crítica. Este sistema de labranza permitió reducir el consumo de combustible y el mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo, y por consecuencia mejoro la productividad y rentabilidad del cultivo.

Palabras clave: costos, consumo, combustibles, cambio climático

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. * jacome.sergio@inifap.gob.mx

Introducción

Durante los últimos años en nuestro país, la superficie de siembra ha disminuido considerablemente debido a factores tales como: baja rentabilidad y condiciones climáticas desfavorables que se acentúan más con el cambio climático, esto ha ocasionado cuantiosas pérdidas y déficit nacional en la producción específicamente en granos básicos y ha agravado la situación de los productores agropecuarios. Aunado a lo anterior, la limitada aplicación de innovaciones y conocimiento en el manejo de las prácticas agrícolas se traduce en elevados costos que encarecen y limitan la producción. Es importante señalar que el 74% de la producción agrícola nacional es cultivada en temporal, expuesta al cambio climático y factores que atentan contra la producción. (información publicada en el PND 2013-2018).

En la producción extensiva de granos básicos, la preparación del suelo es la práctica agrícola que representa los costos unitarios más altos en la producción de alimentos y la que consume la mayor cantidad de energía (combustible fósil). En la actualidad debido al costo creciente de los combustibles, la reducción de los precios de los productos agrícolas y la contaminación ambiental, ha sido necesaria una reducción progresiva del costo de producción y la búsqueda de soluciones tecnológicas que sustituyan el manejo tradicional de los sistemas agrícolas de producción.

En nuestros días, debido a la utilización excesiva e inadecuada de los implementos de labranza, se ocasiona la degradación de los suelos y en consecuencia la caída de la productividad de los cultivos. De manera cultural la preparación de los suelos es realizada por un operador o tractorista, dicha actividad se realiza sin diagnóstico y sin algún soporte técnico. Esta ausencia tecnológica y de conocimiento hace aún más vulnerable la sustentabilidad y sostenibilidad de las producciones agropecuarias.

En la búsqueda de soluciones a este problema se ha llevado al estudio y la adopción de prácticas de labranza de conservación, incluyendo la labranza vertical de suelo (LV), con el fin de disminuir el impacto en el medio ambiente y especialmente en el suelo. Por lo antes mencionado es importante conocer diferentes parámetros operativos de implementos de labranza y su efecto en el suelo (Camacho y Rodríguez, 2007).

En los actuales sistemas conservacionistas, la LV se refiere a un sistema donde la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y reducen la compactación (FAO, 2003). La eficacia de este sistema es que utiliza brazos o flejes con puntas en lugar de discos. Estos implementos de puntas estrechas demandan una menor cantidad de energía (combustible fósil) que los convencionales (Hoogmoed, 1999; Camacho-Tamayo y Rodríguez, 2007), estos principios aplicados en la profundidad crítica se utilizan para determinar la profundidad adecuada de roturación en base al ancho, espaciado de la

punta y ángulo de ataque del implemento. Por otra parte, debido a que la LV no invierte el suelo, existe menos pérdida de humedad y materia orgánica, lo que es de suma importancia para la siembra de los cultivos (Barber et al., 1997).

El empleo adecuado de maquinaria agrícola puede reducir costos de labranza mejorando la rentabilidad para el agricultor (Gittinger, 1983).

Cuando se hace la selección de un proyecto por tasa de rendimiento todo incremento al capital debe basarse en sólidas razones o sea en una tasa suficiente de rendimiento de ese incremento (Canada, 1979).

También la Matriz de Análisis de Política mide el grado en el cual un sistema agrícola exhibe ventajas comparativas y los beneficios y costos económicos en la selección de políticas alternativas en términos de uso eficiente de los recursos (Puente, 1994).

La demanda de alimentos, el uso de los recursos energéticos y combustibles continúan aumentando en todo el mundo. En relación a la producción de alimentos, el incremento en la densidad de la población implica un aumento en el uso de energía de combustibles fósiles y un mayor impacto ambiental (Conforti y Giampietro, 1997).

En el establecimiento de los cultivos, las labores de preparación del suelo actualmente requieren un gran consumo de energía en forma de combustible (Reynolds, 2014). Es importante señalar, que los recientes logros alcanzados en el rendimiento de los cultivos no son suficientes en comparación con el alto costo de energía consumida; por lo tanto, es necesario optimizar el uso de los recursos empleados en actividades que requieren los mayores costos en la producción agrícola, tales como la labranza del suelo, considerada como la actividad agrícola que requiere la mayor cantidad de energía en la producción de alimentos en el mundo (IDAE, 2006; Adeyowin y Ajav, 2013).

Por otra parte, se ha incrementado el interés por el uso eficiente de la energía, la conservación de los recursos del agua y suelo, principalmente donde es escasa, lo que ha traído un cambio de actitudes con respecto a las prácticas de manejo de suelo y de residuos. En consecuencia, se ha generado una progresiva reducción de las labores y una constante búsqueda de alternativas tecnológicas que sustituyan el manejo tradicional de la producción. Sin embargo, se debe tener cuidado en la reducción de la intensidad de labranza, ya que, en algunos cultivos, esto puede resultar en la reducción del rendimiento (Agbede, 2006).

Cada año se da más énfasis al uso de las labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de temporal (FAO, 2003). Es conveniente señalar, que la labranza vertical (LV) es una alternativa de labranza de conservación que promueve el ahorro en la demanda de energía y mejora las propiedades físicas del suelo en comparación con la labranza tradicional. La LV, es un sistema con aplicación en un amplio rango de tipos de suelo, inclusive en los que tienen problemas de drenaje y que son susceptibles a la compactación (Agamennoni, 1996; Velázquez, 2011). La LV se realiza con cinceles y

corresponden a la operación de estallamiento o rotura de suelo y fragmentación hasta 0.40 m, sin invertir los horizontes, debido a esto, hay menos descomposición de la materia orgánica y mayor conservación de la humedad del suelo. De acuerdo con Raper y Berthold (2007), se puede hacer mucho para disminuir el costo económico y ambiental con labranza vertical, vía reducción del uso de la energía, seleccionando la adecuada geometría de los implementos, la adecuada profundidad de trabajo y humedad en el perfil del suelo. Diferentes estudios realizados muestran que el manejo apropiado de una labor agrícola, puede conseguir una disminución de combustible de hasta un 30% (IDAE, 2006).

Materiales y métodos

Prototipo de cinceles a evaluar, arados de discos, rastras de discos, sembradoras de siembra directa, insumos agrícolas

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al INIFAP, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo; Veracruz. en la zona centro del estado de Veracruz, localizado geográficamente a los 18° 56' Latitud Norte y 96° 11' Longitud Oeste.

Metodología

Se evaluaron económicamente los siguientes tratamientos en la producción de maíz para grano:

Testigo: cinco cinceles sin alas a 30 cm. de profundidad.

Tratamiento 1: tres cinceles frontales sin alas a 30 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad.

Tratamiento 2: tres cinceles frontales sin alas a 20 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad.

Tratamiento 3: arado de tres discos.

Se sembraron parcelas de 2875 metros cuadrados por tratamiento.

La metodología utilizada para el análisis económico del ciclo O-I 2015/2016 fue la sugerida por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988).

Para la siembra de maíz en el ciclo O-I 2015/2016 se utilizó semilla del híbrido H-520 con el paquete tecnológico del cultivo sugerido por el programa de maíz del Campo Experimental Cotaxtla, aplicando el mismo paquete para cada tratamiento y variando solo el costo de la preparación de suelo de acuerdo al consumo de combustible de cada tratamiento.

La matriz de análisis económico contiene la siguiente información:

Presupuesto Parcial: sirvió para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de cada experimento. En este apartado se calcularon los rendimientos del cultivo, precio de venta; para conocer los beneficios brutos. Se identificaron los costos que varían entre tratamientos (costos que difieren entre tratamientos por la utilización de la tecnología versus el testigo). Mediante estos cálculos se conocieron los beneficios netos de cada uno de los tratamientos. Análisis Marginal: esta parte del análisis sirvió para conocer los costos adicionales o marginales comparado con los beneficios marginales para tomar una decisión de cambio o no a una nueva tecnología. Los resultados en este apartado se expresaron en porcentajes y a este resultado también le llamaremos Tasa de Retorno Marginal (TRM).

La Tasa de Retorno Marginal sirvió para calcular las tasas de retorno de cada tratamiento alternativo empezando con el tratamiento de menor costo avanzando hasta el de mayor costo. Esta tasa fue representada en porcentaje. El mejor tratamiento fue el que obtuvo la mayor Tasa de Retorno Marginal.

Para la siembra de PV 2016 se sembró la semilla de maíz DKALB 357 con el paquete tecnológico del cultivo sugerido por el programa de maíz del Campo Experimental Cotaxtla.

La metodología utilizada para el análisis económico de este ciclo agrícola fue la comparación de la relación Beneficio Costo entre los tratamientos.

El cambio de metodología de análisis económico para este segundo ciclo obedeció a que este es un trabajo de continuidad donde se están monitoreando las necesidades de remoción del suelo y como no fue necesario técnicamente volver a remover el suelo como se hizo en un inicio en cada tratamiento, ahora solo se realizó un paso cruzado de rastra de tiro en cada uno de los tres tratamientos incluyendo al testigo. Por lo anterior no se pudo aplicar la metodología sugerida por el (CIMMYT, 1988) puesto que no hubo cambio en los costos de combustible que fueron los costos que varían.

Resultados y discusión

Para el ciclo O-I 2015/16 se realizó una evaluación económica de todos los tratamientos descritos anteriormente, considerando los insumos empleados para producir maíz para grano, con precios actuales al año 2016. Se determinaron los costos que varían y se calcularon los beneficios netos y la tasa de retorno marginal.

En el Cuadro 1 observamos los costos y beneficios de cada tratamiento, datos que sirven para realizar el análisis de dominancia y calcular la tasa interna de retorno marginal.

El Cuadro 2 muestra el análisis de dominancia de los tratamientos, donde se observa que el tratamiento dominado es el tratamiento 3 (arado de tres discos) el cual saldrá del análisis de tasa de retorno marginal.

Cuadro 1. Análisis de presupuesto parcial de niveles de labranza en siembra de maíz Ciclo O-I 2015/2016.

Concepto	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Csto de producción \$ ha ⁻¹	14238	14287	14263	14704
Rendimiento Kg ha ⁻¹	4401	5146	4815	5098
Precio de venta \$ Kg ⁻¹	4.0	4.0	4.0	4.0
Beneficio bruto \$ ha ⁻¹	17604	20584	19260	20392
Total de costos que varían \$ ha ⁻¹ (combustible)	1843	1892	1868	2309
Beneficio neto \$ ha ⁻¹	15761	18692	17392	18083

Notas: Testigo: cinco cinceles sin alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 1: tres cinceles frontales sin alas a 30 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 2: tres cinceles frontales sin alas a 20 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 3: arado de tres discos.

Cuadro 2. Análisis de dominancia de tratamientos.

Tratamientos	Total de costos que varían \$	Beneficios netos \$
Testigo	1843	15761
Tratamiento 2	1868	17392
Tratamiento 1	1892	18692
Tratamiento 3	2309	18083

El Cuadro 3 muestra el análisis de la tasa de retorno marginal de los tratamientos dominantes expresada en porcentaje donde podemos observar que el tratamiento de labranza sobresaliente económicamente es el Tratamiento 2 con el arreglo de tres cinceles frontales sin alas una profundidad de 20 cm, dos cinceles traseros con alas a una profundidad de 30 cm.

Para el ciclo PV-2016 se realizó la evaluación económica de todos los tratamientos descritos anteriormente, considerando los insumos empleados para producir maíz para grano, con precios actuales al año 2016. Se determinaron los costos totales del cultivo, considerando el precio de venta y el rendimiento de cada tratamiento se calculó el beneficio bruto y beneficio neto, con estos datos se procedió a hacer un análisis de la relación de beneficio Costo (B/C).

En el Cuadro 4 podemos observar el resumen de costos y beneficios de cada tratamiento, así como su relación Beneficio Costo, en donde podemos ver que el mejor tratamiento de labranza sobresaliente económicamente es el tratamiento 2 con el arreglo de tres cinceles frontales sin alas a una profundidad de 20 cm, dos cinceles traseros con alas a una profundidad de 30 cm.

Cuadro 3. Análisis marginal de niveles de labranza en siembra de maíz Ciclo O-I 2015/2016.

Tratamientos	CV (\$/ha)	CM (\$/ha)	BN (\$/ha)	BNM (\$/ha)	TRM (%)
Testigo	1843	25	15761	1631	
Tratamiento 1	1892		18692		54.16
Tratamiento 2	1868	24	17392	1300	65.24

CV= Costos que varían. CM= Costos marginales. BN= Beneficios netos. BNM= Beneficios netos marginales. TRM= Tasa de retorno marginal. Notas: Testigo: cinco cinceles sin alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 1: tres cinceles frontales sin alas a 30 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 2: tres cinceles frontales sin alas a 20 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad.

Cuadro 4. Análisis de costos y beneficios de niveles de labranza en siembra de maíz ciclo PV-2016.

Concepto	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Costo de producción \$ ha ⁻¹	14445	14445	14445	14445
Rendimiento Kg ha ⁻¹	4500	6107	6587	6455
Precio de venta \$ Kg ⁻¹	4.0	4.0	4.0	4.0
Beneficio bruto \$ ha ⁻¹	18000	24428	26380	25820
Beneficio neto \$ ha ⁻¹	3555	9983	11935	11375
Relación B/C	1:1.25	1:1.69	1:1.83	1:1.79

Notas: Testigo: cinco cinceles sin alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 1: tres cinceles frontales sin alas a 30 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 2: tres cinceles frontales sin alas a 20 cm. de profundidad y dos cinceles traseros con alas a 30 cm. de profundidad. Tratamiento 3: arado de tres discos.

Este resultado coincide con el del ciclo O-I 2015/16 lo cual quiere decir que existe consistencia en los datos de los dos ciclos.

Conclusiones

En el ciclo O-I 2015/16, el tratamiento económicamente factible de labranza primaria para el cultivo de maíz grano fue el del prototipo de tres cinceles fijos al frente sin alas a una profundidad de 20 cm, dos cinceles traseros con alas a una profundidad de 30 cm, ya que su tasa de retorno marginal fue de 65.24% mayor que los otros tratamientos.

Lo anterior quiere decir que por cada cien pesos invertidos en la tecnología propuesta el agricultor puede obtener una ganancia de \$65.24

Para el ciclo P-V 2016, el tratamiento económicamente factible de labranza primaria para el cultivo de maíz grano fue el del prototipo de tres cinceles fijos al frente sin las a una profundidad de 20 cm, dos cinceles traseros con alas a una profundidad de 30 cm, ya que su relación B/C es de 1:1.83 lo cual quiere decir que por cada cien pesos invertidos en la tecnología propuesta el agricultor puede obtener una ganancia (utilidad neta) de \$83.00

Lo anterior demuestra que en ambos ciclos la mejor forma de realizar la labranza primaria para producir maíz para grano es utilizar el arreglo de cinceles mencionado. Por lo tanto, se concluye utilizar el sistema de labranza vertical con el arreglo de cinceles antes mencionado.

Literatura citada

Adewoyin, A. O. and E. A. Ajav. 2013. Fuel consumption of some tractor models for ploughing operations in the sandy-loam soil of Nigeria at various speeds and ploughing depth. *Agric. Eng. Int. CIGR J.* 15(3):67-74.

Agamennoni, R. 1996. Rotaciones y labranzas en la región semiárida bonaerense sur. In: Buschiazzo, D., J. Panigatti y F. Babinec (ed.). *Labranzas en la Región Semiárida Argentina*. INTA. CERLAP-San Luis.

Agbede, T. M. 2006. Effect of tillage on soil properties and yam yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research* 86:1-8.

Barber, R. G., Navarro, F. y Orellana, M. 1993. *Labranza Vertical*. Centro de Investigación Agrícola Tropical, Misión Británica en Agricultura Tropical y Proyecto de Desarrollo Tierras Bajas del Este del Banco Mundial. Santa Cruz, Bolivia.

Camacho-Tamayo, J. H. y G. A. Rodríguez. 2007. Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. *Agricultura Técnica* 67(1):60-67.

Canada, J. R. 1979. *Técnicas de análisis económico para administradores e ingenieros*. Editorial Diana, Mexico. 475 p.

CIMMYT. 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. CIMMYT. México, D. F.

Comforti, P. and M. Giampietro. 1997. Fossil energy use in agricultural: an international comparison. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65(3):231-234.

FAO. 2003. Manual de prácticas integradas de manejo de conservación de suelos. http://www.fao.org/ag/ags/agse/agse_s/7mo/iita/iita.htm

Gittinger, J. P. 1983. Análisis económico de proyectos agrícolas. Instituto de Desarrollo Económico. Banco Mundial. Editorial Tecnos. Madrid, España. 531 p.

Hoogmoed, W. B. 1999. Tillage for soil and water conservation in the semiarid tropic. Wageningen Agricultural University. The Netherlands Official Publications.

IDAE, 2006. Ahorro, eficiencia energética y sistemas de laboreo agrícola. 2ª ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, España.

PND (Plan Nacional de Desarrollo). 2013. Sistema Nacional de Planeación Democrática Diario Oficial de la Federación. Cuarta sección 2013-2018.

Puente G. A. 1994. Metodologías para la evaluación financiera y económica de las tecnologías agropecuarias y forestales. Memoria del curso básico. INIFAP. México, D. F.

Raper, R. L. and J. S. Bergtold. 2007. In row subsoiling: A review and suggestions for reducing cost of this conservation tillage operation. Appl. Eng. Agric. 23:463-471.

Reynolds, C. M. A. 2014. Uso de labranza vertical y agricultura de precisión para la optimización de energía en labranza primaria del suelo. Tesis de Doctorado. Postgrado en Ingeniería de Sistemas de Producción. Departamento de Maquinaria Agrícola. UAAAN Buena Vista, Saltillo, Coah., México.

Velázquez, J. U. 2011. Rediseño de un prototipo para labranza de precisión. Tesis de Licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. UAAAN Buena Vista, Saltillo, Coah., México.

CONTROL QUÍMICO DE CLOROSIS FÉRRICA EN SOYA Y OKRA EN SUELO ALCALINO Y CALCÁREO

Arturo Díaz Franco^{2*}, Martin Espinosa Ramírez² y Flor Elena Ortiz Cháirez²

Resumen

La deficiencia de hierro en los cultivos se manifiesta principalmente en regiones con suelos alcalinos y/o calcáreos. En el presente estudio se evaluó la efectividad del Fe³⁺ quelatado, EDDHA [ac. etilendiamino di-(o-hidroxifenilacetato)], la aspersion foliar de sulfato ferroso (FeSO₄) y la combinación de ambos, en ensayos independientes con los cultivos de soya *Glycine max* var. 'Vernal' y okra *Abelmoschus esculentus* var. 'Clemson Spineless 80'. El EDDHA-Fe (Ultraferro[®]) se aplicó a dosis de 1% en la siembra sobre la semilla y para el FeSO₄ se hicieron dos aplicaciones foliares al 1.5%. En los dos experimentos se determinó el índice de clorofila (SPAD) en tres lecturas, y a los 47-50 días después de la siembra, la biomasa foliar y radical. Las parcelas testigo de ambos cultivos manifestaron la mayor intensidad de clorosis férrica hasta alcanzar necrosis foliar. El FeSO₄ incrementó gradualmente el índice SPAD en ambos cultivos. También en los dos cultivos, los mayores valores SPAD y de biomasa foliar y radical se obtuvieron con la aplicación de EDDHA-Fe solo o combinado con FeSO₄. En general, los resultados indican que la aplicación de EDDHA-Fe solo o combinado con FeSO₄ foliar en soya y okra, mostraron corrección de clorosis férrica efectiva desde las primeras hojas. Se demostró la efectividad del quelato EDDHA-Fe para la corrección de deficiencia de hierro en suelo alcalino y calcáreo.

Palabras clave: EDDHA-Fe, FeSO₄, deficiencia de hierro.

Introducción

La clorosis férrica o amarillamiento de las plantas es originado por deficiencia de hierro (Fe) que afecta el desarrollo de los cultivos en suelos de elevada alcalinidad y/o calcáreos, pues existe un antagonismo entre los carbonatos y el Fe en los suelos. Además, los bajos niveles de materia orgánica también incrementan tal insuficiencia. La presencia y severidad de los

²Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, carr. Matamoros-Reynosa km 61, Río Bravo, Tamaulipas, C.P. 88900. México. *diaz.arturo@inifap.gob.mx.

síntomas en los cultivos es variable entre años o ciclos de siembra y, además, depende de otros factores del suelo y condiciones agroclimáticas (Menguel et al., 2001; Ozores-Hampton, 2013). Dado que las plantas cloróticas muestran una alta concentración de Fe en sus raíces, la clorosis podría estar relacionada a un problema de movilización y translocación del Fe a la parte superior de la planta. Sin embargo, aún el problema de la clorosis férrica no está todavía completamente entendido (Álvarez et al., 2005; Menguel, 1995). La deficiencia de Fe en las plantas se manifiesta también en diferentes regiones áridas y semiáridas de México. En particular, en el noreste de México, son comunes los suelos de origen calcáreo, alcalinos y con bajos niveles de materia orgánica, por lo que la deficiencia de Fe en los cultivos es común (Arizmendi et al., 2011; Salinas et al., 2006). Los síntomas son más evidentes y críticos en estado de plántula (Lucena, 2009), de aquí la importancia de corregir la deficiencia en ese estado. Díaz et al. (1995) señalaron que cuando la clorosis férrica no se corrige en el estado de plántula, las pérdidas en el rendimiento serán proporcionales a la severidad observada.

Se han hecho recomendaciones de diversos productos para la corrección de la clorosis, aunque no son siempre exitosas. Por ejemplo, el tratamiento de la semilla con Fe^{3+} , con quelatos de fierro, o las aplicaciones al suelo de los quelatos EDTA (ac. etilendiaminotetracético) o DTPA (ac. dietilentriaminopentaacético) han tenido resultados erráticos (Cantera et al., 2002). Por el contrario, el quelato de fierro EDDHA [ac. etilendiamino-di-(o-hidroxifenilacetato)] ha tenido efectividad en suelos alcalinos con $\text{pH} > 10$ (Lucena, 2009; Whiting et al., 2015), aunque son pocos los antecedentes en cultivos extensivos. Tradicionalmente se ha sugerido como práctica de control eficiente de la clorosis las aspersiones foliares de sulfato ferroso (FeSO_4) (TAES, 1982; Adame y Silva, 1994; Pérez et al., 1992; Magallanes et al., 2014). Las aspersiones de FeSO_4 deben iniciarse al presentarse los primeros síntomas en estado de plántula, en plantas adultas pueden resultar ineficientes (Magallanes et al., 2014). Por lo anterior, se realizó un estudio sobre la efectividad de alternativas de control químico de la clorosis férrica, durante el periodo vegetativo de soya (*Glycine max*) y okra (*Abelmoschus esculentus*), desarrollados en suelo alcalino y calcáreo.

Materiales y métodos

Los experimentos se establecieron en los terrenos del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP, Río Bravo, Tam., ubicado a 25° 57' LN, 98° 01' LO, 25 msnm y con clima semicálido. Se tomaron muestras de suelo de origen calcáreo en presiembra de los primeros 30 cm de profundidad para analizar sus propiedades físicas y químicas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo previas a la siembra en el sitio experimental.

pH	C.E. (dS m ⁻¹)	M.O. (%)	mg kg ⁻¹							
			N-NO ₃	P	K	Fe	Cu	Zn	Mg	Textura
8.0	1.14	1.7	20.6	27.1	1864	0.622	0.691	0.853	0.599	Arcillosa

En el estudio se utilizaron dos cultivos, la soya (var. 'Vernal') y okra (var. 'Clemson Spineless 80') sembrada el 15 y 17 de febrero 2016 respectivamente. Para el control químico de la clorosis férrica se manejaron los siguientes tratamientos: 1) quelato de Fe³⁺ (6%), EDDHA [ac. etilendiamino-di-(o-hidroxifenilacetato)] (Ultraferro®), aplicado al 1% sobre la semilla al momento de la siembra; 2) el quelato de Fe³⁺ más aplicación foliar de sulfato ferroso (FeSO₄) (20%) al 1.5%; 3) el FeSO₄ al 1.5% foliar; y 4) testigo absoluto. El quelato se aplicó según las indicaciones del fabricante. La siembra se hizo manual y las aplicaciones de los tratamientos fueron con aspersora de mochila. En los tratamientos que llevaron FeSO₄ foliar, se hicieron dos aplicaciones el 16 y 22 de marzo, etapa V1 en soya y 3 hojas en okra. Las parcelas en ambos cultivos consistieron de tres surcos de 5 m de longitud y los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El manejo de los cultivos se hizo conforme al paquete tecnológico de la región (CERIB, 2012).

Para conocer el efecto de los tratamientos, los ensayos se condujeron durante el estado vegetativo hasta los 47-50 días después de la siembra. En el desarrollo de los cultivos se hicieron tres lecturas de clorofila (n=30) con el medidor digital Minolta SPAP 502®, el primero el 15 de marzo, antes de la primera aplicación foliar de FeSO₄, los restantes fueron el 28 de marzo y 11 de abril. Con los datos de las unidades SPAD se realizó un análisis factorial, tratamiento x fecha de lectura. A los 47-50 días, en prefloración, se sacaron al azar ocho plantas por parcela, de las cuales se determinó la biomasa seca aérea o foliar y la radical. La biomasa seca se obtuvo después del secado en estufa a 60°C durante tres días. Los datos se sometieron a análisis de varianza y la separación de las medias de los tratamientos fue a través de la prueba DMS (P ≤ 0.05).

Resultados y discusión

Las parcelas testigo de los cultivos de soya y okra, mostraron en forma visible la mayor susceptibilidad o intensidad de clorosis, hasta alcanzar necrosis en el follaje. Las dos aplicaciones foliares de FeSO₄ fueron suficientes para corregir la clorosis y alcanzar los niveles más altos de SPAD en ambos cultivos. Según Whiting et al. (2015), el número entre las aplicaciones deben ajustarse a las necesidades de cada cultivo y de acuerdo a las condiciones particulares de los suelos. Por lo que con un manejo óptimo de esta práctica se

esperaría una corrección más eficiente de la clorosis. Díaz et al. (1995) indicaron que para corregir la clorosis férrica de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y chícharo de vaca (*Vigna unguiculata*) hasta los 50 días después de la siembra, requirieron de cinco aspersiones foliares de FeSO_4 debido a la severidad de la deficiencia, las plantas testigo de las dos leguminosas mostraron necrosis foliar y no se obtuvo rendimiento de grano.

En soya se obtuvo una interacción significativa ($P=0.001$) entre tratamiento y fecha de lectura para el índice de clorofila SPAD. En general, la mejor corrección de la clorosis en el cultivo se observó en las parcelas que llevaron el quelato EDDHA-Fe, los cuales registraron los mayores niveles de clorofila y fueron estadísticamente semejantes a la aplicación de EDDHA-Fe+ FeSO_4 . En segundo término, el FeSO_4 foliar superó al testigo en las dos últimas lecturas (Figura 1).

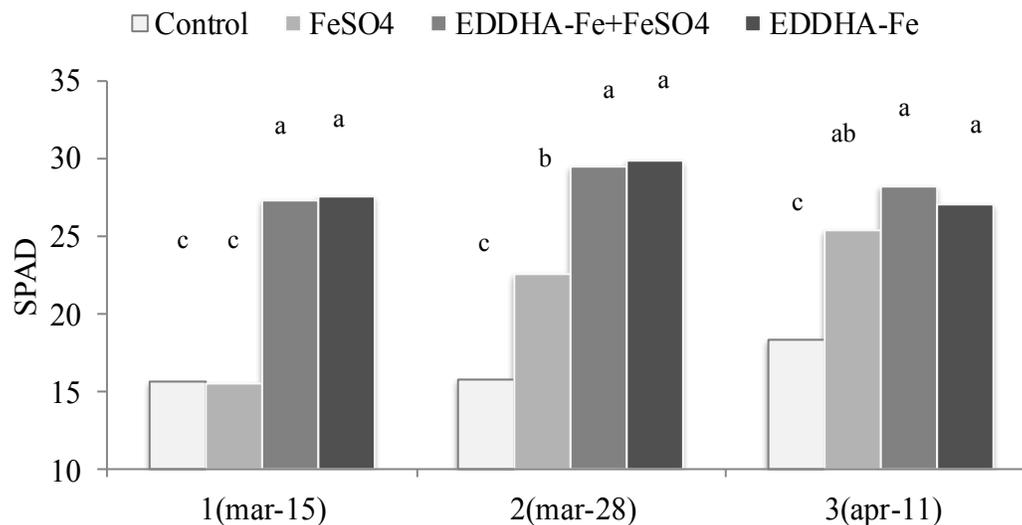


Figura 1. Índice SPAD en soya en tres fechas con tratamientos para el control de clorosis férrica. Valores en barras con la misma letra no son diferentes (DMS, $P \leq 0.05$).

Resultados semejantes a los de clorofila se registraron con la biomasa de la soya. Los mayores valores de biomasa de follaje ($P=0.005$) y radical ($P=0.01$), se observaron estadísticamente similares con los dos tratamientos donde se aplicó el quelato EDDHA-Fe, seguido de la aplicación foliar de FeSO_4 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta de soja 'Vernal' al control químico de clorosis férrica en función a los valores de biomasa foliar y radical.

Tratamiento	Biomasa (g)	
	Foliar	Radical
EDDHA-Fe	37.2 a*	3.5 a
EDDHA-Fe + FeSO ₄	35.9 a	3.0 a
FeSO ₄	22.0 b	2.5 b
Testigo	16.0 c	1.8 c
Significancia F	0.005	0.01

*Valores unidos con la misma letra no son diferentes, DMS $P \leq 0.05$.

En okra las unidades SPAD igualmente mostraron una interacción ($P=0.001$) entre el tratamiento químico y fechas de lecturas. En la primera lectura, los tratamientos que llevaron el quelato EDDHA-Fe registraron los valores más altos; en la fecha del 11 de abril, todos los tratamientos superaron de forma similar a las parcelas testigo. A diferencia de la soja, se observó que la okra requiere, al parecer, una mayor necesidad de otros elementos como N o Zn, esto es debido a que en general en el último muestreo los valores SPAD decrecieron numéricamente con relación al segundo (Figura 2).

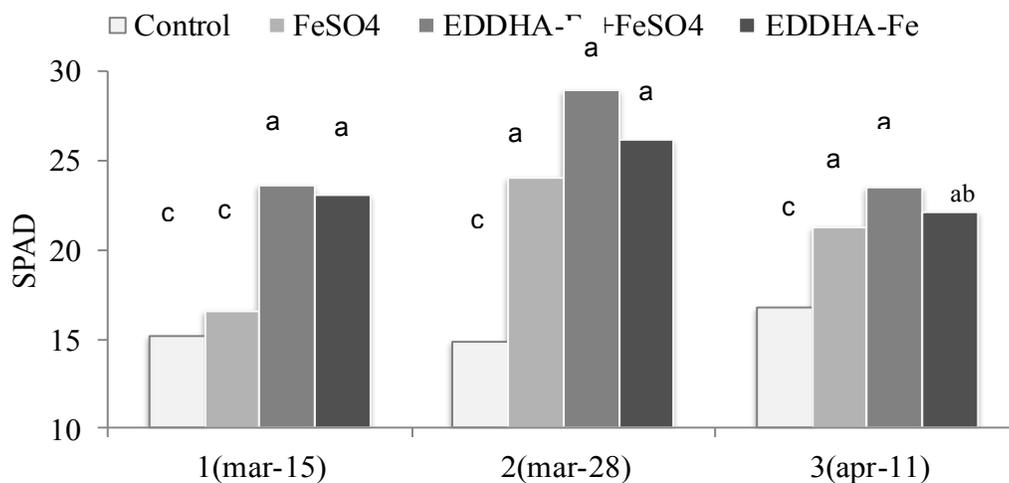


Figura 2. Índice SPAD en okra en tres fechas con tratamientos para el control de clorosis férrica. Valores en barras con la misma letra no son diferentes (DMS, $P \leq 0.05$).

Esta diferencia puede atribuirse a que la soja tiene capacidad de fijar nitrógeno en forma simbiótica (Zilli et al., 2010). Semejante a la respuesta de la soja, los mayores pesos en biomasa foliar en la okra ($P=0.001$) se registraron con los tratamientos que llevaron el quelato, seguido de la aplicación de FeSO₄ foliar. Para la biomasa radical todos los tratamientos químicos superaron por igual ($P=0.002$) al testigo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Respuesta de okra 'Clemson Spineless 80' al control químico de clorosis férrica en función biomasa foliar y radical.

Tratamiento	Biomasa (g)	
	Foliar	Radical
EDDHA-Fe	95.3 a*	9.8 a
EDDHA-Fe + FeSO ₄	105.3 a	7.6 a
FeSO ₄	40.6 b	6.7 a
Testigo	26.0 c	3.1 b
Significancia F	0.001	0.002

*Valores unidos con la misma letra no son diferentes, DMS $P \leq 0.05$.

Los resultados del estudio demostraron que en general la aplicación del quelato EDDHA-Fe sobre la semilla solo o combinado con dos aspersiones foliares de FeSO₄, fueron los más efectivos para la corrección de clorosis por deficiencia de hierro. No se observó efecto aditivo en las lecturas SPAD ni en la biomasa de las plantas, al combinar el EDDHA-Fe con el FeSO₄ foliar. La asimilación del FeSO₄ en la planta es gradual, asimismo el incremento de los niveles de SPAD fue gradual en ambos cultivos. La clorosis del testigo se manifestó desde las hojas verdaderas (15.6 y 15.2 SPAD en soya y okra); esta puede ser corregida por el quelato incluso a partir de la formación de las mismas. En contraste, en la última lectura (11-abril) las plantas de las parcelas testigo de soya y okra fue tal la severidad que las hojas presentaron manchas necróticas, lo cual bajo estas condiciones no tendrían la posibilidad de alcanzar el estado reproductivo. De la misma forma, Álvarez et al. (2005) concluyeron que con una aplicación de los quelatos de Fe³⁺ EDDHA, EDDHMA y EDDHSA, fue suficiente para causar una visible corrección de deficiencia de hierro en los cultivos de girasol (*Helianthus annuus*), pera (*Pyrus communis*) y durazno (*Prunus persica*).

Los tratamientos químicos tuvieron impacto en la promoción de biomasa foliar y radical en ambos cultivos. Ante la severidad de clorosis férrica manifestada, el EDDHA-Fe solo o en combinación con FeSO₄ foliar, incrementaron en promedio 20.5 g en soya y 74.3 g en okra, el peso de biomasa foliar sobre el testigo. La aplicación de FeSO₄ foliar en los dos cultivos, mantuvo incrementos en la biomasa superiores a los del testigo. Estos resultados coinciden con los de García-Marco et al. (2006) quienes demostraron que el quelato EDDHA-Fe registró la mayor biomasa aérea en plántulas de soya. De igual forma, Humayan et al. (2016) obtuvieron en chícharo (*Pisum sativum*), corrección de clorosis férrica con aspersiones de FeSO₄ e incrementos en la biomasa foliar. La respuesta de la planta al agente quelatante como el EDDHA, radica en que es una molécula orgánica (anión) de alta estabilidad, capaz de mantener los iones metálicos rodeados de modo que queden protegidos del entorno, de lo contrario, favorecería su precipitación en forma de hidróxido insoluble y no disponible para la planta (Lucena, 2009).

En 2003 la Unión Europea inició la regulación para la producción comercial del quelato EDDHA (Álvarez et al., 2005; García-Marco et al., 2006). La opción de utilizar este quelato se ha incrementado recientemente dada su efectividad en suelos alcalinos, así como por su práctico manejo (Arizmendi et al., 2011). Por otro lado, las aplicaciones foliares de FeSO_4 presentan diferentes consideraciones: i) las aspersiones oportunas del mismo se pueden obstaculizar por las condiciones climáticas adversas; ii) la deficiencia de Fe se puede manifestar en áreas delimitadas y el control puede ser dirigido (opción que comúnmente no se realiza); y iii) se pueden requerir múltiples aspersiones de FeSO_4 según la severidad de la clorosis o susceptibilidad del cultivo. Por lo anterior, Díaz et al. (1995) y Whiting et al. (2015) señalaron que el manejo o forma de aplicación foliar de FeSO_4 y el número de éstas, no se pueden generalizar ya que dependerán del nivel de susceptibilidad del cultivo o variedad, el tamaño de la superficie sembrada que manifiesta clorosis, así como la severidad o intensidad de la misma, según las condiciones particulares del suelo.

Conclusiones

Los cultivos de soya y okra expresaron severidad a la deficiencia de Fe cuando no fue corregida, con valores promedio de 16.5 y 15.5 SPAD, respectivamente, y con necrosis foliar. Aunque los efectos de los tratamientos químicos en el índice de clorofila y biomásas fueron variables entre los cultivos, en general, los resultados demuestran que la aplicación de EDDHA-Fe solo o combinado con FeSO_4 foliar, mostraron una efectiva corrección de la clorosis férrica. Se demostró la efectividad del quelato EDDHA-Fe desde el inicio de los síntomas, en suelo alcalino y calcáreo.

Literatura citada

- Adame, B. E. y Silva, S. M. 1994. Control del amarillamiento o clorosis férrica en sorgo. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Desplegable No. 20. Río Bravo, Tam., México.
- Ivarez, F. A., García, M. S. and Lucena, J. J. 2005. Evaluation of synthetic iron (III)-chelates (EDDHA/ Fe^{3+} , EDDHMA/ Fe^{3+} and the novel EDDHSA/ Fe^{3+}) to correct iron chlorosis. *Europ. J. Agron.* 22:119-130.
- Arizmendi, G. N., Rivera, O. P., Cruz, S. F., Castro, M. B. y Garza, R. F. 2011. Lixiviación de hierro quelatado en suelos calcáreos. *Terra Latinoamer.* 29:231-237.

- Cantera, R. G., Zamarreño, A. M. and García, J. M. 2002. Characterization of commercial iron chelates and their behavior in alkaline and calcareous soil. *Agr. Food Chem.* 50:7609-7615.
- CERIB, 2012. Paquetes tecnológicos de producción de cultivos. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Río Bravo. INIFAP. 40 p.
- Díaz, F. A., Ortegón, M. A. y Garza, C. I. 1995. Perspectivas de producción de chícharo de vaca (*Vigna unguiculata*) para grano en el norte de Tamaulipas, México. *Biotam* 7:21-26.
- García-Marco, S., Martínez, N., Yunta, F., Hernández-Apaolaza, L. and Lucena, J. J. 2006. Effectiveness of ethylenediamine- N-(o-hydroxyphenylacetic)- N'-(p-hydroxyphenylacetic) acid (o,p-EDDHA) to supply iron to plants. *Plant Soil* 279:31-40.
- Humayan, A. K., Paltridge, N. and Stangoulis J. 2016. Chlorosis correction and agronomic biofortification in field peas through foliar application of iron fertilizers under Fe deficiency. *J. Plant Interac.* 11:1-4.
- Lucena, J. J. 2009. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. *Rev. Ceres* 56:527-535.
- Magallanes E. A., Díaz F. A., Reyes R. M., Rosales R. E., Alvarado C. M., Silva S. M., Bustamante D. A. y Cortinas E. H. 2014. Tecnología de producción en soya (*Glycine max*) para el norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Folleto Técnico No. 58. Río Bravo, Tam., México. 36 p.
- Menguel, K. 1995. Iron availability in plant tissues-iron chlorosis on calcareous soil. *Soil Plant Nutr.* 47:389-397.
- Menguel, K., Kirkby, E. A., Kosegarterm, H. and Apple, T. 2001. Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publication. The Netherlands. 757 p.
- Ozores-Hampton, M. 2013. Effective strategies to correct iron deficiency in Florida vegetable crops. *HortTech.* 23:548-552.
- Pérez, G. P., Cortinas, E. M., Rosales, R. E. y Loera, G. J. 1992. Guía para cultivar frijol en el norte de Tamaulipas. p. 117-125. In: Hess, M. L. y Pérez, D. D. (eds.). Manual de Cultivos para el Norte de Tamaulipas. INIFAP-PIFSV-SARH. Matamoros, Tam., México.
- Salinas, G. J., Alvarado, C. M. y Sánchez, C. 2006. Suelo y Agua. p. 147-162. In: Rodríguez del Bosque, L. (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos. Libro Técnico No. 1. Campo Experimental Río Bravo. INIFAP. Río Bravo, Tam., México.

Texas Agriculture Extension Service (TAES). 1982. Rio Grande Valley Soil Fertility Handbook. Texas A & M University System. Weslaco, TX, USA.

Whiting, D., Card, A., Wilson, C. and Reeder, J. 2015. Iron chlorosis of woody plants. Colorado State University Extension. Publ. No. 223. Colorado Spring, Co., USA. 7 p.

Zilli, J. E., Campo, R. J. e Hungria, M. 2010. Eficácia da inoculação de Bradyrhizobium em pre-secmeadura da soja. Pesq. Agrop. Bras. 45:335-338.

ALTERNATIVAS DE FERTILIZACIÓN DE SORGO (*Sorghum bicolor*) EN CONDICIONES DE RIEGO

Arturo Díaz Franco^{3*} y Martín Espinosa Ramírez³

Resumen

La fertilización química además de representar una práctica de alto costo en la producción, tiene serias repercusiones en los sistemas agroambientales. Dentro de la conservación y la fertilidad de los suelos se ha destacado el papel de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA). El objetivo del estudio fue determinar la respuesta del híbrido de sorgo 83G19 en características de planta y productividad, con la inoculación del HMA (*Rhizophagus intraradices*), micorriza INIFAP, sola o combinada con la mitad de la fertilización química (FQ-50%), comparada con la fertilización convencional (120-40-00; FQ-100%). Se realizaron lecturas de clorofila SPAD y altura de planta, además, diámetro de tallo, biomasa seca foliar y radical, longitud de la panoja y rendimiento de grano. Con este último se estimó la rentabilidad de la producción con el indicador costo/beneficio (c/b). El diámetro de tallo no mostró variaciones significativas; con FQ-100% y FQ-50% + HMA se registraron los valores más altos de SPAD y de altura de planta. Los tratamientos con HMA incrementaron significativamente la biomasa radical. La FQ-100%, FQ-50% + HMA y HMA, obtuvieron la mayor y similar biomasa foliar y longitud de panoja. El rendimiento de grano, con promedio de 7.4 t ha⁻¹, fue mayor con FQ-100% y FQ-50% + HMA. Los resultados mostraron que en general, la FQ-100% y FQ-50% + HMA, promovieron los valores de las variables. No obstante, la FQ-50% + HMA y HMA fueron los tratamientos más rentables con 1.5 c/b.

Palabras clave: micorriza arbuscular, rendimiento, rentabilidad.

Introducción

En México, la mayor superficie sembrada con sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] se ubica en la región norte de Tamaulipas con 650 mil ha, donde en muchos de los casos se trata de un monocultivo y alrededor del 30% se siembra en condiciones de riego. Las limitaciones nutrimentales del cultivo se han atendido mediante la fertilización química. Rosales et al.

³Campo Experimental Río Bravo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 61, Carretera Matamoros-Reynosa, 88900, Río Bravo, Tam., México. * diaz.arturo@inifap.gob.mx

(2006) sugieren para el sorgo en condiciones de riego la adición de 120 y 40 kg ha⁻¹ de N y P, respectivamente. Aunque debido al alto costo del compuesto algunos productores utilizan dosis bajas. Por otro lado, el continuo uso de agroquímicos en general ha tenido como resultado contaminación, decremento de la biodiversidad en las regiones agrícolas, degradación de los agrosistemas e incrementos en los costos de producción (Grageda et al., 2012; Xiang et al., 2012). Ante esa perspectiva, se ha resaltado la demanda de desarrollar prácticas agronómicas que eleven la productividad del sorgo, pero además que promuevan un equilibrio amigable con el ambiente (Díaz et al., 2007; Díaz et al., 2013).

Dada la necesidad de un manejo sostenible de los sistemas agrícolas, se ha incrementado de forma prominente el papel de los microorganismos a manera de bioinoculantes, dentro de la conservación y la fertilidad de los suelos (Adesemoye et al., 2008; Sharma et al., 2012). Como parte de la actividad simbiótica, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) manifiestan diferentes mecanismos que inducen a una mayor exploración del suelo a través de las hifas, disminuyen los efectos de condiciones abióticas adversas para la planta, producen fitohormonas que estimulan el crecimiento de la planta, facilitan la absorción de nutrimentos, producen glomalina que adhiere las partículas del suelo, y estimulan una acción protectora contra algunos fitopatógenos del suelo (Smith y Read, 2008). En parcelas comerciales de sorgo no fertilizadas, se comparó la semilla con y sin inoculación con el HMA *Rhizophagus intraradices*, encontrándose que éste incrementó 47% la biomasa radical, 14% la longitud de panoja y 20% el rendimiento de grano, respecto a las plantas no inoculadas (Díaz et al., 2013).

El efecto benéfico de los bioinoculantes a base de HMA posee, además, repercusiones favorables al reducir las necesidades de fertilizantes, por lo que Adesemoye y Kloepper (2009), Berruti et al. (2015) y Rouphael et al. (2015) han enfatizado los efectos comparativos de los bioinoculantes con la aplicación convencional de fertilizantes minerales en los cultivos. En un estudio previo con sorgo, Díaz et al. (2015) concluyeron que algunos bioinoculantes comerciales combinados con la mitad de la fertilización química, mostraron competitividad productiva respecto al manejo con 100% de la fertilización química. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue confirmar la respuesta del sorgo a la inoculación de semilla con HMA, combinada con la mitad de la fertilización química en condiciones de riego.

Materiales y métodos

El experimento se estableció durante el ciclo otoño-invierno 2015-2016 en condición de riego, en los terrenos del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP, Río Bravo, Tam., ubicado a 25° 57' LN, 98° 01' LO, 25 m de altitud y con clima semicálido. Las propiedades

físicas y químicas del suelo previo a la siembra, analizadas en el Laboratorio de Suelo y Planta del CERIB, fueron: pH 7.9, M.O. 1.7%, C.E. 1.1 dS m⁻¹, N-NO₃ 20.2 mg kg⁻¹, P 29 mg kg⁻¹, K 1869 mg kg⁻¹, y textura arcillosa.

El híbrido de sorgo utilizado fue 83G19, sembrado el 15 de febrero de 2016. Los tratamientos evaluados fueron: 1. Fertilización química convencional 120 y 40 kg ha⁻¹ de N y P, respectivamente (FQ-100%) (CERIB, 2012), 2. La mitad de la fertilización química (FQ-50%) más semilla inoculada con el HMA micorriza INIFAP R. intraradices (0.5 kg ha⁻¹), 3. Semilla inoculada con micorriza INIFAP, y 4. Testigo absoluto. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas se conformaron de tres surcos (0.81 m) y 5 m de longitud. El fertilizante a base de urea y fosfato diamónico (DAP), se adicionó a un lado del surco al momento de la siembra, el N fue fraccionado, la mitad en la siembra y la otra parte en el primer riego de auxilio (6 de abril). Otras prácticas agronómicas se siguieron conforme al paquete tecnológico de la región (CERIB, 2012).

Las variables de respuesta fueron el índice de clorofila con determinador digital Minolta SPAD y altura de planta, registros hechos el 22 de marzo, 18 de abril y 10 de mayo, que correspondieron a las etapas de seis hojas, hoja bandera y floración, respectivamente; en madurez fisiológica se midió el diámetro de tallo, la biomasa seca de follaje y raíz, la longitud de la panoja y el rendimiento de grano ajustado al 12% de humedad. Los datos se sometieron a análisis de varianza y para las diferencias entre las medias se utilizó DMS al 5%. Adicionalmente, se calculó la rentabilidad de la producción empleando como indicador económico la relación costo/beneficio (c/b), el cual refiere los beneficios obtenidos por cada peso invertido en la producción mediante la expresión: $c/b = R \times P/C_p$, donde R es rendimiento, P es precio de grano por tonelada (\$2,240) y C_p es costo de producción (\$12,261).

Resultados y discusión

Los tratamientos afectaron el índice de clorofila SPAD en las tres fechas de lecturas. En las lecturas del 22 de marzo y 18 de abril, los tres tratamientos evaluados superaron significativamente ($p=0.025$, 0.035) y de manera equivalente al testigo; en la lectura del 10 de mayo, los valores mayores ($p=0.004$) se registraron con la fertilización de 120-40-00 (FQ-100%) y FQ-50% más la inoculación micorrícica de la semilla (Cuadro 1). En la Figura 1 se observa la dinámica del índice SPAD con los tratamientos en las fechas de lecturas en el sorgo.

Cuadro 1. Índice de clorofila SPAD en tres fechas de lecturas asociado con el nivel de fertilización o micorrización (HMA) del sorgo.

Tratamiento	Clorofila (SPAD)		
	22-mar	18-abr	10-mayo
FQ-100% (120-40-00)	34.5 a*	43.4 a	49.7 a
FQ-50% + HMA	34.2 a	43.5 a	48.5 ab
HMA	34.2 a	41.0 ab	44.2 b
Testigo	32.1 b	36.6 b	39.9 c
P>F	0.025	0.035	0.004

*DMS, 5%.

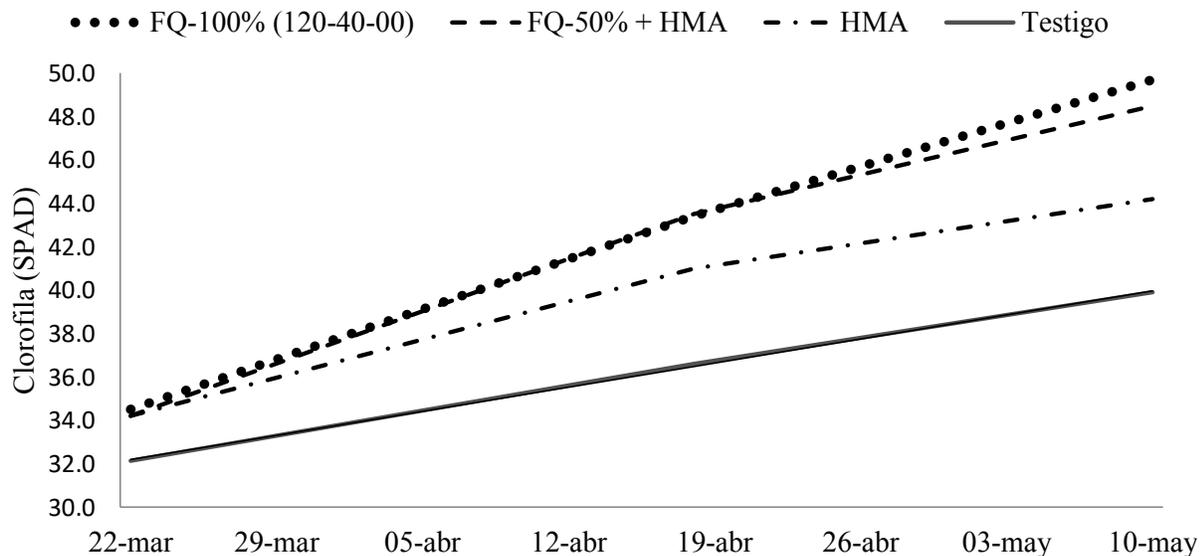


Figura 1. Índice de clorofila SPAD en el sorgo 83G19 en las fechas de lecturas (22-mar, 18-abr, 10-mayo), influenciado por el nivel de fertilización y/o micorrización (HMA).

La altura de planta fue influenciada por los tratamientos solamente en el muestreo del 22 de marzo y 10 de mayo ($p=0.014$, 0.001). En ambas fechas, los tratamientos con el 100% de la fertilización química, así como el 50% de la fertilización combinado con el HMA, exhibieron de forma similar, la mayor altura de planta. Por el contrario, el diámetro de tallo en el estado de madurez fisiológica no fue afectado por los tratamientos (Cuadro 2).

Díaz et al. (2015) obtuvieron resultados opuestos, mencionaron que el diámetro de tallo de sorgo fue acrecentado por igual, mediante la fertilización completa (120-40-00) o con tres bioinoculantes comerciales combinados con el 50% del fertilizante, comparado con las plantas testigo.

Cuadro 2. Influencia del nivel de fertilización química y/o micorrización (HMA) en la altura de planta y el diámetro de tallo de sorgo.

Tratamiento	Altura (cm)			Diámetro de tallo (mm)
	22-mar	18-abr	10-may	
FQ-100 % (120-40-00)	49.0 a*	113.7	146.8 a	12.7
FQ-50 % + HMA	48.5 ab	112.7	146.4 a	12.9
HMA	42.9 bc	111.3	135.6 b	11.6
Testigo	39.9 c	106.3	133.1 b	11.5
P>F	0.014	0.075	0.001	0.41

*DMS, 5%.

Con relación a la biomasa foliar y radical, longitud de panoja y rendimiento de grano, existieron variaciones significativas entre los tratamientos ($p=0.01$, 0.007 , 0.01 , 0.009 , respectivamente). Para la biomasa foliar y la longitud de panoja, los tres tratamientos con fertilización química y/o inoculación micorrízica, superaron de forma semejante al testigo. La mayor biomasa radical se registró con los tratamientos que llevaron el inoculante, esta es una respuesta común con el uso de HMA (Cuadro 3).

Cuadro 3. Biomasa, longitud de panoja, rendimiento de grano y rentabilidad de producción (c/b) de sorgo obtenido con niveles de fertilización química y/o inoculación con HMA.

Tratamiento	Biomasa seca (g)		Longitud de panoja (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	c/b
	Foliar	Radical			
FQ-100% (120-40-00)	32.6 a*	10.5 b	29.3 a	7616 a	1.4
FQ-50% + HMA	30.4 a	16.7 a	29.0 a	7312 a	1.5
HMA	31.9 a	14.9 a	28.0 a	6764 b	1.5
Testigo	28.3 b	11.0 b	26.6 b	5987 c	1.3
P>F	0.01	0.007	0.01	0.009	

*DMS, 5%.

La contribución de los HMA al aumento de la biomasa vegetal se encuentra ligado al mecanismo que conlleva la producción de fitohormonas (Jindal et al., 1993; Smith y Read, 2008). El rendimiento de grano fue superado, de forma similar, con la fertilización química al 100% y el 50% de la fertilización más el HMA, con relación a los otros tratamientos (Cuadro 3). La información obtenida confirma los estudios anteriores, Díaz et al. (2015) informaron que con la combinación 50% del fertilizante-HMA se alcanzó similar longitud de panoja y rendimiento de grano, al obtenido con la fertilización completa, con promedios de 28.2 cm y 6868 kg ha⁻¹, respectivamente.

Estudios han revelado el potencial que tienen los inoculantes al reducir las dosis de fertilización química. Xiang et al. (2012) han destacado que los biofertilizantes, además del efecto benéfico en la productividad agrícola, tienen gran relevancia en los agroecosistemas debido a que pueden reducir el uso de la fertilización mineral y su consecuente contaminación en el entorno. Cuando se comparó en sorgo dulce la mitad del fertilizante (60-20-00 de N-P-K) más la inoculación micorrícica con el 100% de la fertilización, se obtuvo similar producción de biomasa y contenido de azúcares del tallo (Díaz et al., 2016). Sharma et al. (2012) reportaron el máximo rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) con la inoculación de *R. intraradices* y el 75% de N-P-K adicionado al suelo. Carpio et al. (2005) indicaron que las mejores características para el mercado de *Ipomoea carnea* ssp. *Fistulosa* (Mart. ex Choisy) D. F. Austin, así como la mayor absorción de N, P y K ocurrió tanto con el inoculante micorrícico BioterraPlus® y la adición de 50% de N-P-K en el suelo, como con la fertilización al 100%.

Los resultados obtenidos en el estudio se pueden asociar a diferentes reportes (Subramanian y Charest, 1999; Boomsma y Vyn, 2008; Boucher et al., 1999) que indican que los HMA son capaces de incrementar la adquisición de N a través de las hifas externas. Sin embargo, puede existir variabilidad de respuesta entre HMA. En maíz, Boucher et al. (1999) determinaron que el N foliar se incrementó en plantas colonizadas por las cepas de *Glomus versiforme* y *G. aggregatum* comparadas con *G. mosseae*. Miller (2000) señaló que el micelio de los hongos micorrícicos transporta el P del suelo a la planta inmediatamente después de que entra en conexión con el sistema radical en desarrollo. También los microelementos son facilitados a la planta por los HMA, Liu et al. (2000) reportaron incrementos en la adquisición de Fe, Zn, Cu y Mn, en maíz inoculado con *R. intraradices*.

Respecto al indicador de rentabilidad de la producción, costo/beneficio, se demostró que los tratamientos FQ-50% + HMA y HMA obtuvieron 1.5 c/b, mayor al obtenido con el rendimiento de la fertilización química convencional (100%). Lo anterior, a pesar de que la inoculación del HMA registró un rendimiento de 852 kg ha⁻¹ menor que la fertilización completa (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Salinas (2006), quien comparó durante cuatro años consecutivos en sorgo de riego, el manejo con fertilización convencional versus inoculación de micorriza INIFAP, el promedio de rendimiento del primero fue de 5.3 t ha⁻¹ y de 4.8 t ha⁻¹ para el segundo; no obstante, este último alcanzó un c/b de 3.0 contra 2.5 con la fertilización tradicional.

Es importante comprender mejor las complejas interacciones entre los hongos micorrícicos, la fertilización mineral y la planta, con el propósito de reducir o sustituir las cantidades de fertilizantes aplicados, reducir los costos de producción, así como los efectos nocivos en el ambiente. Este tema ha sido ampliamente abordado en diferentes estudios y dentro de un contexto de agricultura moderna (Adesemoye y Kloepper, 2009; Berruti et al., 2015;

Rouphael et al., 2015). El empleo de bioinoculantes con HMA a escala mundial se ha acrecentado comercialmente durante los últimos años, aunque revisten gran importancia aquellos que tienen efectividad en los cultivos y que son viables económicamente (Vosátka et al. 2008; Grageda et al. 2012; Xiang et al., 2012). Desde el punto de vista económico y ecológico, la reducción de la fertilización química a través de este bioinoculante puede representar una práctica viable que promueva una mayor rentabilidad, así como la conservación agroecológica de los sistemas de producción.

Conclusiones

1. Los valores de clorofila, biomasa seca foliar y radical, longitud de panoja y rendimiento de grano fueron diferentes entre los tratamientos. 2. En general, los mayores valores se registraron con la fertilización química convencional y la mitad de ésta más la inoculación del HMA. 3. La biomasa radical fue superior con los dos tratamientos que llevaron el HMA. 4. Con estos mismos tratamientos se obtuvo la mayor rentabilidad de la producción de sorgo (1.5 c/b).

Literatura citada

Adesemoye, A. O., H. A. Torbet and J. W. Kloepper. 2008. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Can. J. Plant Sci.* 54:876-886.

Adesemoye, A. O. and J. W. Kloepper, 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85:1-12.

Berruti, A., E. Lumini, R. Baletrini, and Bianociotto, G. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. *Front. Microbiol.* 6:1559. doi:10.3389/fmicb.2015.01559

Boomsma, C. R. and J. T. Vyn. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis? *Field Crops Res.* 108:14-31.

Boucher, A., Y. Dalpe and C. Charest. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization of four species of *Glomus* on physiological responses of maize. *J. Plant Nutr.* 22:783-797.

Carpio, A. L., T. F. Davies and A. M. Arnold. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, organic and inorganic controlled-release fertilizers: Effect on growth and leachate of container-grown bush morning glory (*Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*) under high production temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130:131-139.

CERIB (Campo Experimental Río Bravo). 2012. Paquetes tecnológicos de producción de cultivos. INIFAP. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México. 40 p.

Díaz, F. A., D. Gálvez L. y F. Ortiz C. 2015. Bioinoculación y fertilización química reducida asociadas con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 31:245-252.

Díaz, F. A., H. Cortinas, E., J. Valadez G., M. De la Garza C. y A. Peña del Río M. 2013. Micorriza arbuscular en sorgo bajo diferente manejo agrotecnológico y ambiental. *REMEXCA* 4:215-228.

Díaz, F. A., M. Espinosa R. y F. Ortiz C. 2016. Promoción de biomasa y contenido de azúcares en sorgo dulce mediante abonos orgánicos y micorriza arbuscular. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 32:353-360.

Díaz, M. R., A. Díaz F., I. Garza C. y A. Ramírez L. 2007. Brassinoesteroides e inoculación de micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) en el crecimiento y producción de sorgo en campo. *Terra Latinoamer.* 25:77-83.

Grageda, C. O., A. Díaz F., J. Peña C. y J. Vera N. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *REMEXCA* 3:1261-1274.

Jindal, V., A. Atwal, B. S. Selchon and S. Rattan. 1993. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on metabolism of mungbean plants under NaCl salinity. *Plant Physiol. Biochem.* 31:475-481.

Liu, A., C. Hamel, R. I. Hamilton, B. L. Ma and D. L. Smith. 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays*) grown in soil at different P and micronutrients levels. *Mycorrhiza* 9:331-336.

Miller, M. H. 2000. Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: A review of Guelph studies. *Can. J. Plant Sci.* 80:47-52.

Rosales, R. E., N. Montes G. y C. Reyes M. 2006. Tecnología para la producción de sorgo en el norte de Tamaulipas. Memoria Técnica No. 2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México. 61 p.

Rouphael, Y., P. Franken, C. Schneider, D. Schwarz, M. Giovannetti, M. Agnolucci et al. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi act as bioestimulants in horticultural crops. *Sci. Hort.* 196:91-108.

Salinas, G. J. 2006. Fertilización química y biológica en maíz, sorgo y frijol en riego y temporal. Publicación Especial No. 32. INIFAP. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México. 51 p.

Sharma, S., R. Gupta, G. Dugar and A. Srivastava. 2012. Impact of application of biofertilizers on soil structure and resident microbial community structure and function. p. 65-79. In: Maheshwari, D. K. (ed.). *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Probiotics*. Hauz Khas. Nueva Delhi, India.

Smith, S. E. and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3a. ed. Academic Press. London, UK. 320 p.

Subramanian, S. K. and C. Charest. 1999. Acquisition of N by external hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus and its impact on physiological responses in maize under drought-stressed and well-watered conditions. *Mycorrhiza* 9:69-75.

Vosátka, M., J. Albrechtová and R. Patten. 2008. The international market development for mycorrhizal technology. *Mycorrhiza* 18:419-438.

Xiang, W., L. Zhao, X. Xu, Y. Qin and G. Yu. 2012. Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. *Amer. J. Plant Sci.* 3:1115-1120.

CONTROL DE *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) CON INSECTICIDAS BOTÁNICOS

Braulio Alberto Lemus-Soriano⁴ y Eulalio Venegas-González^{5*}

Resumen

La zarzamora *Rubus fruticosus* L. en el estado de Michoacán, representa uno de los cultivos de mayor rentabilidad y generador de divisas, debido al aumento de la demanda de este fruto en el extranjero, principalmente en el mercado norteamericano y asiático recientemente. La exportación siempre demanda calidad, la fruta de la zarzamora es muy sensible al ataque de hongos e insectos los cuales pueden llegar a provocar importantes pérdidas. Entre estos últimos se encuentra la mosca del vinagre *Drosophila suzukii* Matsumura, la cual daña los frutos debido a su oviposición, siendo la presencia de larvas una de las razones principales por las cuales el fruto es rechazado en empaque y pierde su valor comercial. Debido a que la presencia de esta plaga es cercana a la cosecha, se pretende el uso de nuevas tecnologías como son los insecticidas vegetales. El experimento se estableció en un huerto comercial de zarzamora var. Tupy en Jacona, Michoacán. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron cuatro insecticidas botánicos: eBioluzion Plus, Pestil Out BioCapsi y Ardore a dosis comerciales y un testigo sin aplicación. Las variables fueron el número de larvas por trampa y número de larvas por unidad experimental. De acuerdo con los resultados obtenidos, Pestil Out y Ardore son los insecticidas con mayor efectividad sobre la mosca del vinagre en sus estados de larva y adulto.

Palabras clave: zarzamora, efectividad biológica, extractos vegetales, repelentes

⁴ Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas esq. Berlín s/n, Col. Viveros, 60170. Uruapan, Michoacán., México.

⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana No. 1101. Col. Revolución. 60150. Uruapan, Michoacán, México.

*lemus9@yahoo.com.mx

Introducción

La producción mundial de berries (frutillas) ha ido al alza debido al incremento de la producción de China, Estados Unidos, Rusia, Polonia y México. En el caso de la zarzamora *Rubus fruticosus* L. debido a la gran demanda que tiene principalmente en otros países, ha incrementado su superficie cultivada, sobresaliendo el estado de Michoacán, que se ha posicionado como el principal productor de este cultivo, aportando más del 90% nacional (FIRA, 2016). La mosca del vinagre *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) es originaria de Asia, y rápidamente ha colonizado Europa, Norteamérica y Sudamérica (CABI, 2016), y en México se encontró por primera vez en 2011, en el Municipio de Los Reyes, Michoacán (García-Ávila et al., 2016), posteriormente se detectó en algunas áreas de los estados de Coahuila, Colima, Jalisco, Guanajuato y Baja California (SENASICA, 2017); debido a que causa daños a cultivos como los arándanos, frambuesa, zarzamora, fresa, cereza, entre otras (Sasaki y Sato, 1995); y tiene preferencia por frutos sanos en proceso de madurez, lo que la convierte en una plaga de importancia económica para áreas productoras de estos frutales en nuestro país (SENASICA, 2013).

Su control es limitado debido a las restricciones de residuos de insecticidas sobre los frutos, debido a esto se deben de buscar otras alternativas que no presenten un riesgo para el consumidor; por lo cual se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la eficacia de algunos insecticidas botánicos para el control de la mosca del vinagre en zarzamora.

Materiales y métodos

El presente trabajo se estableció en un huerto de zarzamora var Tupy en la localidad de El Platanal en el municipio de Jacona, Michoacán. Esta huerta se encuentra a una altura de 1597 msnm y en las coordenadas geográficas 19°56'16.8" de Latitud Norte y 102°15'38.5" de Longitud Oeste. Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental fueron tres surcos o setos de 12 m lineales, donde se colocó una trampa tipo cubeta (recipiente de plástico con capacidad de 1 L con tapa de presión) con vinagre de manzana (200 mL) a una altura de la planta de 1.20 m aproximadamente, a la mitad del surco medio cada unidad experimental. Los tratamientos fueron cuatro insecticidas botánicos de efecto repelente y un testigo sin aplicación (Cuadro 1). Las trampas se revisaron y se cambiaron de vinagre cada semana. Se utilizaron dos variables respuesta, la primera fue el número de moscas por trampa de vinagre donde se contabilizaron el número total de moscas por trampa y la segunda fue el número de larvas donde se colectaron 20 frutos en madurez de consumo tomados al azar dentro de cada

unidad experimental y mediante el método de flotación propuesto por la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) y se contaron el total de larvas. La aplicación fue foliar con una aspersora de mochila de motor marca Hyundai de 1.2 HP con capacidad de 25 L de agua y una presión de 300 psi. Se utilizó una boquilla doble de cono hueco. Mediante calibración se determinó el gasto de agua por tratamiento que fue de 10 L, considerando un volumen de 1000 L de agua por ha. Se realizaron tres aplicaciones cada 14 días, comenzando desde el inicio de la formación del fruto. Los muestreos de adultos (cinco muestreos) se realizaron cada 7 días a partir de la primera aplicación y hasta después de la última, con excepción de las larvas a las cuales se contabilizaron hasta la aparición de frutos maduros que fue a los 14 días después de la primera aplicación, por lo que solo se realizaron tres muestreos. Con los datos obtenidos del número de adultos por trampa se realizó un análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey $\alpha=0.05$ con el programa estadístico SAS (SAS, 2010), además se calculó la efectividad biológica de cada tratamiento de acuerdo con la fórmula de Abbott (1925) para el número de adultos y número de larvas.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados sobre *D. suzukii* en Jacona, Michoacán.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis (por ha ⁻¹)
1. Testigo sin aplicación		---
2. eBioluzion Plus	Extracto de Quassia amara, 2.5%; Aceite de Azadirachta indica, 1.75%; Oleoresinas de Capsicum spp, 1.75%; Extracto de Allium spp, 1.75%; D-Limoneno, 3%.	0.75 L
3. Pestil Out	Aceite de neem, 5%; Oleoresinas de Capsicum spp, 5%; Extracto de Allium spp, 5%; Extracto de Citrus spp, 5%; Extracto de Yucca schidigera, 15%.	2.0 L
4. BioCapsi	Aceite de Capsicum frutescens y Capsicum annum, 40%; extracto de Allium spp, 30%; aceite de Cinnamomum cassia y C. zeeylanicum, 20%.	1.5 L
5. Ardore	Oleoresina de Capsicum spp, 25%.	1.5 L

Resultados y discusión

En el primer y segundo muestreo después de la primera aplicación no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p>0.05$) (Cuadro 2). Sin embargo, después de la segunda aplicación donde se aplicó Pestil Out y Ardore fueron estadísticamente mejores a los demás tratamientos con ≤ 10 adultos por trampa, y 14 días después de la segunda y 7 días después de la tercera aplicación, todos los tratamientos insecticidas fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al testigo que alcanzo

hasta > 100 adultos de mosca por trampa.

Al determinarse la efectividad biológica de los insecticidas (Cuadro 3); Pestil Out y Ardore obtuvieron la mayor eficacia desde la primera aplicación y hasta la última toma de datos donde alcanzaron el 90%.

Cuadro 2. Medias del número de adultos por trampa.

Tratamientos	1 ^a aplicación		2 ^a aplicación		3 ^a aplicación
	7 DDA ^a	14 DDA ^b	7 DDA ^c	14 DDA ^d	7 DDA ^e
1. Testigo	7.50 a	21.75 a	46.00 a	51.25 a	100.50 a
2. eBioluzion Plus	5.25 a	19.75 a	26.75 ab	16.50 b	51.25 b
3. Pestil Out	5.75 a	12.50 a	6.50 b	5.00 b	9.75 b
4. BioCapsi	6.75 a	15.00 a	26.00 ab	16.00 b	42.50 b
5. Ardore	3.75 a	12.00 a	10.00 b	5.50 b	10.25 b

^aF = 0.39, gl = 4, 19; P = 0.8091. ^bF = 0.61, gl = 4, 19; P = 0.6606. ^cF = 5.57, gl = 4, 19; P = 0.0090; ^dF = 17.18, gl = 4, 19; P = <.0001. ^eF = 14.50, gl = 4, 19; P = 0.0002

Cuadro 3. Porcentaje de eficacia sobre adultos de *D. suzukii*.

Tratamientos	1 ^a aplicación		2 ^a aplicación		3 ^a aplicación
	7 DDA	14 DDA	7 DDA	14 DDA	7 DDA
eBioluzion Plus	30.00	9.19	41.84	67.80	49.00
Pestil Out	23.33	42.52	85.86	90.24	90.29
BioCapsi	10.00	31.03	43.47	68.78	57.71
Ardore	5.00	44.82	78.26	89.26	89.80

En cuanto al número de larvas en el primer muestreo Pestil Out, BioCapsi y Ardore presentaron el menor número (< 6), seguidos de eBioluzion Plus con 11.75 larvas y por último el testigo con > 23 larvas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias del número de larvas por tratamiento.

Tratamientos	1er muestreo ^a	2do muestreo ^b	3er muestreo ^c
1. Testigo	23.25 a	27.00 a	29.00 a
2. eBioluzion Plus	11.75 b	5.25 b	8.25 b
3. Pestil Out	4.50 c	3.25 b	5.50 bc
4. BioCapsi	5.25 c	5.25 b	9.00 b
5. Ardore	1.75 c	4.75 b	2.25 c

^aF = 23.91, gl = 4, 19; P = <.0001. ^bF = 64.19, gl = 4, 19; P = <.0001. ^cF = 67.94, gl = 4, 19; P = <.0001.

El mayor porcentaje de efectividad biológica sobre larvas lo obtuvo Ardore con un 92% en el último muestreo, seguido de Pestil Out con un 81%, mientras eBioluzion Plus y BioCapsi disminuyeron su eficacia al final del experimento (Cuadro 5).

En el segundo muestreo el testigo siguió incrementado hasta las 27 larvas, mientras que todos los insecticidas fueron estadísticamente iguales entre si con < 6 larvas y en el último muestreo Ardore fue el que presentó el menor número de larvas (2.25), seguido de Pestil Out (5.5), mientras que eBioluzion Plus y BioCapsi presentaron 9 larvas.

Cuadro 5. Porcentaje de eficacia sobre larvas de *D. suzukii*.

Tratamientos	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
eBioluzion Plus	49.46	80.55	76.85
Pestil Out	80.64	87.96	81.03
BioCapsi	77.41	80.55	68.96
Ardore	92.47	82.40	92.24

Las plantas producen metabolitos secundarios que disuaden el ataque de insectos (Espinosa-García y Delgado, 1998). Isman (2006) y El-Wakeil (2013), reportan que entre los múltiples mecanismos de acción que presentan los extractos vegetales es la repelencia de insectos. Los efectos repelentes y el efecto disuasivo de la oviposición son a menudo relacionados con la reducción de la plaga (Pavela, 2007), y este efecto se ha observado sobre *Trialeurodes vaporariorum* (Pavela y Herda, 2007) y *Myzus persicae* (Pavela et al., 2009). Lo anterior sugiere que las disminuciones de adultos de *D. suzukii* a lo largo del experimento pueden deberse al efecto repelente del insecticida botánico, mientras que la menor cantidad de larvas se presentó debido a que la plaga fue disuadida para llevar a cabo la oviposición en los frutos de zarzamora y prefirió los frutos no tratados.

Conclusiones

1. El uso de insecticidas botánicos es una alternativa para el control de *D. suzukii* en zarzamora y puede incorporarse dentro de un programa de manejo integrado.
2. Los insecticidas Pestil Out y Ardore presentaron el menor número de larvas y adultos, así como los mayores porcentajes de efectividad biológica.

Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticides. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- CABI. 2016. *Drosophila suzukii* (spotted wing drosophila). In: *Invasive Species Compendium Datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world*, <http://www.cabi.org/isc/datasheet/109283> [consultado el 7 de junio de 2017].
- El-Wakeil, N. E. 2013. Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen* 65:125-149.
- Espinosa-García, F. and G. Delgado. 1998. Relationship between ecology of plant defence and the prospection of secondary metabolites with potential medicinal or agricultural application. *Revista Latinoamericana de Química* 26(1):13-29.
- FIRA. 2016. *Panorama Agroalimentario: Berries*. Dirección de investigación y evaluación económica sectorial. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 41 p.
- García-Ávila, C. J., D. Bravo-Pérez, I. Ruiz-Galván, G. Romero-Gómez, A. Quezada-Salinas, S. Hernández-Pablo, J. A. López-Buenfil, J. G. Florencio-Anastasio, R. González-Gómez y N. Acevedo-Reyes. 2016. Presencia de la mosca del vinagre de las alas manchadas *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) en México. *Entomología Mexicana* 3:54-360.
- Isman, M. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51:45-66.
- Pavela, R. 2007. Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection. *Pest Technology* 1:47-52.
- Pavela R. and G. Herda. 2007. Repellent effects of pongam oil on settlement and oviposition of the common greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on chrysanthemum. *Insect Science* 14:219-224.
- Pavela, R., N. Vrchtová and B. Sera. 2009. Repellency and toxicity of three *Impatiens* species (Balsaminaceae) extracts on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). *Journal of Biopesticides* 2(1):48-51.
- SAS Institute. 2010. *SAS/STAT user's guide*. Versión 9.1. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Sasaki, M. and R. Sato. 1995. Bionomics of the cherry drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Fukushima Prefecture Honshu. 1 *Drosophila* injured on cherry fruit. *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan* 46:164-166.

SENASICA. 2013. Mosca del vinagre de alas manchadas *Drosophila suzukii* Matsumura. Ficha Técnica No. 7. Dirección General de Sanidad Vegetal. Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D. F. 21 p.

SENASICA. 2017. Una mosca más en la mira del SENASICA. <http://www.gob.mx/senasica/articulos/una-mosca-mas-en-la-mira-del-senasica> [consultado el 18 de junio de 2017].

CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES Y CAFEÍNA EN EL MUCÍLAGO DE TRES MATERIALES DE CAFÉ

Tania Marín-Garza⁶, Miriam C. Pastelín-Solano⁶, Fernando C. Gómez-Merino⁷, Noé Aguilar-Rivera⁸ y Odón Castañeda-Castro^{6*}

Resumen

El café proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo por lo que tiene una importancia crucial para la economía y la política de muchos países en desarrollo, representa en algunos casos más del 80%; sin embargo, los desechos de la cadena productiva del café contaminan el agua y suelo, por lo que es necesario implementar alternativas para el uso de estos desechos y evitar el impacto en el medio ambiente. Para ello es necesario buscar la optimización en el aprovechamiento del mucilago del café y obtener una alternativa económica para los productores cafetaleros. Es por ello que se cuantificaron la cantidad de seis carbohidratos por medio de HPLC con detector electroquímico, cafeína y ácidos clorogénicos con HPLC detector UV/vis, presentes en el mucilago en base seca de tres materiales de café. La variedad caturra presento mayores concentraciones de glucosa (34.1%) y fructuosa (15.2%), aunque la concentración en los otros cuatro azúcares fue menor. Los dos azúcares mostraron una diferencia significativa en la cantidad total de azúcares reductores con respecto a Robmex y al injerto de Robmex y caturra; sin embargo, el contenido de cafeína también fue mayor en la variedad caturra (0.36%) seguida del injerto (0.30%) y Robmex (0.24%), la cual le confiere un sabor amargo y es conocida por sus propiedades fungicidas. Estos resultados contribuyen a elegir el mejor uso del mucilago de acuerdo a la variedad de café, como es para biocombustibles, nutrición animal o producción de proteína, unicelular entre otros.

Palabras clave: Coffea spp., carbohidratos, 1, 3, 7- Trimetilxamina, ácido clorogénico

⁶ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. Orizaba, Veracruz, Veracruz. C.P. 94340 Prolongación de Oriente 6 No. 1009. C.P. 94340. Orizaba, Veracruz.

⁷ Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Rancho Trejo, C.P. 94500. Córdoba, Veracruz.

⁸ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Peñuela Amatlán S/N, Centro, Amatlán de los Reyes. C.P. 94945. Veracruz, México.

*odcastaneda@uv.mx

Introducción

En la economía mundial, el café ha sido uno de los productos primarios más valiosos y segundo en valor de la producción durante muchos años únicamente al petróleo como fuente de divisas para los países en desarrollo. La industria del café proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo, por lo que tiene una importancia crucial para la economía y la política de muchos países en desarrollo, representa en algunos casos más del 80%, teniendo como principales mercados a Londres y Nueva York (ICO, 2015). Así mismo, es la bebida con mayor consumo en el mundo después del agua (Oliveira et al., 2011); lo cual nos indica la gran cantidad de personas que dependen económicamente de esta bebida, el gran número de consumidores de café. Esto convierte al café en uno de los principales detonantes económicos de cuantiosos países.

La cadena de transformación del café inicia una vez que se realiza el corte del grano y finaliza con la transformación del café oro en café descafeinado, café tostado y café soluble. Sin embargo, durante esta cadena se generan grandes cantidades de subproductos (el 39.4% de pulpa y 21.6% corresponde al mucílago y el 10.4% de cascarilla). La pulpa del café y el mucílago son desechos semilíquidos que producen grandes cantidades de aguas residuales, con gran concentración de diversos microorganismos y materia orgánica (Orozco et al., 2013), que son tirados sin tratamientos hacia las fuentes naturales de aguas, provocando la destrucción de la flora y fauna de los ríos, por lo que es una fuente de riesgos a la salud, además de causar deterioro del medio ambiente; así como malos olores y pérdida del potencial para usos de las poblaciones cercanas (Pinto et al., 2014; Gil et al., 2011).

De acuerdo a estudios realizados, el 72% de las aguas contaminantes se genera por el beneficiado húmedo del café, lo que produce un valor de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 82.08 mg de $O_2 L^{-1}$ por cada kilogramo de café cereza despulpado y el 28% del resto de la contaminación que equivale a un valor de 31.92 mg de $O_2 L^{-1}$, es causado por las mieles de lavado (Ramírez et al., 2015).

Con la creciente demanda del café aumenta la cantidad de subproductos y el impacto en el medio ambiente (Navarro et al., 2017), esto hace necesario la implementación de alternativas para el uso de los desechos para evitar el impacto en el medio ambiente y hacer unos de estos para crear productos con valor agregado debido a que contienen grandes cantidades de azúcares fermentables los que constituyen fuentes y sustratos apropiados para hongos y levaduras, así como productores para enzimas, saborizantes, biocombustibles (bioetanol, biogás, biodiésel), ácidos clorogénicos, entre otros (Gil et al., 2011; Murthy y Naidu, 2012; Gualtieri et al., 2007).

El mucílago que recubre el endospermo, cuyo espesor es de 0.4 mm aproximadamente, es rico en pectinas y azúcares. Se genera en la etapa del desmucilaginado durante el beneficio húmedo, por cada 60 millones de kg de café oro, se generan 55 toneladas de mucílago fresco, lo que equivale a la contaminación fecal generada en un año por una población de 310,000 habitantes (Valencia et al., 2010). Esto convierte al mucílago del café, uno de los desechos más abundantes, por lo que actualmente está siendo estudiado para su uso, principalmente en la producción de bioetanol (Pérez-Sariñana et al., 2015), producción de hidrógeno (Hernández-Falcón et al., 2015), producción de proteína celular (Pérez et al., 2015) en la incorporación de la dieta de rumiantes (Pinto et al., 2014), así como la fabricación de abonos inorgánicos (Navarro et al., 2017).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el contenido de cafeína, ácidos clorogénicos y azúcares reductores con la finalidad de buscar la optimización en el aprovechamiento del mucilago del café resultado del beneficio húmedo con lo que se busca disminuir el impacto ambiental que este produce, y obtener una alternativa económica para los productores cafetaleros.

Materiales y métodos

El material vegetal se obtuvo directamente del beneficio húmedo de dos variedades de café una de *Coffea arabica* que fue caturra y una de *Coffea canephora* Robmex así como el injerto de caturra-Robmex, las cuales son utilizadas en la Finca La Laja de Huatusco, Veracruz.

Se cuantificaron las siguientes variables: Porcentaje de seis azúcares reductores, porcentaje de cafeína y porcentaje de ácidos clorogénicos en base seca del mucilago de café.

La preparación de las muestras para carbohidratos, se realizó una hidrólisis con HCl 1N. Para cafeína se hizo la extracción de la muestra con agua grado HPLC y MgO para la purificación de la muestra y se calentó por 5 minutos a una temperatura de 135°C en un termoreactor marca Hach DRB200; los ácidos clorogénicos se extrajeron de la muestra con agua grado HPLC, utilizando el termoreactor a 60°C por 20 minutos, para la cuantificación de carbohidratos y cafeína se realizaron curvas de calibración de los respectivos estándares por separado (Figuras 1 y 2).

Los carbohidratos (Figura 3) se analizaron en un HPLC marca Dionex modelo ICS3000 equipado con un detector electroquímico, columna CarboPac PA1 2×250 mm, utilizando un flujo isocrático de 0.5 mL min⁻¹ de agua grado HPLC como fase móvil, NaOH 300 mM para la reacción electroquímica postcolumna y una temperatura de horno de 30°C.

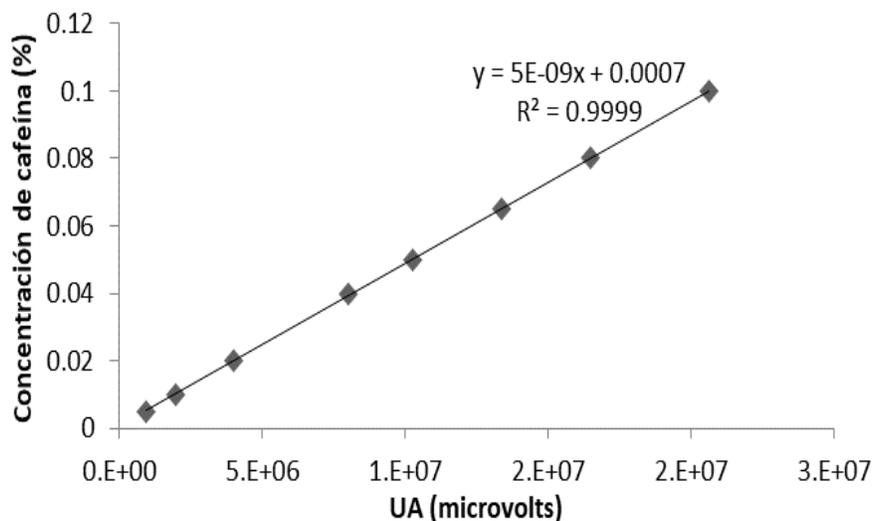


Figura 1. Curva de calibración del estándar de cafeína.

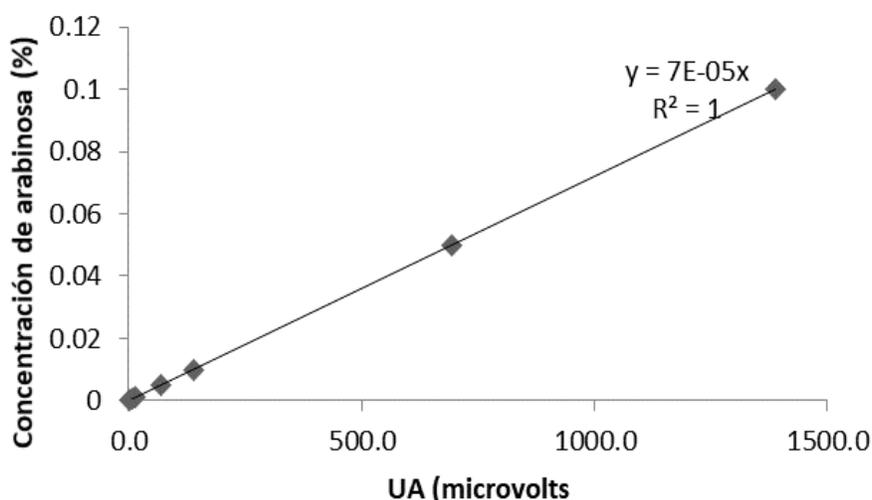


Figura 2. Curva de calibración del estándar de arabinosa.

Los ácidos clorogénicos se analizaron por HPLC-uv/vis, en un HPLC marca Dionex modelo ICS3000 equipado con un detector UV/vis a una longitud de onda de 310 nm con una fase móvil isocrática compuesta de 75% agua grado HPLC y 25% metanol acidificado al 1% con H_3PO_4 , con un flujo 1.0 mL min^{-1} , utilizando una columna Acclaim™ 120 C18 5 μm 4.6×150 mm, con una temperatura de horno de 30°C .

Mientras que la cafeína (Figura 4) se cuantifico, en un HPLC marca Dionex modelo ICS3000 equipado con un detector UV/vis a una longitud de onda de 272 nm con una fase móvil isocrática compuesta de 75% agua grado HPLC y 25% metanol acidificado con H_3PO_4 , a un flujo 1.5 mL min^{-1} , utilizando una columna Acclaim™ 120 C18 5 μm 4.6×150 mm, con una temperatura de horno de 35°C

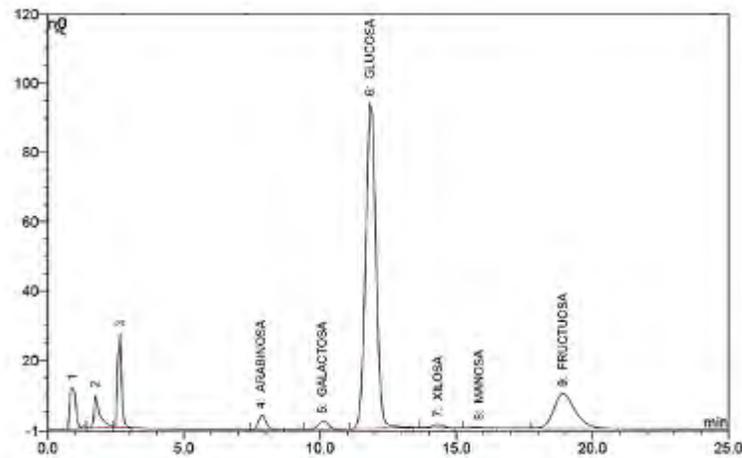


Figura 3. Cromatograma de azúcares reductores en mucílago de la variedad Caturra.

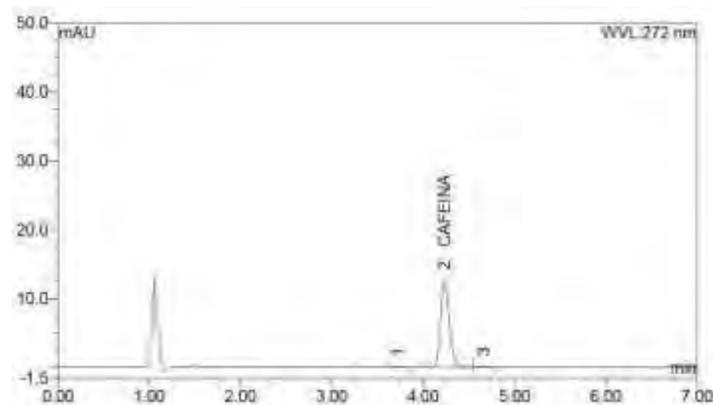


Figura 4. Cromatograma de cafeína en mucílago de la variedad Caturra.

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.1, con el cual se realizó un ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey ($P=0.05$).

Resultados y discusión

El contenido de cafeína en mucílago de café, presentó diferencias estadísticas significativas, la variedad Caturra presentó los niveles más altos de cafeína (0.36%), seguida por el injerto que es procedente de Caturra y Robmex (0.30%), mientras Robmex (0.24%) presentó los niveles más bajos (Figura 4).

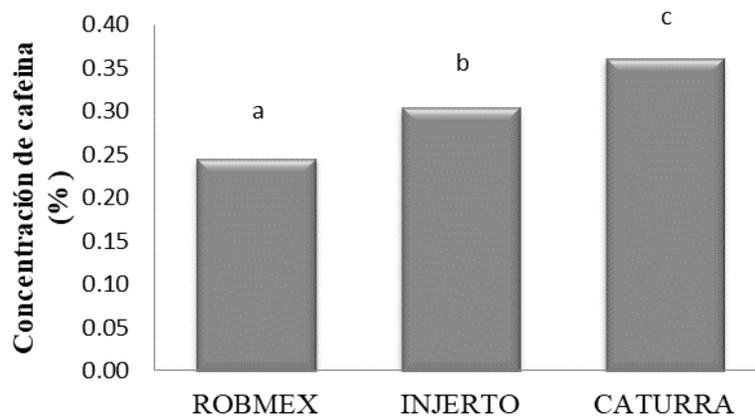


Figura 4. Concentración de cafeína en mucílago de tres materiales de café. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas.

Contrario a lo encontrado en los granos de café, en el mucílago se observaron las mayores concentraciones de cafeína en la variedad caturra y las menores en robusta, mientras que las concentraciones son variables en el grano (0.6 a 1.7%). Adicionalmente, Tango y Texeira (1961) y Wellman (1961), reportan valores de cafeína en Caturra del 1.2 al 1.4%, similar a lo reportado por Castillo y Parra (1973), la concentración de cafeína en mucílago es una variable a considerar sobre todo debido a su función fungicida la cual ha sido reportada por Prabhuji et al. (1983) y recientemente por Li et al. (2016) y que podría influir en el crecimiento de organismos utilizados en el aprovechamiento del mismo.

En cuanto a los carbohidratos (Figura 5), la arabinosa, presentó diferencias significativas, siendo Robmex la que presentó los niveles más altos (1.98%), con respecto a los otros materiales: injerto (1.4%) y Caturra (1.34%); mismo efecto se encontró en las concentraciones de galactosa, donde Robmex fue significativamente mayor (1.23%), con respecto al injerto (0.69%) y caturra (1.34%). Respecto a glucosa se encontró la mayor concentración en caturra (34.11%) y la menor en Robmex (27.0%). Por el contrario, en la xilosa la mayor concentración se presentó en Robmex (0.43%) y en el injerto la menor concentración (0.28%). La concentración de manosa se comportó de forma similar a la xilosa con la mayor concentración en Robmex (0.14%) y la menor en el injerto (0.11%).

Se encontró que el contenido de carbohidratos en base seca de acuerdo a la variedad fueron en rangos que van del 44.23 al 51.97%, valores muy cercanos a los encontrados por Puerta y Ríos (2014) cuyos valores encontrados de carbohidratos en base seca varía del 48.01 al 79.48%, de los cuales el 63% están conformados por azúcares reductores.

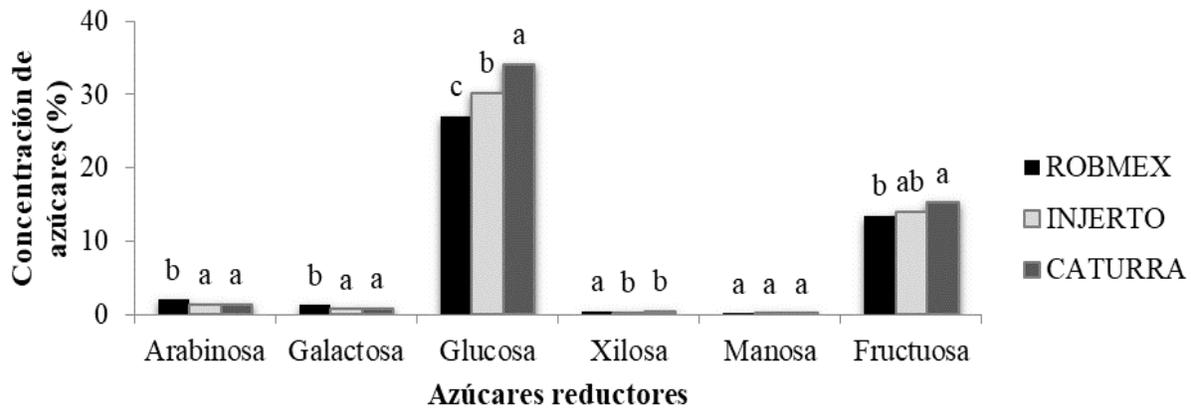


Figura 5. Concentración de azúcares reductores en mucílago de tres materiales de café. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas.

Los contenidos de azúcares reductores como la arabinosa, galactosa, xilosa y manosa se presentan en mayor concentración en la variedad robusta y la mayor concentración de glucosa y fructuosa en arábica, coincidiendo con lo reportado por Rogers et al. (1999) en granos, esto podría ser a causa de que el café arábica contiene mayor acidez en café verde y tostado que el robusta (Ramalakshmi et al., 2007), fomentando esta acidez que los polisacáridos como la sacarosa, se descompongan en azúcares reductores como la glucosa y fructuosa (Avallone et al., 2000).

Algunos estudios sobre la producción de proteína unicelular, encontraron que a mayor concentración de azúcares reductores totales influye positivamente en la producción de proteína unicelular, otros estudios han observado que, durante las fermentaciones, la glucosa y los monosacáridos son consumidos y fermentados por levaduras y bacterias propiciando la producción de biocombustibles (Peréz-Sariñana et al., 2015).

Con relación al contenido de ácidos clorogénicos, no hubo presencia en el mucílago analizado, podrían no ser parte de la composición del mucílago, dado que no hay información bibliográfica reportada.

Conclusiones

Al ser uno de los contaminantes del medio ambiente que carece de valor económico, el mucilago del café es una opción redituable para la producción de biocombustibles, proteína unicelular entre otros, siendo para este fin el mucilago de la variedad caturra la más recomendable debido a su mayor concentración de glucosa y fructuosa, sin embargo, debido a su mayor cantidad de cafeína es necesario más estudios.

Literatura citada

Avallone, S., Guiraud, J. P., Guyot, B., Olguin P. E. and Brillouet, J. M. 2000. Polysaccharide constituents of coffee-bean mucilage. *Journal of Food Science* 65(8):1308-1311.

Castillo, J. y Parra, J. 1973. Exploración en el contenido de cafeína, grasas y sólidos en 113 introducciones de café. *CENICAFE* 1(24):3-22.

Gil, X., Rueda, M., Salazar, L., Tolosa, W. y Serrano, H. A. V. 2015. Tratamiento de mucílago del café mediante inóculo a base del agua residual. *Innovando en la U* 2(2):1-5.

Gualtieri, M. J., Villalta, C., Díaz, L. E., Medina, G., Lapenna, E., y Rondón, M. E. 2007. Producción de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* usando residuos de pulpa de *Coffea arabica* L. *Rev. Inst. Nac. Hig.* 38(2):31-37.

Hernández-Falcón, D. O., E. Ledea-Lozano, L. A. Fernández-García y E. González-García. 2015. Validación de un método cromatográfico para la determinación de cafeína en muestras acuosas de la industria farmacéutica. *Revista Cubana de Farmacia* 49(2):219-231.

Li, X., Ahammed, G. J., Li, Z., Tang, M., Yan, P. and Han, W. 2016. Decreased biosynthesis of jasmonic acid via lipoxygenase pathway compromised caffeine-induced resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* under elevated CO₂ in tea seedlings. *Phytopathology* 106(11):1270-1277.

Murthy, P. S. and Naidu, M. M. 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition. A review. *Resources, Conservation and Recycling* (66):45-58.

Navarro, S. L. B., Castillo, B. y López, A. L. 2017. Validación del mucílago de café para la producción de etanol y abono orgánico. *Revista Científica El Higo* 3(1):10-13.

Oliveira, A., G. Paludo, I. Santana, H. R. Bizzo, L. M. C. Cabral and S. P. Freitas. 2011. Determination of total phenolic compounds present in instant coffee grounds. *Embrapa Agroindústria de Alimentos* 1-4.

Orozco, L. F., Castro-Ríos, K. y Ocampo, G. T. 2013. Reducción de la demanda química de oxígeno, coliformes, mohos y levaduras en mucílago de café mediante electrocoagulación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 4(1):13-19.

Pérez, L. E. R., Torres, C. L., Rodríguez, C. N. y Vásquez, C. B. B. 2015. Influencia de la concentración de azúcares reductores totales de "cáscara" de *Coffea arabica* L. en la producción de proteína unicelular de *Candida utilis* var. major. *Arnaldoa* 20(2):445-456.

Pérez-Sariñana, B. Y., De León-Rodríguez, A., Saldaña-Trinidad, S. and Joseph, S. P. 2015. Optimization of bioethanol production from coffee mucilage. *BioResources* 10(3):4326-4338.

- Pinto, R. R., Medina, J. A., Medina, F. J., Guevara, F., Gómez, H., Ley, A. et al. 2014. Sustitución de melaza por mucílago de café (*Coffea arabica* L.) en bloques nutricionales para rumiantes. Archivos de Zootecnia 63(241):65-71.
- Prabhuji, S. K., Srivastava, G. C., Rizvi, S. J. H. and Mathur, S. N. 1983. 1, 3, 7-Trimethylxanthine (caffeine): a new natural fish fungicide. Cellular and Molecular Life Sciences 39(2):177-179.
- Puerta, G. y Ríos, S. 2014. Composición química del mucílago de café según el tiempo de fermentación y refrigeración. CENICAFÉ 62(2):23-40.
- Ramalakshmi, K., Kubra, I. R. and Rao, L. J. M. 2007. Physicochemical characteristics of green coffee: comparison of graded and defective beans. Journal of Food Science 72(5):S333-S337.
- Ramírez, C., Oliveros, C. y Sanz, J. 2015. Manejo de lixiviados y aguas de lavado en el proceso de beneficio húmedo del café. CENICAFÉ 66(1):46-60.
- Rogers, W. J., Michaux, S., Bastin, M. and Bucheli, P. 1999. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. Plant Science 149(2):115-123.
- Valencia, R. N. y D. A. Zambrano Franco. 2010. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. Avances Técnicos 393. CENICAFÉ. Gerencia Técnica. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café.
- Wellman, F. L. 1961. Coffee botany cultivation and utilization. Leonard. London. 488 p.
- Tango, J. S. y Texeira, C. G. 1961. Observaciones sobre el tenor de cafeína en pregenies seleccionadas de café. Bol. Supt. Serv. Café. Sao Paulo 36(416):6-10.

CRECIMIENTO DEL CAFETO EN VIVERO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SOMBRA, SUSTRATO Y CONTENEDORES EN HUATUSCO, VERACRUZ

Dalia Reyes-Landa^{9*}, Esteban Escamilla-Prado¹⁰, Gustavo Mercado-Mancera¹¹ y Robledo-Martínez José Domingo¹⁰

Resumen

La cafeticultura en México representa una actividad agrícola importante debido a las divisas que genera, sin embargo, este sector atraviesa una fuerte crisis originada por la presencia de plagas y enfermedades que afectan el manejo y la producción del aromático. Ante esta problemática, SAGARPA realiza Diagnósticos para ubicar la problemática real. Con ello se determinó que los cafetales viejos son el principal problema a cubrir a corto plazo. Por lo cual se diseñaron y establecieron viveros tecnificados que cambian el color de malla sombra, de negra a roja; sustrato, de suelo a peat moss y agrolita; contenedores, de bolsas a charolas, proponiendo un nuevo modelo de estos factores. Se establecieron varios de éstos viveros tecnificados en varios Estados de la República Mexicana, sin embargo, la propuesta no es bien acogida por los productores, es por ello que este trabajo buscó evaluar el comportamiento de la variedad Geisha ante diferentes condiciones de colores de malla sombra (Aluminizada, Gris, Azul, Negra, Roja y Perla), de tamaño de contenedor (charolas con cavidades de capacidad: 170, 220, y 400 ml), colores de contenedor (rojo, negro, azul, y amarillo) y dos mezclas de sustratos (S1: Peat moss, agrolita, PSD, micorrizas y lombricomposta, S2: Suelo, PSD, micorrizas y lombricomposta). Se tuvieron 5 variables de respuesta: altura de planta, diámetro del tallo, presencia de pares de hojas, peso en materia fresca y peso en materia seca. Para la mayoría de estas, excepto altura de planta, la malla sombra perla presentó los valores más altos. La malla sombra roja es la que presenta las plantas con mayor altura. El tamaño de contenedor con cavidad grande (400 mL) es el que presentó los valores más positivos en todas las variables de respuesta. Los colores de contenedor no presentaron ningún efecto en las variables y la mezcla de sustrato S1 fue la que presenta superioridad en las variables evaluadas.

⁹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Licenciatura Ing. Agrícola. *daliareyes.unam@gmail.com

¹⁰ Universidad Autónoma Chapingo, CRUO

¹¹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Depto. de Ciencias Agrícolas.

Palabras clave: cafeto, vivero, colores malla sombra, colores, contenedor, sustrato, peat moss, lombricomposta

Introducción

La cafecultura en México representa una importante actividad económica, ya que se comercializa en el mercado internacional y en exportaciones en México alcanza 897 millones de dólares al año, cifra sólo superada por el petróleo, en lo que se refiere a exportaciones de materia prima (Escamilla et al., 2014). Desde 1998, el sector cafetalero nacional enfrenta una crisis relacionada con la caída de los precios en el mercado internacional por la sobreproducción mundial (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2001). La crisis mundial del café ha repercutido en las regiones cafetaleras mexicanas, donde se observan problemas tales como: aumento de la migración, impacto ambiental por la tala de cafetales para cambio de cultivo, pérdida de empleos, abandono de las plantaciones y alta incidencia de plagas y enfermedades que afectan la calidad y rendimiento del grano (Aragón, 2006). Entre las enfermedades de mayor importancia económica en el cultivo de café se encuentran: la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*) nematodos (*Meloidogyne* spp; *Pratylenchus* sp.) la broca del fruto (*Hypothenemus hampei*) y la roya (*Hemileia vastatrix*). Esta última ha tomado importancia, ya que el sector cafetalero se ha visto amenazado por este hongo que ataca a las hojas de los cafetos, afectando los niveles de producción, ya que se estima que, en el 2013, en México dejó pérdidas que ascienden a 60 millones de dólares (Pérez et al., 2014). La renovación de cafetales se hace necesaria ante el panorama de cafetales defoliados que dejó esta enfermedad y aunado a esto, la innovación en el establecimiento de viveros para la producción de plantas de calidad para el establecimiento de plantaciones sanas, vigorosas, y que con un buen manejo sean capaces de producir altos rendimientos. Es por ello que en este trabajo se busca comparar el efecto de seis diferentes colores de sombra, dos diferentes mezclas de sustratos, tres diferentes capacidades de contenedores, y cuatro diferentes colores en contenedores, sobre el crecimiento de plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero en Huatusco, Veracruz, para ofrecer recomendaciones en el manejo de la producción de plántulas.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro Regional Universitario de Oriente, ubicado en el municipio de Huatusco, Ver. (LN: 19°08'48", LO: 96°57'00", altitud: 1,344 m; Robledo, 2014).

La zona de estudio se caracteriza por tener clima templado húmedo con la fórmula climática C(m)''b(i)'g, con una temperatura media anual de 17.12°C, el mes más caliente es mayo con 25.8°C y el mes más frío es enero con 19.2°C (Servicio Meteorológico Nacional, 2010). El diseño experimental es un factorial con los tratamientos distribuidos en bloques completos. Los bloques corresponden al color de la malla sombra, que incluyen los factores color de contenedor, factor sustrato, factor tamaño de contenedor. El establecimiento del experimento inició en septiembre de 2015 con aplanado del terreno con maquinaria pesada y después se realizó la instalación de los módulos. Luego se colocaron las mallas sombra de manera aleatoria. Se prosiguió a la colocación de las mesas, con sus respectivos perfiles. Ya establecidos los módulos experimentales, se elaboraron las mezclas de sustratos a evaluar:

a) Mezcla de sustrato 1: 22.58% de Peat Moss + 11.67% de Agrolita + 63.3% de lombricomposta + 0.97% de micorriza o Peat coffee + 1.45% de PSD.

b) Mezcla de sustrato 2: 61% de tierra + 36.5% de lombricomposta + 1.45% de PSD + 0.97% de Peat coffee. Para esta mezcla se realizó una desinfección con agua caliente a una temperatura aproximada de 100°C, debido a la posible existencia de nematodos.

Los contenedores hidropónicos evaluados fueron de tres tamaños de cavidad (170, 240 y 400 mL) dentro de cuatro colores de contenedor: rojo, amarillo, negro y azul. El material vegetal empleado fue de la variedad Geisha. El diseño experimental fue en bloques completos con arreglo factorial. En junio de 2016 Se evaluaron las variables de respuesta: altura de la planta al ápice, diámetro del cuello de la raíz, y número de pares de hojas y peso de materia en base seca. Se realizaron los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias de Tukey, a una significancia del 0.05 y 0.01, para todas las variables. Se utilizó el programa IBM SPSS STATISTICS 22.

Resultados y discusión

El color de malla sombra tuvo una diferencia estadística altamente significativa, y el tratamiento que presentó mayor altura de planta fue la malla sombra de color rojo con 29.85 cm. El tamaño de contenedor fue altamente significativo para la altura de la planta. Las plantas presentaron mayor altura (32.21 cm) en los contenedores de 400 mL. Con respecto a las mezclas de sustrato las plantas colocadas en el sustrato1 (S1) presentaron una altura promedio de 29.11 cm, significativamente mayor a los 26.34 cm obtenidos en la mezcla de sustrato 2 (S2) (Cuadro 1).

Las plantas que crecieron bajo la malla sombra perla, presentaron mayor diámetro del tallo con 3.3 mm. Por otra parte, las charolas con cavidad de 400 mL favorecieron un mejor desarrollo del tallo, significativamente mayor a los otros tratamientos. La mezcla de sustrato

1, al igual que en la altura de la planta, favoreció significativamente el crecimiento del diámetro del tallo con valor promedio de 3.17 mm.

Para la presencia de pares de hojas, estas muestran una diferencia estadística altamente significativa, el color de malla sombra es el que presenta mayor número de pares de hojas, con un promedio de 6.7. El tamaño de contenedor grande (400 mL) presentó un mayor número de pares de hojas con 7.1 en promedio. Las mezclas de sustrato mostraron una diferencia significativa en la presencia de pares de hojas, con 6.62 de la mezcla de sustrato 1 contra un 6.46 en promedio para la mezcla de sustrato 2.

Cuadro 1. Resultados ANOVA de manera condensada

Variables	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Pares de hojas	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
Malla sombra	** Roja (29.85 cm)	** Perla (3.3 mm)	** Perla (6.7)	** Perla (12.3 g)	** Perla (3.3 g)
Tamaño de contenedor	** Grande (32.21 cm)	** Grande (3.3 mm)	** Grande (7.1)	** Grande (13.7 g)	** Grande (3.5 g)
Color de contenedor	NS	NS	NS	NS	NS
Sustrato	** S1 (29.11 cm)	** S1 (3.17 mm)	** S1 (6.62)	* S1 (11.5 g)	* S1 (2.78 g)

El efecto del color de la malla sombra sobre el peso de materia en base seca de toda la planta, presentó un alto valor significativo, y la malla con plantas de mayor peso en promedio fue la de color perla con 3.3 g. El tamaño de contenedor para el peso de materia en base seca también fue altamente significativo, ya que las plantas del contenedor con la cavidad de 400 mL presentaron un peso de 3.51 g. Los sustratos evaluados mostraron diferencias en el peso de materia en base seca con 2.78 g para la mezcla del sustrato 1 y 2.47 g para la mezcla de sustrato 2. El color de contenedor no tuvo influencia para ninguna de las variables evaluadas.

La mayor altura de planta presentada en la malla sombra de color rojo es debida a que la luz roja favorece la absorción de luz por los carotenoides que acompañan a la clorofila en las membranas cloroplásticas, elementos importantes en el proceso fotosintético, que generan una mayor expresión fenotípica. Para el tamaño de contenedor, un tamaño mayor, permiten una mayor reserva de humedad y nutrimentos que están disponibles para la planta, a la vez que permite un mejor desarrollo de raíz, esto permite una mejor respuesta en todas las variables evaluadas. Los valores presentados para la mezcla de sustrato 1 son superiores significativamente lo que se debe al desarrollo radicular, que a su vez se ve influenciado por la porosidad y características físicas del sustrato.

El diámetro del tallo que se ve favorecido en la malla sombra perla es debido a la difusión que hay de luz y las plantas no entran en competencia lumínica, lo que permite un mejor desarrollo del tallo. Condición que también favorece la presencia de pares de hojas, y peso de materia en base seca.

Conclusiones

1. El crecimiento de las plantas de café en la etapa de vivero está influenciado por el color de la malla sombra, sustrato y volumen del contenedor.
2. Para las variables de respuesta: diámetro de tallo, pares de hojas, peso de materia en base fresca y en base seca, la malla sombra perla presentó los mayores valores; en la altura de las plantas la malla sombra roja fue superior, en la zona de Huatusco, Veracruz.
3. El tamaño del contenedor que presentó los valores más positivos en todas las variables de respuesta fue el grande, con capacidad de 400 mL.
4. La mezcla de sustrato 1 (22.58% de Peat Moss + 11.67% de Agrolita + 63.3% de lombricomposta + 0.97% de micorriza o Peat coffee + 1.45% de PSD) muestra superioridad en las variables evaluadas.

Agradecimientos

Al Centro Regional Universitario de Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo, así como al Centro Nacional de Investigación Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café.

Literatura citada

- Aragón, G. C. 2006. Cafecultura, inequidad y pobreza. Productores indígenas de café de la sierra nororiente de Puebla. Problemas y alternativas. CONACYT. Colegio de Posgraduados
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. 2001. El mercado del café en México. En: www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefpcefp0542001.pdf [consultado el 14 de julio de 2015].
- Escamilla, P. E., G. Castillo P. y S. Díaz C. 2014. Veracruz, agricultura e historia. Aspectos agroecológicos del café en Veracruz.

Pérez, L. H., F. C. Gómez M., L. I. Trejo T., S. García, M. and Y. Rivera O. 2014 Agricultural lignocellulosic waste and volcanic rock combinations differentially affect seed germination and growth of pepper (*Capsicum annum* L.). *BioResources* 9(3):3977-3992.

Robledo, L. P. 2014. Evaluación de biofertilizantes y mejoradores de suelo en la propagación de café (*Coffea arabica* L.) var. Blue Mountain, en Huatusco, Veracruz. Universidad Autónoma Chapingo.

SPSS. (2013) SPSS for Windows, Versión 22.0 ED. SSPS INC., Chicago (USA).

Servicio Meteorológico Nacional. 2010. SMN-Veracruz. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=164&tmpl=component [consultado el 1 de junio de 2015].

CISNE F2016: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) DE GLUTEN FUERTE PARA EL BAJÍO, MÉXICO

Ernesto Solís Moya^{12*}, Lourdes Ledesma Ramírez¹², Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹³, Aquilino Ramírez Ramírez¹², Oscar Arath Grageda Cabrera y María del Pilar Suaste Franco

Resumen

La variedad Cisne F2016 fue desarrollada en el Campo Experimental Bajío, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Su pedigrí e historial de selección es Diamante/Monarca, TR09CS113-8C-0R-0C-4RSE-0C. Fue obtenida a través de una cruce simple realizada en el ciclo otoño-invierno 2008-09. En las generaciones segregantes se realizó selección individual en F2 y masales de F3 a F5; en la generación F6 se derivó la línea que dio lugar a la nueva variedad y en los ciclos de 2012-13 a 2015-16 se evaluó en ensayos de rendimiento en diferentes localidades de El Bajío. El rendimiento de Cisne F2016 supera al de las variedades Luminaria F2012, Cortazar S94, Maya S2007, Urbina S2007 y Alondra F2014 con 64.8, 36.9, 28.7 y 19.0%, respectivamente; además es resistente a roya lineal amarilla y a roya de la hoja y de alta calidad industrial. La semilla de Cisne F2016 está disponible en el Campo Experimental Bajío desde julio de 2017.

Palabras clave: roya amarilla, calidad industrial, gluten fuerte, rendimiento

Introducción

En la región El Bajío, el trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo más importante en el ciclo otoño-invierno. En 1985 se estableció una superficie récord con 225,833 ha; actualmente se siembran 138,732 ha, en las que se obtiene un rendimiento medio de 5.5 t ha⁻¹ (SIAP, 2016). El problema principal de la región es la roya lineal amarilla, que en variedades susceptibles puede disminuir el rendimiento de grano hasta en 70%. En los últimos dos años han surgido nuevas razas de esta enfermedad (CEVAMEX14.25, MEX14.141 y MEX14.146), que atacan en etapas tempranas del cultivo (encañe), lo que puede incrementar las pérdidas en

¹²Campo Experimental Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 38000, Celaya Gto., México.

¹³Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Km 13.5, Carretera Los Reyes-Texcoco, 56250, Coatlinchán, Texcoco, Edo. de Méx., México

*solis.ernesto@inifap.gob.mx.

rendimiento si se siembran variedades susceptibles y no se controla con fungicidas (Solís et al., 2016). En los últimos 20 años, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través de su Programa de Mejoramiento de Trigo para El Bajío, ha liberado siete variedades de trigo harinero resistentes a roya lineal amarilla; sin embargo, debido al constante surgimiento de nuevas razas, sólo dos de ellas se mantienen como resistentes (Maya S2007 y Alondra F2014). Ante esta problemática, el INIFAP liberó en 2016 la nueva variedad de trigo harinero Cisne F2016, la cual es resistente a roya lineal amarilla y roya de la hoja, y supera el rendimiento de Cortazar S94 en 36.9%.

De acuerdo con la Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas vigente en México, y después de haber reunido los requisitos que marca la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), la variedad Cisne F2016 fue inscrita y protegida en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) con el número 3380-TRI-149-210916/C.

A continuación, se presenta el origen de la variedad, sus características fenotípicas y su comportamiento agronómico en comparación con el de las variedades de referencia.

Materiales y métodos

La variedad de trigo harinero Cisne F2016 fue obtenida en el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del Campo Experimental Bajío por hibridación, mediante una cruce simple entre los genotipos Diamante y Monarca; posteriormente se realizó la selección hacia homocigosis a través del método masal modificado.

La cruce simple entre sus dos progenitores se realizó en el ciclo OI 2008-09 en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) y se identificó con el número TR09CS113. La generación F1 se cosechó masalmente en Celaya, Gto., durante el ciclo OI 2009-10. En la F2, la planta reconocida como 8C se trilló en forma individual en Texcoco Edo. de Méx. durante el ciclo PV 2010; la F3 se cosechó masalmente en Celaya, Gto., en el ciclo OI 2010-11; la F4 se cosechó masalmente en Texcoco Edo. de Méx. en el ciclo PV 2011. La generación F5 se sembró en Celaya, Gto., en el ciclo 2011-12 y se aplicó selección por espiga en las familias seleccionadas; en este caso, la espiga identificada como 4RSE se avanzó como línea F6. La generación F6 se cosechó masalmente al no haber encontrado diferencias fenotípicas apreciables en Texcoco Edo. de Méx., en el ciclo PV 2012. A partir del ciclo 2012-13 se empezó a evaluar en ensayos de rendimiento en el CEBAJ, y en los ciclos 2013-14, 2014-15 y 2015-16 en diferentes localidades de la región de El Bajío. La historia de selección de la nueva variedad es TR09CS113-8C-0R-0C-4RSE-0C.

Resultados y discusión

La variedad Cisne F2016 es de hábito de crecimiento de primavera, semienana, de 98 cm de altura; su ciclo vegetativo es precoz, con 76 días a floración y 132 días a madurez fisiológica. La espiga es de color blanco, piramidal, densidad laxa y barbada. Las glumas son de color blanco, de ancho estrecho, la forma del hombro es recto, la longitud del pico es media y de forma ligeramente curva. El grano es de color blanco, con reacción al fenol tenue.

Cisne F2016, posee los genes de resistencia Lr1, Lr10, Lr16, Lr17 y Lr23 que son de raza específica. Lr1 se postuló por la respuesta a la infección con las razas BBG/BN, CBJ/QL y CBJ/QB, y muestra su tipo de infección "0", característico cuando este gen es efectivo (McIntosh et al., 1995). Este gen también ha sido identificado en Maya (Solís et al. 2008a) y Urbina S2007 (Solís et al. 2008b). Lr10 se postuló por su respuesta a las razas CBJ/QB y TCB/TD. La presencia de Lr10 en Cisne F2016 le confiere resistencia a la raza TCB/TD, una de las más comunes hasta 1994 (Huerta y Singh, 1996). Lr10 es uno de los genes presentes tanto en especies de trigos duros con genoma AABB y harineros con genoma AABBDD. En variedades de El Bajío se ha postulado en Eneida F94, Bárcenas S2002, Maya S2007 y Josecha F2007 (Solís et al. 2013). Las variedades que en planta adulta sólo lo expresan la resistencia de Lr16 son moderadamente resistentes a las razas MCJ/SP y CCJ/SP (Huerta-Espino y Singh, 1996), aún cuando en plántula Lr16 presenta un tipo de infección que va de 1 a 1+. Sin embargo, existe virulencia para este gen en estado de plántula en la raza MGB/SM presente en 1989 (Singh, 1991) y en muy baja frecuencia en 1993 y 1994 (Huerta-Espino y Singh, 1995). Se postuló el gen Lr17 con la ayuda de las razas BBB/BB, BBB/BN, TCB/TD y MFB/SP. El gen Lr17 le confiere a Cisne F2016 resistencia a las razas MFB/SP y TCB/TD; sin embargo, es susceptible a las razas TBD/TM, MCJ/SP y MBJ/SP.

En las variedades de trigo liberadas para El Bajío, Lr17 se ha postulado en Cortazar S94 (Solís et al. 2013), y Luminaria F2012 (Solís et al. 2014). Lr23 se postuló por el tipo de infección Fleck (:), como un pequeño punto clorótico o necrótico del tamaño de la punta de un alfiler, y es consecuencia de la muerte de una célula en respuesta a la infección del hongo de la raza MCJ/QM. El gen Lr23 ha sido uno de los más comunes en las variedades que se han cultivado en áreas de temporal en México (Huerta y Singh, 2000). También se postuló en las variedades de riego para El Bajío: Urbina S2007 y Josecha F2007 (Solís et al. 2013). Además, Cisne F2016, es heterogénea para el gen de resistencia Lr24 identificado por su respuesta a la raza MFB/SP, el cual proviene de su progenitor 'Diamante'; este gen permanece efectivo en contra de las demás razas usadas en la evaluación.

En el ciclo primavera verano en Celaya, Gto., en planta adulta, la severidad máxima en hoja bandera de Cisne F2016 es de 10%, en respuesta a inoculaciones artificiales con las razas MCJ/SP y MBJ/SP, a las cuales Cisne F2016 es susceptible en estado de plántula. El nivel

máximo de infección en la hoja bandera en el invernadero en Santa Lucía, Texcoco, Edo. de Méx., fue de 1R y Fleck (;) en respuesta a las razas MBJ/SP Y MCJ/SP respectivamente. Cisne F2016, además de los genes de plántula efectivos en planta adulta, presenta genes de efecto aditivo entre los que destacan Lr68, por lo que su resistencia de campo se basa en por lo menos tres genes de resistencia de planta adulta (Singh et al., 2001). Estos genes de planta adulta son de efectos aditivos y confieren resistencia por desarrollo lento de la roya (Singh et al., 2001) a la roya de la hoja; este tipo de resistencia es efectiva en contra de todas las razas que existen en México y otras partes del mundo donde se cultiva el trigo y protege en contra de las epifitias de roya hasta en 84% (Singh y Huerta-Espino, 1997).

Cisne F2016 es resistente en estado de plántula en contra de los aislamientos de roya lineal amarilla CEVAMEX14.25, MEX14.141 y MEX14.146 identificados en el año 2014. Estos aislamientos fueron los responsables de vencer la resistencia de Luminaria F2012 y de Nana F2007, y combinan virulencia para los genes de Yr2, Yr3, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr17, Yr27 y Yr31, entre otros. En pruebas realizadas durante tres ciclos en planta adulta, mostró mayor resistencia a roya lineal amarilla (10% de severidad) que cualquiera de las variedades sembradas en la región. Esta respuesta indica que el tipo de resistencia de Cisne F2016 se basa en genes de efectos menores, los cuales no son de raza específica y confieren resistencia en contra de todas las razas.

Los rendimientos obtenidos en fechas de siembra evaluados en los ciclos 2013-14, 2014-15 y 2015-16 mostraron que la nueva variedad Cisne F2016 superó a Eneida F94 hasta con 94.8% y a las variedades Luminaria F2012, Cortazar S94, Maya S2007, Urbina S2007 y Alondra F2014 con 64.8, 36.9, 28.7 y 19.0%, respectivamente. En la mejor fecha siembra (1 de diciembre) obtuvo 7,840 kg ha⁻¹ y en la siembra de más bajo rendimiento (15 de enero), registró rendimientos superiores a 6 t ha⁻¹. En evaluaciones bajo riego restringido, con dos riegos obtuvo rendimiento de 5,842 kg ha⁻¹, superior en 1% a la variedad comercial de mayor potencial de rendimiento (Alondra F2014) y en 17% a la variedad Cortazar S94, la más extensamente sembrada en El Bajío. Con tres riegos obtuvo un rendimiento de 7,202 kg ha⁻¹, 8 y 14% superior a Alondra F2014 y Cortazar S94, respectivamente. Cisne F2016 se evaluó en 10 localidades de El Bajío en los ciclos 2013-14, 2014-15 y 2015-16; en estas pruebas superó el rendimiento de Urbina S2007, Bárcenas S2002, Cortazar S94, Alondra F2014, Maya S2007, Salamanca S75 y Luminaria F2012, en 3.7, 4.6, 4.9, 9.4, 10.2, 12.8 y 16.8%, respectivamente.

La nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte Cisne F2016 producida en condiciones de riego supera en al menos 3.1 unidades el peso hectolítrico de las variedades testigo Eneida F94 y Luminaria F2012, y en casi 4 unidades el nivel mínimo de peso hectolítrico requerido para el trigo harinero del Grupo 1, en el máximo grado de calidad México 1 (DGN, 1996). El índice de perlado promedio de la nueva variedad producida en condiciones de riego

es de 40%, representativo de la clasificación de los trigos semi-duros, generalmente de gluten fuerte. La dureza del grano de la nueva variedad, es similar a la de los testigos Eneida F94 y Luminaria F2012 (41%, en ambos casos). El nivel de proteína del grano de Cisne F2016 producido en condiciones de riego (12%) es aceptable para su uso en la industria de la panificación, aunque inferior en 0.5 a 1.0 puntos porcentuales, respecto al porcentaje de este componente, presente en las variedades testigo Luminaria F2012 y Eneida F94, respectivamente. El índice de sedimentación de Cisne F2016 producida en condiciones de riego (53 cc), corresponde al de una variedad de gluten fuerte, y es semejante a los de las variedades testigo Eneida F94 y Luminaria F2012 (51 y 52 cc, respectivamente).

La nueva variedad Cisne F2016 producida en condiciones de riego presenta una alta fuerza de gluten ($467 \text{ W} \times 10^{-4} \text{ J}$), característica de los trigos de gluten fuerte. La fuerza de gluten de esta nueva variedad es menor al de las variedades testigo de gluten fuerte Eneida F94 y Luminaria F2012 (524 y $547 \text{ W} \times 10^{-4} \text{ J}$, respectivamente), aptas para su uso en la industria de la panificación mecanizada. El gluten de la nueva variedad tiene una tenacidad comparable a la de la variedad testigo Eneida F94, pero es considerablemente menos tenaz que la variedad testigo Luminaria F2012 ($T/L= 1.8$ y 3.2 , respectivamente). Aunque el gluten fuerte de Cisne F2016 es ligeramente tenaz, permite obtener volúmenes de pan superiores (700 cc) a los de la variedad Luminaria F2012 (681 cc) y sólo ligeramente menores a los obtenidos con la variedad testigo Eneida F94 (759 cc). La miga presenta muy buen color, incluso superior al de las variedades testigo Eneida F94 y Luminaria F2012. La nueva variedad Cisne F2016 presenta las gluteninas de alto peso molecular 2* asociadas al genoma A, 17+18 asociadas al genoma B y 5+10 asociadas al genoma D, que se encuentran relacionadas con altas fuerzas del gluten y elevados volúmenes de sedimentación.

Conclusiones

Por sus características de alto rendimiento, resistencia a roya lineal amarilla y de la hoja, además por su precocidad y alta calidad industrial, la nueva variedad de trigo Cisne F2016 es la mejor alternativa de siembra de trigos de gluten fuerte en la región de El Bajío, México.

Literatura citada

- DGN (Dirección General de Normas). 1996. Norma Mexicana NMX-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados. Cereales. Trigo. (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. México, D. F. 11 p.
- Huerta, E. J. and R. P. Singh. 1996. Misconceptions on the durability of some adult leaf rust resistance genes in wheat. p. 109-111. In: Kema, G. H. J., R. E. Nicks and R. A. Daamen (eds.). Proceedings of the 9th European and Mediterranean Cereal Rust and Powdery Mildews Conference. Lunteren, The Netherlands.
- Huerta, E. J. y R. P. Singh. 1995. Identificación de razas fisiológicas de la roya de la hoja del trigo. Reporte técnico. CIMMYT-CIRNO. Cd. Obregón, Son., México. 65 p.
- Huerta, E. J. y R. P. Singh. 2000. Las royas del trigo. p. 231-249. In: Villaseñor, M. H. E. y E. Espitia R. E. (eds.). El trigo de temporal en México. Libro Técnico Núm. 1. SAGAR. INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo. de Méx., México.
- McIntosh, R. A., C. R. Wellings and F. F. Park. 1995. Wheat rust: An atlas of resistance genes. CSIRO Publications. East Melbourne, Australia. 205 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. SAGARPA. México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do?jsessionid=5DE9B4D757D02357A10D537B6766BEA7 [consultado el 6 de enero de 2017].
- Singh, R. P. 1991. Pathogenicity variation of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. graminis* f. sp. *tritici* in wheat- growing areas of Mexico during 1988 and 1989. *Plant Dis.* 75:790-794.
- Singh, R. P. and J. Huerta-Espino. 1997. Effect of leaf rust resistance gene Lr34 on grain yield and agronomic traits of spring wheat. *Crop Sci.* 37:390-395.
- Singh, R. P., J. Huerta-Espino and M. William. 2001. Slow rusting genes based resistance to leaf and yellow rusts in wheat: Genetics and breeding at CIMMYT. p 103-108. In: Eastwood, R., G. Hollamby, T. Rathjen and N. Gororo (eds.). 10th Assembly Proceedings of the Wheat Breeding Society of Australia. Mildura, Australia.
- Solís, M. E., J. Huerta E., H. E. Villaseñor M., A. Ramírez R. y P. Pérez H. 2008a. Maya S2007: nueva variedad de trigo harinero para la región "El Bajío", México. *Agric. Téc. Méx.* 34(3):365-370.

Solís, M. E., J. Huerta E., H. E. Villaseñor M., P. Pérez H., A. Ramírez R., L. Ledesma R. y M. L. de la Cruz G. 2014. Luminaria F2012, nueva variedad de trigo harinero para riego restringido en El Bajío. REMEXCA 5(2):325-330.

Solís, M. E., J. Huerta E., M. F. Rodríguez G., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R., L. Ledesma R. y M. P. Suaste F. 2013. Resistencia a roya de la hoja en variedades de trigo (*Triticum* spp. L.) adaptadas a El Bajío, México. Agrocienza 47(5):457-469.

Solís, M. E., J. Huerta E., P. Pérez H., A. Ramírez R., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R. y A. Borodanenko. 2008b. Urbina S2007: nueva variedad de trigo harinero para la región 'El Bajío'. Agric. Téc. Méx. 34(1):113-118.

Solís, M. E., J. Huerta E., P. Pérez H., H. E. Villaseñor M., A. Ramírez R. y M. L. de la Cruz G. 2016. Alondra F2014, nueva variedad de trigo harinero para El Bajío, México. REMEXCA 7(5):1225-1229.

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS

Victorino Gómez Valenzuela^{14*} y Teodoro Pérez Castillo¹⁴

Resumen

El Soconusco en Chiapas es de gran importancia por ser el polo de desarrollo agrícola del estado, allí se cultivan más de veinte especies entre las que se encuentran de ciclo corto y perennes, sin embargo, para cultivos como la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se desconoce su potencialidad considerando las características naturales de la región; por ello se planteó su estudio y análisis desde la perspectiva edafoclimática haciendo uso de la información existente y la herramienta de zonificación agroecológica propuesta por la FAO, adaptada a México y al Soconusco para conocer la vocación ambiental natural de la zona. Se encontró que existen 38,000 hectáreas que no presentan restricción alguna para el cultivo y 115,500 hectáreas en donde se tiene cierto nivel de restricción para el mismo; estas limitantes pueden ser atendidas para lograr producir fruta en buena cantidad y calidad, por lo que aún puede ampliarse la superficie cultivada. Se concluye que existen condiciones adecuadas para continuar cultivando a esta oleaginosa aprovechando las condiciones naturales con que cuenta el Soconusco y contar con una adecuada planeación del desarrollo agrícola.

Palabras clave: potencial productivo, palma africana, palma de aceite

Introducción

En Chiapas, el Soconusco es de mucha importancia agrícola, pues se ha destacado por su alta diversidad de cultivos, convirtiéndose en el polo de desarrollo más importante del estado. Dentro de esa diversificación, existen cultivos que llaman la atención por distintas razones, uno de ellos es la palma de aceite, ya que ha tenido una constante innovación tecnológica en la producción, transformación y desarrollo de mercados, además de su reciente expansión en la zona, e incluso polémica, ya que existen versiones encontradas en cuanto a su viabilidad

¹⁴ Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo.

* vgomez62@hotmail.com

técnica y económica. Hasta el año 2003 se tenía una superficie de 9,140 ha cultivadas con palma de aceite, cifra que fue aumentando a través del tiempo y para el 2012 ya eran 12,400 ha. En la actualidad se cuenta con 34,000 ha sembradas con rendimientos que van de 8 a 30 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2017), la variación en los rendimientos se debe a la disponibilidad de humedad de los sitios donde se encuentra establecido el cultivo.

La palma de aceite es originaria de África occidental, especialmente de la Guinea Occidental, de donde pasó a América, y en épocas más recientes fue llevada a Asia desde América, se trata de un cultivo perenne de tardío y largo rendimiento puesto que su vida productiva puede ser de más de 50 años (Hernández et al., 2006; Sandoval, 2011).

En 1949 fueron establecidas las primeras plantaciones de palma aceitera en México por pequeños productores en la zona Costa de Chiapas. Una segunda etapa introductoria se dio en 1982 cuando se establecen en forma las primeras 287 hectáreas con semillas originarias de Costa Rica, Costa de Marfil e Indonesia; al inicio de los 90's la superficie alcanzó las 2,800 hectáreas. Una tercera etapa se da a partir de 1996, cuando el gobierno mexicano estableció el programa de plantaciones para la región Sur y Sureste del País, en los estados de Chiapas y Campeche, y luego en Tabasco y Veracruz, logrando plantarse un total de 36,874 hectáreas. De ellas el estado de Chiapas contaba con el 44.2%, seguido de Tabasco con el 20.2%, Veracruz con 19.4% y finalmente el estado de Campeche con el 16.2% (Castro, 2009). Como cultivo se encuentra establecido en el sureste del país en aproximadamente 82,150.60 hectáreas en condiciones de temporal, en las que se producen 666, 237.75 toneladas de fruta promedio por año, observándose un crecimiento anual de 9.1% en superficie, localizada en los estados de Chiapas, Campeche, Tabasco y Veracruz (SIAP, 2015).

Al ser la palma de aceite una planta de origen tropical, las mejores condiciones para su cultivo se encuentran en esta condición ambiental, aunque también se adapta a regiones del trópico subhúmedo, siempre que se disponga de agua para riego. Temperaturas promedio mensuales de 25 a 28°C, son favorables para su cultivo; menores de 15°C disminuyen el rendimiento de las palmas adultas. La palma de aceite requiere de gran cantidad de agua para lograr altas producciones; alrededor de 1,800 milímetros de lluvia bien distribuida durante el año, con al menos 150 milímetros cada mes. En la medida que la temporada de baja precipitación se prolongue, la producción disminuye y su distribución mensual se hace irregular. Es deseable que los meses de escasez de lluvias (sequía) no sean mayores a tres (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Los suelos para el cultivo de la palma de aceite deben ser planos o ligeramente ondulados, pendientes mayores al 12 por ciento contribuyen con la erosión y los costos de producción se incrementan al requerirse de más caminos, terrazas o curvas de nivel, además de dificultar el manejo de la plantación. El suelo debe ser fértil, con una profundidad de 80 a 120

centímetros, de textura franca y un subsuelo arcilloso no pesado que retenga humedad. Los suelos con estas características pueden abastecer de agua y nutrimentos al cultivo, suelos someros, poco profundos o con drenaje deficiente, reducen la capacidad de producción de la palma; mientras que los suelos arenosos (texturas gruesas) y los extremadamente arcillosos, no son recomendados para este cultivo (Sandoval, 2011; Arias y González, 2014).

Para el estado de Chiapas la zona con mayor producción de palma de aceite se encuentra en el Soconusco donde municipios con más superficie establecida con esta especie son: Acapetahua con 10,263 y Villa Comaltitlán con 6,668.5 ha.

Dada la escasez de información actual sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en México y particularmente en el Soconusco y siendo este un cultivo que en los últimos años ha tenido un gran auge, resulta interesante entender la situación actual de este cultivo. En el presente estudio se busca, con ayuda de la Metodología de Zonificación Agroecológica desarrollada por la FAO analizar, discutir y definir áreas de aptitud agrícola para el cultivo además de aportar información de utilidad práctica para productores, técnicos, funcionarios públicos y estatales relacionados con el cultivo.

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en la porción sureste del estado de Chiapas en los límites con la República de Guatemala a los 14° 32' 9" y 15° 29' 6" Latitud Norte y 92° 55' 48" y 92° 03' 57" Longitud Oeste, con altitudes que van de 0 hasta los 4,080 m (Figura 1). En particular el área se caracteriza por tener topografía plana en su mayor extensión, en zonas aledañas al bordo costero; seguida de planos ondulados conforme se aleja de la franja costera en dirección sur y norte, hacia la Sierra; comprende 4,558 km², lo que representa 6.2% de la superficie estatal, siendo la séptima región de mayor extensión territorial en el estado.

La mayor proporción de la región tiene clima cálido con un régimen de lluvias marcado por altas precipitaciones en verano. A partir de los 2,000-3,000 m de altitud se tiene un clima semifrío húmedo con lluvias abundantes en verano que cubren el 2.44% del territorio. A una altitud de 1,500 m el clima se vuelve templado húmedo con lluvias abundantes en verano, mismo que ocupa el 10.44%. Descendiendo de la sierra se encuentra al clima cálido húmedo con lluvias abundantes en verano cubriendo el 33.6% y en la porción plana del territorio con una cobertura del 53.5% los subtipos subhúmedos.

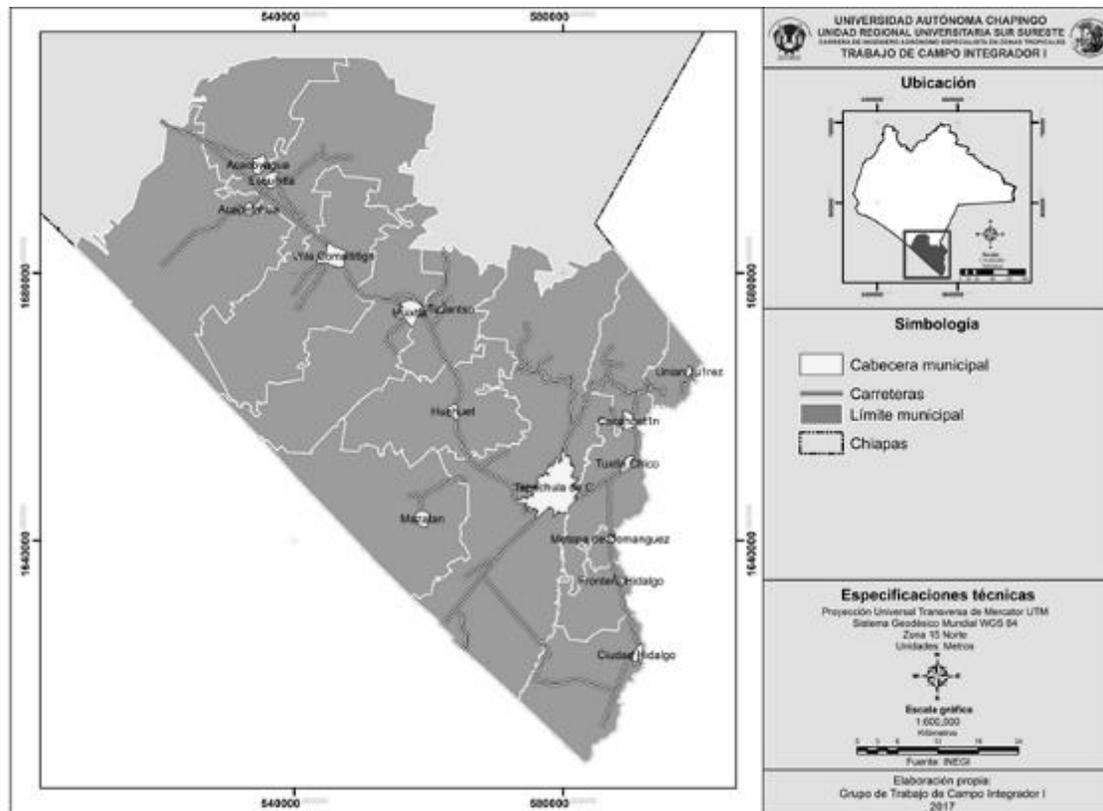


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

En la Llanura Costera predominan los subtipos climáticos cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual mayor a 22°C y mes más frío mayor a 18°C. En la parte más baja de la llanura se tiene el clima semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos climáticos de la Región Soconusco, Chiapas.

Tipo Climático	Descripción	Superficie (ha)	Proporción (%)
C(m)	Semifrío húmedo con lluvias abundantes de verano	11,195.10	2.44
(A)C(m)	Templado húmedo con lluvias abundantes de verano	47,911.00	10.44
Am	Calido húmedo con lluvias abundantes de verano	154,145.90	33.59
Aw2	Cálido sub húmedo con lluvias de verano	199,508.70	43.47
Aw1	Calido subhúmedo con lluvias abundantes en verano	46,142.60	10.05
	Suma	458,903.3	100

En el Soconusco se encuentran tres sistemas de topofomas que representan casi el 99% de la región (Llanura Costera de Chiapas y Guatemala, Sierras Sur de Chiapas y Volcanes de Centroamérica); la Llanura Costera ocupa más del 50%, por lo que se le prestó más

atención, ya que en ella se encuentra la mayor diversidad de cultivos, incluida la palma de aceite. En esta llanura costera se tienen suelos relativamente jóvenes y profundos de origen aluvial con altos contenidos de materia orgánica, las altas precipitaciones causan que los suelos de la sierra y volcanes sean acarreados y acumulados en la parte baja. En la porción inundable y lacustre de la llanura costera los suelos son salinos con una elevada acumulación de sales solubles de calcio, sodio, magnesio y potasio (Solonchak), que los hace poco aprovechables en actividades agropecuarias. Las unidades que tienen mayor predominio son Acrisol, Cambisol y Feozem.

Entre las actividades productivas en primer lugar está la agricultura de temporal, seguida de la agricultura de riego y pastizal cultivado. En la parte alta, la agricultura se hace un tanto más compleja, debido a las condiciones de pendiente pronunciada, por ello predominan las áreas de bosques. En la línea costera se encuentran áreas protegidas de manglares y popales que dan origen a suelos salinos por lo que resulta difícil practicar agricultura.

Se acudió a diversas fuentes de información (INEGI, SAGARPA, INIFAP, SIAP, CONAGUA, etc.) para obtener un panorama general de la actividad productiva en el Soconusco y deducir a partir de ella cómo influyen las condiciones del medio ambiente en la producción de palma de aceite y su distribución espacial. Con la información obtenida (documental, estadística y cartográfica) y apoyándose del software Arc Map, se procedió a la elaboración de mapas y gráficos de clima, edafología, hidrología, uso de suelo y vegetación, los cuales proporcionaron información de manera más objetiva de la zona de estudio. El reconocimiento fisiográfico se realizó trazando diferentes transectos en la zona para identificar la magnitud del cultivo de palma, así como las condiciones de relieve sobre las que se encuentra.

A través de los transectos se realizaron perfiles de suelo y se observó la diversidad de cultivos tratando de encontrar la importancia de la palma de aceite entre todos ellos. Para localizar posteriormente las áreas cultivadas con palma se obtuvieron las coordenadas geográficas de los principales predios con el cultivo.

Para el desarrollo del trabajo se utilizó la “Metodología de la zonificación agroecológica de la FAO (1997) adaptada a las condiciones de la República mexicana” (Pájaro y Ortiz, 1992) y adecuada a las condiciones del Soconusco, Chiapas. Al no contar con información sobre la clasificación de pendientes del terreno en México, en la metodología se sustituyó esta variable por los sistemas de toposformas, en la cual se encuentra inmersa una clasificación fisiográfica que permite sustituir los valores de la variable. La metodología plantea esta categoría dentro del inventario edáfico, sin embargo, por criterio propio se consideró aplicarlo después de la clasificación agroclimática, para que desde el principio se discriminaran áreas no aptas para la palma de aceite, ya que se complica el establecimiento del cultivo en pendientes mayores al 20%.

Resultados y discusión

La primera etapa de la clasificación inicia definiendo las unidades climáticas, para ello se tomaron los rangos de temperatura (INEGI). De acuerdo a los datos encontrados el régimen de temperatura media para los grupos de cultivos establecida en la metodología, permitieron clasificarlos en rangos de temperatura generándose así la División Climática para la zona de estudio. Como resultado se determinó que el 93% de la superficie de la zona de estudio reúne la condición de temperatura favorable para la palma de aceite y el resto (7%) se clasifica como no apta.

En una segunda etapa de la metodología se analizaron los sistemas de topoformas que corresponden a las zonas de serranías y montañas; se encontró que, aunque existen condiciones de temperatura adecuada, ambas regiones no presentan pendientes adecuadas para establecer el cultivo. Un requerimiento importante para la palma son suelos profundos, razón por la cual una topografía accidentada limita su establecimiento por estar constituida de suelos someros. La clasificación por topoformas delimita a la llanura como zona apta; esta condición de relieve permite el establecimiento y facilita el manejo del cultivo.

Debido a que la palma de aceite es un cultivo perene, necesita de humedad todo el año, lo que implica contar con periodos de crecimiento más largos. Los periodos de crecimiento obtenidos permitieron definir áreas homogéneas en cuanto a número de días con humedad y temperatura apropiados para el cultivo. En la parte alta hay mayor número de días favorables (345-360 días), sin embargo, no son zonas aptas, debido a la condición de pendiente pronunciada. En la zona costera, aunque existen condiciones de pendiente favorable, la escasez de humedad y presencia de temperaturas elevadas, clasifican a esta zona como No Apta y Marginalmente Apta para el cultivo de la palma de aceite. La parte media de la región es la que cumple con las categorías adecuadas, ahí se reúnen las condiciones de pendiente, temperatura y humedad necesarias para el cultivo, resultando en zonas Aptas y Muy Aptas en este estudio.

Con la información resultante se calculó la superficie que ocupa cada área por nivel de aptitud climática en la región. Así se obtuvo que poco más del 40% del área se encuentra en las categorías de mayor aptitud climática para el cultivo de palma de aceite en el Soconusco, Chiapas. A partir de la revisión de las unidades de suelos para la producción de cultivos específicos se generó como resultado la respectiva clasificación en la que se ubica a la parte media de la región con suelos favorables. Hacia la parte costera se encuentran suelos salinos (Solonchak) que presentan limitaciones para el crecimiento de la planta debido al contenido de sales que poseen. Producto de la clasificación por características edafológicas se tiene que un poco más del 35% se ubica entre los suelos aptos para el cultivo de palma de aceite, mientras que la mayor proporción de territorio no cumple con el requerimiento, por lo que el factor suelo se convierte en un componente fuertemente limitante para el

establecimiento de este importante cultivo.

La retención de humedad de un suelo está en función de la textura. Esta determinará el grado de humedad que puede ser aprovechable. La textura gruesa no cumple con las características necesarias para que el cultivo de palma de aceite pueda desarrollar un buen sistema radical, lo cual es fundamental para la absorción de nutrientes y agua. Aplicando este criterio se obtiene que alrededor del 33% del territorio en estudio tiene suelos cuyas texturas son apropiadas para el cultivo de palma de aceite, en la mayor proporción no existen condiciones de texturas en los suelos en los que se recomienda establecerlo.

El resultado obtenido en las interacciones de las categorías climáticas y edáficas, muestra diferentes áreas de aptitud para el cultivo de la palma de aceite en el Soconusco, Chiapas. Al ser un cultivo netamente industrial, como cualquier especie cultivada requiere de un manejo especial y condiciones específicas para su establecimiento. Aplicando las categorías de la metodología de ZAE (División climática, Sistema de Topoformas, Periodo de crecimiento, Unidades de Suelo y Textura), se obtiene el Mapa de Zonificación Agroecológica para el cultivo de palma de aceite con un nivel de inversión alto con características naturales, es decir, con las condiciones que la naturaleza provee, generándose cuatro niveles de aptitud (Figura 2).

Muy apta: en esta zona se reúnen las condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo de la palma de aceite. Se encuentra distribuida en una franja que pasa por los municipios de Acacoyagua, Huixtla y Villa Comaltitlán, cubriendo una superficie de 38,000.00 ha (Figura 3). Cabe recalcar que la superficie establecida de palma de aceite hasta ahora en la región es de 34,000.00 ha, distribuidas en todos los municipios que comprende la llanura costera, por lo que mucha de la superficie cultivada no está bien ubicada en las áreas marcadas como potencialmente productivas.

Apta: estas áreas no cumplen con alguna de las condiciones que exige la clasificación por lo que han sido degradadas una clase. Las zonas aptas cubren una superficie de 115,500.00 ha, ubicadas en una franja de la parte media del área de estudio. Parte de la superficie sembrada con palma de aceite se encuentra en esta zona, por lo que se observa diferencia en cuanto a desarrollo y rendimiento productivo del cultivo, comparado con las establecidas en la zona clasificada como Muy Apta.

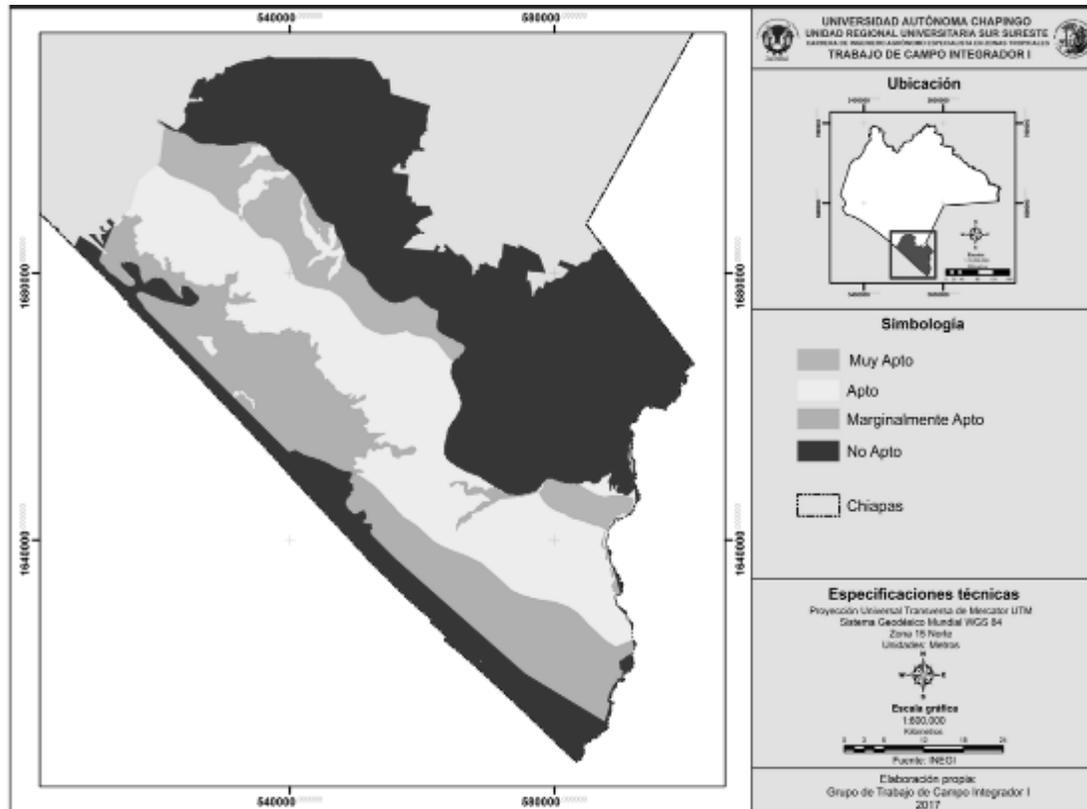


Figura 2. Zonificación agroecológica de la palma de aceite en la región Soconusco, Chiapas.

Marginalmente Apta: las zonas clasificadas como tal generalmente presentan mayores limitaciones, es decir, no cumplen con las exigencias del cultivo y, en este aspecto, la metodología es muy rigurosa, causando degradación en más de una categoría. Ocupa una superficie de 94,630.00 ha, ubicada hacia la parte sur de la región. Existen plantaciones de palma de aceite en esta zona, la prevalencia del cultivo es debido a que la planta es noble y resistente a condiciones severas de excesos de humedad y a largos periodos de sequías, el resultado generalmente se observa en el comportamiento de la planta, así como en la producción de fruta.

No Apta: estas áreas no reúnen las condiciones necesarias para cultivar palma de aceite, en definitiva, no son áreas adecuadas para el establecimiento del cultivo. Las zonas no aptas ocupan cerca del 50% del área de estudio y cubren una superficie de 207,650.00 ha, ubicadas en la parte norte y sur de la región. La primera de ellas por presentar pendientes fuertes y la segunda debido a la condición de suelos salinos.

Puede ser que, en alguna de las zonas antes descritas, clasificadas como Apta, Marginalmente Apta o No Apta, exista una pequeña superficie que cumpla con todos los requerimientos de la planta (Muy Apta); sin embargo, estas áreas no aparecen en el mapa debido a que la escala utilizada fue de 1:250 000 y no son identificables por el área mínima cartografiada.

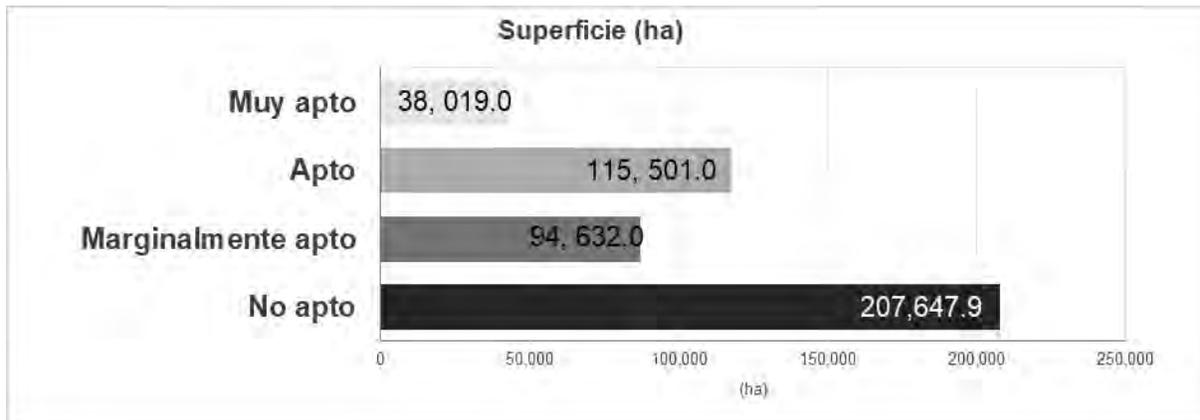


Figura 3. Superficie que ocupan los niveles de aptitud de la zonificación agroecológica en el Soconusco, Chiapas.

Conclusiones

Se definieron espacialmente las zonas con mayor potencial productivo para el establecimiento de la palma de aceite en el Soconusco, así como aquellas que no cumplen con los requerimientos idóneos con base a las características ambientales naturales que poseen. Según la zonificación agroecológica realizada, de las 34,000 ha cultivadas con palma de aceite en la región Soconusco, una gran parte de esta superficie se encuentra ubicada en la zona muy apta; mientras que, un porcentaje considerable se ubicó entre la Zona apta y marginalmente apta. Se generó información básica y se identificaron áreas con aptitud agrícola para el cultivo de palma de aceite en el Soconusco, Chiapas; no obstante, debido a la falta de información de la zona de estudio, no se alcanzó un nivel de mayor detalle mayor, sin embargo, la información generada proporciona un primer acercamiento y permite hacer una mejor planeación sobre el uso de los espacios productivos y da pie a la realización de trabajos con un nivel de precisión más alto.

Agradecimientos

A las instituciones, asociaciones de producción, productores y demás personas que brindaron su disponibilidad en tiempo, información y opinión de suma valía para en la realización de este trabajo.

Literatura citada

Arias, A. N. A. y M. V. González S. 2014. La palma de aceite. p. 12-29. In: Mata, G. B. (ed.). Palma de aceite en México. Política gubernamental e innovación tecnológica. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. México.

Castro, S. G. 2009. La palma africana en México. Los monocultivos desastrosos. Otros Mundos, AC/Amigos de la Tierra México. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 10 p. http://www.wrm.org.uy/paises/Mexico/Palma_Africana_II.pdf [consultado el 11 de septiembre de 2017].

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1997. Zonificación agro-ecológica. Guía general. Roma, Italia. 82 p.

Hernández C., J. M., A. Olivera de los S., A. Palacios P., A. Sandoval E., M. Grajales S., J. D. Estrada V. et al. 2006. Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México. 2ª ed. Libro Técnico Núm. 14. INIFAP. 149 p.

Pájaro, H. D. y C. A. Ortiz S. 1992. Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la república mexicana. *Revista de Geografía Agrícola* 17:109-118.

Sandoval, E. A. 2011. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur sureste de México: Trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Establecimiento y mantenimiento. Centro Regional de Investigación Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chis., México. 21 p.

SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. [consultado el 2 de junio de 2017].

EFFECTO DE FECHAS DE SIEMBRA EN COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO

Aquilino Ramírez Ramírez^{15*}, Ernesto Solís Moya¹⁵ y Oscar Arath Grageda Cabrera¹⁵

Resumen

La identificación de genotipos sobresalientes de trigo con base en rendimiento de grano, en ambientes heterogéneos, ha sido una estrategia importante en la formación de variedades. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y sus componentes de 36 genotipos de trigo. Se sembraron cinco fechas de siembra, con intervalos de 15 días, a partir del 15 de noviembre de 2009 hasta el 15 de enero del 2010. Los genotipos se evaluaron en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde fueron las parcelas grandes correspondieron a las fechas de siembra y las parcelas chicas a los genotipos. Se midieron las variables: índice de cosecha (IC), biomasa (Bio), peso individual de grano (PIG en mg), espigas por metro cuadrado (EPM²) y granos por metro cuadrado (GPM²) y rendimiento de grano (RG kg ha⁻¹). En los análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas entre fechas de siembra y genotipos en los caracteres estudiados y en la interacción de ambos factores, excepto en EPM². En la fecha de siembra del 30 de noviembre de 2009 se obtuvieron los mayores rendimientos y los valores más altos de IC, Bio, GPM⁻², PIG y EPM⁻². En la fecha de siembra del 15 de enero de 2010 se obtuvo el menor RG. El genotipo 28 de tipo harinero fue el más rendidor y obtuvo valores superiores en Bio, EPM⁻² y GPM⁻².

Palabras clave: fechas de siembra, biomasa, tasa de acumulación, temperatura, humedad

Introducción

El estado de Guanajuato es el principal productor de trigo en El Bajío, es la segunda zona productora de trigo del país y contribuye con el 28.3% de la producción nacional de este cereal (SIAP, 2009). En esta región se siembra entre 90 y 95% de trigos harineros y el resto de trigos cristalinos (Solís et al., 2009).

¹⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *solis.ernesto@inifap.gob.mx

El rendimiento potencial, definido como el rendimiento que podría obtenerse en condiciones óptimas de manejo, sin limitantes de humedad, ni fertilizantes y en ausencia de plagas, enfermedades y malezas, depende de los factores ambientales: radiación, temperatura, fotoperiodo y concentración de CO₂, así como de factores genéticos y de sus interacciones; del total de factores, la temperatura y la radiación solar son las más importantes. (Solís et al., 2007).

La producción potencial de biomasa en un cultivo es el producto entre la tasa de acumulación de peso y la duración del crecimiento. La tasa de acumulación depende principalmente de la cantidad de energía luminosa (radiación) que el cultivo puede captar y aprovechar, siendo la concentración atmosférica de CO₂ otro factor que la afecta (Reynolds et al., 2009).

La duración del crecimiento está gobernada por la temperatura, la cual es óptima en sitios donde la es suficientemente baja, para maximizar la longitud del ciclo de crecimiento; otros factores como el fotoperiodo (cantidad de horas luz) y la vernalización (cantidad de horas frío), también afectan la duración. Por último, la movilización de biomasa a los órganos cosechables, en este caso, el grano, es una característica genética que depende del cultivar y de su interacción con el medio ambiente (Magrin et al., 1993). En varios trabajos se ha demostrado la influencia de la radiación, la temperatura y el cociente entre ambas variables (cociente foto térmico) en la determinación del rendimiento del cultivo de trigo (Fisher, 1985). De acuerdo a un estudio con genotipos de trigo realizado a fines de la década de los 80 por Magrin et al. (1993), incrementos de 1°C en la temperatura, provocaron reducciones de rendimiento de 400 kg ha⁻¹ (10%), mientras que incrementos de radiación de 1 MJ m⁻² día⁻¹ favorecieron incrementos de rendimiento de 200 kg ha⁻¹ (5%). La temperatura y la humedad son los principales factores que determinan el rendimiento del trigo en experimentos de fechas de siembra. Se ha indicado que la temperatura óptima es de alrededor de 25°C para germinación y 16°C para la elongación del coleóptilo; aproximadamente 100 grados día son necesarios para la emergencia de las plántulas. Se necesitan de 150 a 200 grados días más, para que las plántulas alcancen la etapa de tres hojas. Se ha indicado que, durante el periodo de llenado de grano, las temperaturas altas aceleran la senescencia de la hoja, lo que reduce la duración del período de llenado de grano (van Keulen y Seligman, 1987). Bindraban et al. (1998) observaron que una diferencia promedio de 2.4°C entre fechas de siembra, para el periodo de llenado de grano, reduce esta etapa en 10%, mientras que la tasa de llenado de grano se incrementa de 5 a 6%, lo que da como resultado una disminución hasta de 20% en el peso del grano. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y sus componentes de 36 genotipos de trigo.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, ubicado en el km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20° 32' de Latitud Norte y 100° 48' de Longitud Oeste; a una altitud de 1752 m. El clima característico del área donde se encuentra el CEBAJ presenta valores de precipitación pluvial media anual de 578 mm y temperatura media anual de 19.8°C. El experimento se estableció durante 2009 y 2010 en cinco fechas de siembra (FS), con intervalos de 15 días, a partir del 15 de noviembre de 2009 hasta el 15 de enero del 2010. Se evaluaron 36 genotipos de trigo (GEN), de los cuales 29 son trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) y siete de tipo cristalino (*Triticum turgidum* var. durum). El experimento se estableció en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde las FS fueron las parcelas grandes y los genotipos las parcelas chicas. La unidad experimental estuvo formada por dos surcos de 3 m de largo, separados a 30 cm. Se fertilizó con la fórmula 240N-60P₂O₅-00K. Se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio. Los riegos se aplicaron a la siembra y a los 35, 65, 85 y 105 días después de la siembra. Se determinaron las siguientes etapas fenológicas del trigo y el rendimiento: 1) Días al espigamiento (DE), de la siembra hasta que aproximadamente el 50% de las espigas estuvieron expuestas; 2) Días a antesis, de la siembra hasta que estuvieron expuestas las anteras de la parte media de la espiga en el 50% de las espigas de la parcela; 3) Días a madurez (DMAD), transcurridos de la siembra hasta el momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas se tornaron de color amarillento; 4) Rendimiento de grano (RG) de la cosecha del total de la parcela útil; 5) Biomasa (Bio) en toneladas por hectárea, calculada como RG en t ha⁻¹ /IC; 6) Granos por metro cuadrado (GPM²), igual a RG en g m²/peso del grano en mg; 7) Peso individual del grano (PIG) en mg. Se cosechó la parcela experimental completa como parcela útil y se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Resultados y discusión

En todas las variables cuantificadas se detectaron diferencias altamente significativas en los factores fechas de siembra (FS) y genotipos (GEN). En la interacción de ambos factores también se detectaron diferencias altamente significativas en todas las variables, excepto en espigas por metro cuadrado. Los coeficientes de variación obtenidos fueron menores de 23% en todos los caracteres. La mayor parte de la variación se debió a las fechas de siembra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia de las variables cuantificadas en 36 genotipos de trigo evaluados en cinco fechas de siembra, durante el ciclo otoño-invierno 2009-2010.

FV	GL	IC	Bio	PIG	GPM ²	EPM ²	RG
FS	4	0.04**	1339.4**	1767.3**	125806892.8**	502783**	164478012**
GEN	35	0.02**	73.8**	399.2**	1051849.7**	29928**	16123836**
REP(FS)	10	0.004	24.7	26.0	663415.2	18730	285055
FS*GEN	140	0.004**	11.8**	40.1**	1279173.4**	11339ns	1294949**
TOTAL	539						
C.V		14.03	17.9	9.69	12.06	22.34	10.9

FV= Fuente de variación; IC= Índice de cosecha; Bio= Biomasa; PIG (mg)= Peso individual del grano en mg; GPM²= Granos por metro cuadrado; EPM²= Espigas por metro cuadrado; RG (kg ha⁻¹) = Rendimiento en kilogramos por hectárea; FS = fecha de siembra; GEN = Genotipo; ** diferencia altamente significativa y ns = diferencia no significativa.

En el Cuadro 2 se muestra que en las fechas de siembra tempranas del 15 de noviembre al 15 de diciembre se obtuvieron los valores más altos en todas las variables, excepto en espigas por metro cuadrado. En general, se observó que, al sembrar en enero con condiciones de temperatura más elevadas, se acortan las etapas fenológicas y disminuye el rendimiento y sus componentes.

Cuadro 2. Valores promedio de las variables estudiadas en cinco fechas de siembra, durante el ciclo otoño-invierno 2009-2010.

Fechas de siembra	IC	Bio	PIG	GPM ²	EPM ²	RG
30 de Nov	0.314a	19.42a	44b	6282a	475b	6154a
15 de Nov	0.313a	17.76b	45a	5421b	438c	5502b
16 de Dic	0.275b	19.54a	40c	6354a	516a	5322b
31 de Dic	0.276b	14.93c	38d	4510c	400d	4050c
15 de Ene	0.279b	11.23d	36e	3908d	339e	3087d

IC= Índice de cosecha; BIO= Biomasa; PIG = Peso de grano en mg; GPM²= Granos por metro cuadrado; EPM²= Espigas por metro cuadrado; FS=Fechas de siembra; RG kg ha⁻¹= Rendimiento en kilogramos por hectárea. Fechas de siembra con letras similares en las diferentes variables estudiadas son estadísticamente iguales según Tukey (0.05).

En el factor genotipos, el trigo harinero número 28, fue el que obtuvo el mayor rendimiento, además, produjo más granos por metro cuadrado (7331), mientras que su peso de grano fue inferior a la media. Slafer et al. (1996) mencionan que cuando un genotipo produce una mayor cantidad de granos, se incrementa la producción de éstos en posiciones distales, los cuales son de menor peso. Los genotipos 34 y 24, también sobresalieron en todas las variables, excepto en el peso individual de grano en el primero y en la cantidad de granos por metro cuadrado en el segundo (Cuadro 3). Las variedades con más bajos rendimientos fueron las líneas 8 y 14, estos genotipos obtuvieron valores bajos tanto en número como en peso del grano. Los testigos con los rendimientos más bajos en promedio de las cinco fechas

de siembra fueron: el genotipo 16 (Salamanca S75), 32 (Josecha F2007), 13 (Topacio C97) y Aconchi C89, en tanto que, los testigos más sobresalientes fueron: Maya S2007 y Urbina S2007, los cuales que fueron superados por 11 líneas experimentales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores promedio de las variables estudiadas en los 36 genotipos de trigo evaluados durante el ciclo otoño-invierno 2009-2010.

Gen	IC	Bio	PIG	EPM ²	GPM ²	RG
28	0.32 abcd	19.82 ab	38 hijklmn	475 abc	7331 a	6256 a
34	0.33 ab	18.76 abcd	40 fghijklm	468 abcd	7032 ab	6201 ab
24	0.34 a	18.22abcde	48 ab	448 abcd	5729 cdefghi	6173 ab
17	0.29 abcdefgh	20.93 a	44 abcdefg	475 abcd	6091 cde	6018abc
4	0.32 abc	17.96 abcdefg	50 abcd	434 abcd	5560 defghijk	5810 abcd
3	0.31abcd	18.68 abcd	43 bcdefgh	439 abcd	6048 cdef	5794 abcd
23	0.32 abc	17.70 abcdefgh	44 abcdefg	410 bcd	5783 cdefgh	5708 abcd
11	0.30 abcdef	18.10 abcdef	42 cdefghij	385 bcd	6011 cdefg	5583 abcd
30	0.29 abcdefg	18.23 abcde	47 abcd	416 abcd	5169 fghijklm	5523 abcd
26	0.34 a	16.23 bcdefghi	45 abcdef	456 abcd	5539 defghijkl	5517 abcd
27	0.31 abcdef	17.82 abcdefgh	38 ijklmn	484 abc	6543 abc	5509 abcd
5	0.33 ab	16.32 bcdefghi	47abc	404 bcd	5303 efghijklm	5486 bcd
2	0.29 abcdefg	19.07 abc	44 abcdefg	454 abcd	5529 defghijkl	5479 bcd
12	0.30 abcdefg	18.20 abcde	43 bcdefghi	441 abcd	5688 cdefghij	5459 bcd
29	0.30 abcdefg	17.51 abcdefgh	49 a	411 bcd	4772 klmnop	5421 cd
31	0.30 abcdefg	17.89 abcdefg	40 fghijklm	431 abcd	6068 cdef	5414 cd
15	0.31 abcde	17.06 abcdefgh	38 ijklmn	470 abcd	6247 bcd	5245 de
35	0.32 abc	16.26 bcdefghi	46 abcde	399 bcd	5042 hijklmn	5213 de
20	0.28 acdefgh	18.17 abcde	40 fghijklm	442 abcd	5735 cdefghi	5110 def
9	0.29 abcdefg	17.70 abcdefgh	40 fghijkl	461 abcd	5685 cdefghij	5096 def
6	0.31abcd	16.04 bcdefghi	46 abcde	348 cd	4905 hijklmno	5088 def
7	0.32 abc	14.66 defghij	41 efghijk	420 abcd	4957 hijklmno	4587 efg
1	0.29 abcdefg	15.27 cdefghi	42 defghij	405 bcd	4825 jklmnop	4533 efg
36	0.30 abcdefg	14.72 defghij	42 defghij	394 bcd	4836 ijklmnop	4523 efg
18	0.25 ghij	17.91 abcdefg	39 ghijklm	553 a	4984 hijklmn	4389 efg
33	0.25 fghij	16.74 abcdefgh	37.0 jklmno	465 abcd	5129 ghijklm	4223 gh
21	0.28 bcdefghi	15.50 cdefghi	40 fghijklm	497 ab	4656 lmnop	4135 ghi
19	0.23 hij	17.91 abcdefg	33 nopq	467 abcd	5495 defghijkl	4060 ghi
25	0.28 abcdefgh	13.96 fghij	44abcdefg	338 d	3947 pq	3899 ghij
13	0.26 defghij	14.08 efghij	36 klmnop	369 bcd	4671 klmnop	3700 hij
32	0.25 fghij	13.78 ghij	34 mnop	416 bcd	4475 mnopq	3394 ijk
16	0.25 efghij	13.66 hij	38 ijklmn	440 abcd	4071 opq	3390 ijk
10	0.27 cdefghij	12.39 ij	35 lmnop	393 bcd	4164 npoq	3284 jk
22	0.22 ij	15.11 cdefghi	31 pq	453 abcd	4832 ijklmnop	3243 jk
8	0.21 j	13.62 hij	32 opq	488 ab	4168 npoq	2897 kl
14	0.21 j	10.79 j	28 q	366 bcd	3643 q	2265 l

Gen= Genotipo; IC=Índice de cosecha; BIO= Biomasa; GPM²= Granos por metro cuadrado; EPM²= Espigas por metro cuadrado; RG kg ha⁻¹ = Rendimiento en kilogramos por hectárea. Genotipos con letras similares en las diferentes variables estudiadas son estadísticamente iguales según Tukey (0.05).

Conclusiones

La cantidad de granos por metro cuadrado fue el componente más afectado por la fecha de siembra.

En la fecha de siembra del 30 de noviembre de 2009, se obtuvo el mayor rendimiento de grano y los valores más altos de índice de cosecha, biomasa y granos por metro cuadrado.

El genotipo 28 fue el más rendidor, cuya producción de grano fue estadísticamente similar al de otros 10 genotipos. Este genotipo obtuvo valores sobresalientes en todos los componentes de rendimiento, excepto en el peso de grano.

Literatura citada

Bindraban, P. S., K. D. Sayre and E. Solís-Moya. 1998. Identifying factors that determine kernel number in wheat. *Field Crops Res.* 58:223-224.

Ischer, R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci. Camb.* 105:447-461.

Magrin, G. O, A. J. Hall, C. Baldy and M. O. Grondona. 1993. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology* 67:29-41.

Reynolds, M., M. J. Foulkes, G. A. Slafer, P. Berry, M. A. Parry, J. W. Snape and W. J. Angus. 2009. Raising yield potential in wheat. *J. Exp. Bot.* 60(7):1899-1918.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> [consultado el 27 de julio de 2016].

Solís, M. E., S. A. Ríos, R., H. García N., A. Arévalo V., O. A. Grageda C., M. A. Vuelas C. et al. 2007. Producción de trigo de riego en El Bajío. Folleto Técnico No. 3. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 94 p.

Solís, M. E., J. Huerta E., J. Ireta M., R. Sánchez D., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R. et al. 2009. Josecha F2007: variedad de trigo harinero para El Bajío y zonas de riego del norte de México. Folleto Técnico No. 4. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 27 p.

van Keulen, H. and N. G. Seligman. 1987. Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. *Simulation monographs.* Pudoc, Wageningen. The Netherlands. 310 p.

RENDIMIENTO DE TRIGO EN FECHAS DE SIEMBRA Y CALENDARIO DE RIEGOS EN EL BAJÍO DE GUANAJUATO

Ramírez R. Aquilino^{16*}, Ernesto Solís M.¹⁶ y Oscar A. Grageda C.¹⁶

Resumen

En la región de El Bajío, el factor que ha estado afectando la producción de trigo de riego en los últimos 12 años es la disponibilidad de agua en las presas y la sobreexplotación de los acuíferos en la región de El Bajío, lo que ha provocado un abatimiento de éstos entre 3 y 6 m por año. Entre las estrategias que se plantean a corto plazo para contrarrestar la sobreexplotación del acuífero destaca el manejo agronómico de los cultivos, fechas de siembra y calendario de riegos. El uso de variedades mejoradas de los diferentes cultivos con potencial para alcanzar el rendimiento medio de la región con menores láminas de riego. La resistencia a royas ha sido el otro carácter importante ya que ha permitido la obtención de altos rendimientos sin la necesidad de hacer aplicaciones de fungicidas para su control, lo que disminuye los costos de inversión y evita daños al ambiente. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar la nueva variedad Alondra F2014 y compararla con ocho variedades de trigo harinero recomendadas para El Bajío en fechas de siembra y calendario de riegos. Se estudiaron nueve variedades de trigo harinero: Alondra F2014, Maya S2007, Bárcenas S2002, Urbina S2007, Luminaria F20012, Cortázar S94, Eneida F94, Nana F2007 y Salamanca S75. Los calendarios de riego fueron: dos y tres riegos aplicados a los 0, 55 y 0, 45 y 75 días después de la siembra. Para fechas de siembra fueron cinco: 16 de noviembre, 1° de diciembre, 16 de diciembre, 31 de diciembre y 15 de enero. La variable medida fue rendimiento en kg ha⁻¹, indicada en porcentaje con respecto al principal testigo Alondra F2014. La variedad Alondra F2014 fue superior en todos los experimentos. Se recomienda sembrar del 1° al 15 de diciembre. El calendario de riegos fue el de tres: 0-45-75 días después de la siembra.

Palabras clave: disponibilidad de agua, manejo agronómico, lamina de riego, resistencia a royas

¹⁶ Investigadores del Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km. 6.5 Carr, Celaya San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato ramirez.aquilino@inifap.gob.mx.
*ramirez_aqui@hotmail.com

Introducción

En la región de El Bajío, el factor que ha estado afectando la producción de trigo de riego en los últimos 12 años es la disponibilidad de agua en las presas. En el estado de Guanajuato, principal productor de trigo del Bajío, la superficie sembrada durante este periodo ha fluctuado entre 41,863 ha (2001) y 128,802 ha (SIAP, 2013). Existen reportes en la literatura acerca de la sobreexplotación de los acuíferos en la región de El Bajío, lo que ha provocado un abatimiento de éstos entre 3 y 6 m por año (Ledesma et al., 2012). El acuífero del valle de Celaya, el más grande del estado, tiene una recarga de 380 millones de m³ por año, mientras que la extracción es de 595 millones de m³, lo que genera un déficit de 215 millones de m³ por año.

Entre las estrategias que se plantean a corto plazo para contrarrestar la sobreexplotación del acuífero destaca el manejo agronómico de los cultivos, en el que el uso del riego por goteo y la agricultura de conservación, dejando los residuos de las cosechas en la superficie, son las más importantes en el corto plazo. El uso de variedades mejoradas de los diferentes cultivos con potencial para alcanzar el rendimiento medio de la región con menores láminas de riego es un complemento obligado como parte de las estrategias para afrontar la problemática del agua en la agricultura.

Por lo cual, el mejoramiento genético ha sido uno de los factores claves en la sostenibilidad del trigo en la región de El Bajío. El avance más importante se ha logrado en el rendimiento de grano que se ha incrementado de 1500 kg ha⁻¹ hasta 9400 kg ha⁻¹ en 75 años de investigación (Solís et al., 2014).

La resistencia a royas ha sido el otro carácter importante ya que ha permitido la obtención de altos rendimientos sin la necesidad de hacer aplicaciones de fungicidas para su control, lo que disminuye los costos de inversión y evita daños al ambiente. Sin embargo, la aparición continua de nuevas razas de roya o el incremento de las poblaciones de razas antiguas hace necesaria la liberación de variedades nuevas con resistencia a las razas comunes en las áreas productoras. Tal como ocurrió en la región de El Bajío donde dos años después del lanzamiento de las variedades Urbina F2007, Monarca F2007, Norteña F2007, Maya S2007, Josecha F2007 y Nana F2007, apareció una nueva raza de roya lineal amarilla que rompió la resistencia de Monarca F2007, Norteña F2007 y Josecha F2007, manteniéndose como resistentes Urbina S2007, Nana F2007 y Maya S2007.

Posteriormente en 2014, aparecieron dos nuevas razas nombradas CMEX14.25 y MEX14.141 las cuales rompieron la resistencia de Nana F2007 y Luminaria F2012 liberada en 2012. Estas nuevas razas disminuyen el rendimiento de Nana F2007 hasta en 80% y el de Luminaria F2012 en 50%, si no se les protege con fungicidas.

El Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIFAP en el estado de Guanajuato, con sede en Celaya, Gto., cuyas actividades se han realizado ininterrumpidamente durante los últimos 25 años, tiene entre sus objetivos generar genotipos de los diferentes grupos de calidad con mayor potencial de rendimiento que las variedades comerciales de la región, resistentes a royas, con buena calidad industrial y eficientes en el uso del agua. Como resultado de los trabajos de investigación, en 2007 fueron liberadas las variedades Urbina S2007 (Solís et al., 2008), Maya S2007 (Solís et al., 2008) de gluten suave; y Monarca F2007 (Huerta et al., 2011), Josecha F2007 (Solís et al., 2009) y Norteña F2007 (Villaseñor et al., 2010) de gluten fuerte.

Estos problemas, aunado a que la mayoría son genotipos de ciclo tardío, limitó su adopción por los productores trigueros. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar la nueva variedad Alondra F2014 y compararla con ocho variedades de trigo harinero recomendadas para El Bajío en fechas de siembra y calendario de riegos.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP. Se estudiaron nueve variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.): Alondra F2014, Maya S2007, Bárcenas S2002, Urbina S2007, Luminaria F20012, Cortázar S94, Eneida F94, Nana F2007 y Salamanca S75, bajo un diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada experimento se condujo con diferente calendario de riego: dos y tres riegos aplicados a los 0 y 55 y a los 0, 45 y 75 días, respectivamente, después de la siembra. Las parcelas se establecieron en cinco fechas de siembra: 16 de noviembre, 1° de diciembre, 16 de diciembre, 31 de diciembre y 15 de enero. Se usó el sistema de siembra en surcos a doble hilera y siguiendo las recomendaciones de manejo agronómico para trigo de riego (Solís et al., 2007). La variable medida fue rendimiento en kg ha⁻¹, indicada en porcentaje con respecto al principal testigo Alondra F2014. También se realizó la comparación de medias de Tukey.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se compara el rendimiento de Alondra F2014 en diferentes fechas de siembra con las variedades recomendadas para El Bajío. Hubo diferencias altamente significativas entre variedades, solo en la primera no hubo diferencias. Se observa que la variedad Alondra F2014 supero a Salamanca S75 con un 38.3%, a Nana F2007 con 27.9%, a Eneida F94 con

27.1%, a Cortazar S94 con 21.1%, a Luminaria F2012 con 16.1%, a Urbina S2007 con 14%, a Bárcenas S2002 con 13.4% y a Maya S2007 con 9.1%. Alondra F2014 fue superior a cualquier variedad en el periodo del 16 de noviembre al 31 de diciembre, y prácticamente igual al de Maya S2007 en fechas tardías realizadas el 15 de enero. Ya que medida que se atrasa la fecha de siembra, la etapa de macollaje se acorta, afectando el grado de cobertura (Satorre, 1987) y el rendimiento. Mientras que Van Keulen y Seligman (1987) indican que durante el periodo de llenado de grano altas temperaturas aceleran la senescencia de la hoja, reduciendo la duración del período de llenado de grano.

Cuadro 1. Rendimiento medio (kg ha⁻¹) de nueve variedades de trigo recomendadas para El Bajío, evaluadas en los ciclos OI 2011-12 y 2013-1014 en cinco fechas de siembra en el INIFAP, Campo Experimental Bajío.

Variedad	Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)						PSA %
	16 Nov.	1 Dic.	16 Dic.	31 Dic.	15 Ene.	Promedio	
Alondra F2014	6512	8711	7061	5804	4814	6580	
Maya S2007	6418	7003	6314	5522	4909	6033	9.1
Bárcenas S2002	5975	7765	6034	5236	4001	5802	13.4
Urbina S2007	6303	7341	6242	5183	3801	5774	14.0
Luminaria F2012	5595	7061	6337	5565	3786	5669	16.1
Cortazar S94	4979	7231	6818	4541	3602	5434	21.1
Eneida F94	5791	7178	4976	4738	3197	5176	27.1
Nana F2007	5987	6963	5054	4824	2887	5143	27.9
Salamanca S75	5805	5328	4559	3727	3370	4757	38.3
Medias	5029	7287	5933	5015	3818	5507	
C.V.	15.4	8.2	10.7	10.4	23.7	13.1	
Valor P(Var)	NS	**	**	**	**	**	
DSH Tukey (0.05)	1743	1135	1208	998	1727	594	

PSA = porcentaje de superioridad en rendimiento de la variedad Alondra F2014 sobre las demás variedades. C.V. = coeficiente de variación; Valor P(Var) = significancia del factor variedades; DSH = diferencia significativa honesta de Tukey.

En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento de las nueve variedades recomendadas para El Bajío, evaluadas con calendario de dos y tres riegos. Hubo diferencias altamente significativas entre variedades. Se observa que la variedad Alondra F2014 fue superior a Salamanca S75 hasta con 34.2%, a Eneida F94 con 17.4%, a Cortazar S94 con 14.5%, a Nana F2007 con 13%, a Maya S2007 con 12.5%, a Luminaria F2012 con 10.8%, a Urbina S2007 con 6.8% y a Bárcenas S2002 con 5.5%.

Cuadro 2. Rendimiento medio (kg ha⁻¹) de nueve variedades de trigo recomendadas para El Bajío, evaluadas en los ciclos OI 2010-11 y 2011-12, 2013-14, 2014-15, en dos calendarios de riego en el INIFAP, Campo Experimental Bajío.

Variedad	Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)			PSA (%)
	2 riegos	3 riegos	Promedio	
Alondra F2014	5528	6242	5885	0
Bárceñas S2002	5215	5942	5579	5.5
Urbina S2007	5101	5919	5510	6.8
Luminaria F2012	4945	5681	5313	10.8
Maya S2007	4918	5540	5229	12.5
Nana F2007	5008	5405	5206	13
Cortazar S94	4748	5532	5140	14.5
Eneida F94	4579	5449	5014	17.4
Salamanca S75	4309	4464	4386	34.2
Medias	4928	5575	5251	
C.V.	10.3	9	9.6	
Valor P(Var)	**	**	**	
DSH Tukey (0.05)	661	654	458	

PSA = porcentaje de superioridad en rendimiento de la variedad Alondra F2014 sobre las demás variedades. C.V. = coeficiente de variación; Valor P(Var) = significancia del factor variedades; DSH = diferencia significativa honesta de Tukey.

En el Cuadro 3 se presentan los niveles más altos de roya lineal amarilla y de roya de la hoja observados en nueve variedades de trigo harinero recomendadas para El Bajío, durante el ciclo PV 2014 en Texcoco Edo. de México y en Celaya, Gto; así como roya lineal amarilla durante el ciclo OI 2014-15 en Celaya, Gto. Niveles de severidad iguales o menores a 30% indican alta resistencia a las royas, esto es, el efecto de las enfermedades sobre el rendimiento es inferior al 10%. Alondra F2014 y Maya S2007 son las únicas variedades resistentes a ambos tipos de roya, mientras que Urbina S2007 es resistente a roya lineal amarilla pero susceptible a roya de la hoja; el resto de las variedades son susceptibles a ambos tipos de roya y es necesario aplicar fungicidas para su control.

Cuadro 3. Porcentajes de severidad observados en el ciclo PV 2014 para roya lineal (Texcoco, Edo. De México), roya de la hoja (Celaya, Gto.) y roya lineal en Celaya durante el ciclo OI 2014-2015 en nueve variedades comerciales de trigo harinero.

Variedad	RLPV14	RHPV	RLOI2014-15
Alondra F2014	20	20	30
Bárcenas S2002	60	80	60
Urbina S2007	30	60	30
Luminaria F2012	80	40	80
Maya S2007	30	30	30
Nana F2007	100	40	100
Cortazar S94	40	60	80
Saturno S86	80	100	---
Salamanca S75	40	80	40

RLPV = porcentaje de severidad de roya lineal amarilla en el ciclo PV 2014, en Texcoco Edo. De México; RHPV = porcentaje de severidad de roya de la hoja en el ciclo PV en Celaya, Gto.; RLOI2014-15 = porcentaje de severidad de roya lineal amarilla en el ciclo OI 2014-15 en Celaya, Gto.

Conclusiones

La variedad Alondra F2014 fue superior en todos los experimentos. Se recomienda sembrar del 1° al 15 de diciembre. El mejor calendario de riegos fue el de tres riegos, a los 0, 45 y 75 días después de la siembra.

Literatura citada

Huerta E. J., H. E. Villaseñor M., E. Solís M., R. Sánchez de la C y P. Pérez H. 2011. Monarca F2007: nueva variedad de trigo harinero para el Bajío, norte y noroeste de México. REMEXCA 2(6):1001-1007.

Ledesma R. L., E. Solís M., M. P. Suaste F., J. F. Rodríguez C. y M. L. de la Cruz G. 2012. Análisis GGE biplot del rendimiento de trigo (*Triticum* spp.) con riego normal y restringido en El Bajío, México. Agrocienca 46(2):119-131.

Satorre, E. H. and C. M. Ghera. 1987. Relationship between canopy structure and weed biomass in different winter crops. Field Crops Research 17:37-43.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> [consultado el 31 de marzo de 2016).

Solís, M. E., J. Huerta E., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R., A. Ramírez R. y P. Pérez H. 2008. Maya 52007: nueva variedad de trigo para riego en El Bajío. Folleto Técnico No. 3. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 23 p.

Solís, M. E., J. Huerta E., J. Ireta M., R. Sánchez D., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R., et al. 2009. Josecha F2007: variedad de trigo harinero para El Bajío y zonas de riego del norte de México. Folleto Técnico No. 4. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 27 p.

Solís, M. E., J. Huerta E., P. Pérez H., A. Ramírez R., H. E. Villaseñor M. y E. Espitia R., 2007. Urbina S2007: Nueva variedad de trigo harinero para riego en El Bajío. Folleto Técnico No. 2. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 24 p.

Solís, M. E., O. A. Grageda C., A. Ramírez R., M. L. de la Cruz G., L. Ledesma R. y M. P. Suaste F. 2014. Mejoramiento genético de trigo y respuesta de variedades a ambientes de riego y temporal en Guanajuato. In: Solís, M. E. y G. A. Rodríguez. (comps.). Tecnología para la producción sustentable de trigo de riego en el Bajío. Celaya, Guanajuato, México. SAGARPA- INIFAP. Campo Experimental Bajío. 267 p.

Van Keulen, H. and N. G. Slegman. 1987. Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop. Simulation monographs. Wageningen: Pudoc. The Netherlands. 310 p.

Villaseñor, M. H. E., J. Huerta E., E. Solís M., E. Espitia R., J. Ireta M., R. Galván L. et al. 2010. Norteña F2007: nueva variedad de trigo para siembras de riego en la región Norte, Noroeste y El Bajío. Folleto Técnico No. 4. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 27 p.

APLICACIONES PRECOSECHA DE FUNGICIDAS CONTROLAN *Colletotrichum gloeosporoides* (Penz.) EN POSTCOSECHA DE AGUACATE 'HASS' EN MICHOACÁN

Juan Antonio Herrera-González^{17*}, Maureen Yamile Vite-Hernández¹⁸, Juan Esteban Zapien-Ramos¹⁸
y Edmundo Mercado Silva¹⁹

Resumen

El hongo *Colletotrichum gloeosporoides* es el agente causal de la antracnosis del aguacatero, una de las enfermedades que causan daños severos en la postcosecha de aguacate como pudrición externa, oscurecimiento vascular, pudrición basal y pudrición de la pulpa en madurez de consumo. Las aplicaciones de fungicidas en precosecha pudieran ser efectivas en el control de esta enfermedad en postcosecha. Se utilizaron cinco fungicidas autorizados en aguacate en México, Azoxystrobin, Azoxystrobin+fludioxonil, Piraclostrobina, Sulfato de cobre y Tiabendazol, fueron aplicados 2, 14 y 28 días antes de la cosecha de frutos de aguacate 'Hass' en un huerto de clima semicálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano [(A)C(m)(w)] en Salvador Escalante, Michoacán. Algunos fungicidas redujeron la incidencia de pudrición externa, oscurecimiento vascular, pudrición basal y pudrición de la pulpa cuando se aplicaron a los 14 y 28 días. Azoxystrobin y Azoxystrobin+fludioxonil fueron lo más efectivos en la reducción de las enfermedades postcosecha. A diferencia de Piraclostrobina, Sulfato de cobre y Tiabendazol que se comportaron de forma similar al testigo en casi todos los periodos. Los días a madurez de consumo fueron similares entre los tratamientos (14-15 días). Tampoco se encontraron diferencias en la pérdida fisiológica de masa, pero en todos los casos las pérdidas fueron superiores al 10%. Para reducir la resistencia de los fungicidas, que controlan enfermedades en postcosecha, es necesario establecer estrategias efectivas que hagan uso combinado de los modos de acción de los fungicidas.

Palabras clave: *Persea americana* Miller, calidad, precosecha, oscurecimiento vascular

¹⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan, Avenida Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. Tel. (553) 871-8700 Ext. 84202.

¹⁸ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Colonia Viveros, 60170 Uruapan, Mich.

¹⁹ Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Centro Universitario Cerro De las Campanas S/N. Querétaro, Qro.

*herrera.juanantonio@inifap.gob.mx

Introducción

México es el principal productor de aguacate en el mundo, con 1.5 millones de toneladas anuales que representan el 28.5% de la producción mundial (FAOSTAT, 2014). La mayor superficie establecida con este cultivo se localiza en la región occidente del país: Michoacán (134,941 ha), Jalisco (17,040 ha) y Nayarit (5,385 ha). Estos cuatro estados concentran el 88% de la producción nacional con un valor que supera los 21 millones de pesos (SIAP, 2015).

Debido a que el cultivar 'Hass' tiene una amplia adaptación a diversas altitudes y tipos de climas es posible obtener cosechas todo el año (Salazar-García et al., 2004). En la temporada 2016-2017 se cosecharon 908 mil toneladas, de las cuales se exportaron 728 mil a Estados Unidos de Norteamérica y 58 mil a otros destinos (APEAM, 2017).

Por la cantidad de frutos que se exportan, las enfermedades postcosecha se vuelven importantes, ya que afectan la calidad del fruto, la vida de anaquel y el valor comercial. Algunos hongos patógenos son los causantes de estas enfermedades, entre los que sobresale *Colletotrichum gloeosporioides* como el principal agente causal (Yenjit et al., 2010). La infección latente se presenta en precosecha, provocando en madurez de consumo dos enfermedades: pudrición de pulpa (body rot) y pudrición basal (stem end rot) (Bill et al., 2014). El control de patógenos se puede lograr reduciendo la concentración del inoculo antes de la cosecha, con aplicaciones de fungicidas en campo (Zhang y Timmer 2007). Sin embargo, estas aplicaciones no son regulares o son insuficientes. Por ejemplo, mientras que en Nueva Zelanda se realizan hasta 18 aplicaciones en la temporada, en México se realizan entre 3 y 8. Esto convierte a las enfermedades postcosecha, en México, en una fuente de pérdida de calidad y pérdidas económicas (Dixon y Pak, 2002). Una alternativa sería el control en postcosecha, pero como el volumen de exportación es tan alto que, esta práctica resultaría costosa por la pérdida de tiempo (Berry et al., 2017). Además, para evitar las enfermedades, el almacenamiento, el transporte y la venta se deben de realizar en condiciones óptimas de temperatura (Opara y Pathare, 2014). Muchas investigaciones sobre enfermedades en postcosecha se han centrado en identificar el agente que la produce. Sin embargo, no se han enfocado en el control desde la precosecha, para establecer programas de aplicaciones mínimas o aplicaciones antes de la cosecha, que permitan disminuir la concentración del inoculo al momento de cosechar. Esto se vuelve un problema para las empacadoras exportadoras de Jalisco y Michoacán, que envían fruto a mercados distantes (Europa y Asia).

En México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México (APEAM A.C.) han elaborado un listado de plaguicidas recomendados para el cultivo del

aguacate (APEAM, 2016), donde aparecen algunos fungicidas, Azoxystrobin, Azoxystrobin+fludioxonil, Piraclostrobina, Sulfato de cobre y Tiabendazol, para el control de antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. Por lo que establecer la aplicación de algún fungicida semanas antes de la cosecha podría disminuir estas pérdidas y asentarse como una práctica fitosanitaria regular.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de cinco fungicidas y el tiempo más apropiado de aplicación antes de la cosecha para el control de antracnosis en aguacate 'Hass' para exportación en Uruapan, Michoacán.

Materiales y métodos

Fungicidas

En el Cuadro 1 se muestran los fungicidas, formulación, manufactura y dosis de aplicación se recomendados para el cultivo del aguacate de la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México (APEAM, A.C.).

Cuadro 1. Listado de fungicidas a evaluar, sus nombres comunes y comerciales y dosis de aplicación.

Nombre técnico	Nombre comercial	Ingrediente activo (%)	Dosis
Azoxystrobin	Bankit®	23.75	500-600 mL Ha ⁻¹
Azoxystrobin+fludioxonil	Bankit Gold®	20.51	300-400 mL Ha ⁻¹
Piraclostrobina	Headline®	23.6	0.5-1.0 L Ha ⁻¹
Sulfato de cobre	Mastercop®	21.36	300-600 mL Ha ⁻¹
Tiabendazol	Tecto 60®	60	0.5-0.75 kg Ha ⁻¹

Características del huerto

El experimento se estableció en Jujutacato, municipio de Salvador Escalante, Michoacán, a 1682 m de altitud, en un clima semicálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano [(A)C(m)(w)] y con un suelo tipo andosol. El manejo de los árboles fue el que realizó el productor normalmente. Se seleccionaron 54 árboles de entre 12 y 15 años de edad, con al menos 50 frutos en cada árbol.

Aplicación de fungicidas

Todos los fungicidas fueron aplicados vía foliar en los árboles seleccionados con una motobomba de alta presión con un tanque de 20 litros (EFCO, IS 2026). Las dosis aplicadas fueron las establecidas en el listado de plaguicidas recomendados (Cuadro 1). Los frutos fueron bañados hasta punto de goteo, usando aproximadamente 3-4 L por árbol. Como

adherente se utilizó Break® Thru. Los árboles control fueron aplicados sólo con adherente. La aplicación se realizó de diciembre 2016 a enero 2017.

Cosecha de frutos y manejo postcosecha

Los frutos fueron cosechados 2, 14 y 28 días después de la aplicación de los fungicidas. Por cada árbol se tomaron 30 frutos, tres árboles por tratamiento (90 frutos), los cuales fueron tomados de manera aleatoria. Cada repetición fue transportada en cajas de acarreo de plástico de 11 kg al laboratorio del Campo Experimental Uruapan del INIFAP, para su almacenamiento a temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $60\% \pm 10\%$) hasta madurez de consumo.

Variables evaluadas

La pérdida de masa se midió con una balanza digital (Ohaus®, CS2000, Parsippany, USA) los días 0, 7 y 12 del almacenamiento; los datos fueron expresados como porcentaje de masa perdida. El número de días para alcanzar la madurez de consumo se registró para todos los frutos y fue asignada a frutos que superaron el 75% de la piel virada a negro (Herrera-González et al., 2017). En madurez de consumo, se midió el porcentaje de fruto que presentó algún grado de pudrición externa, oscurecimiento vascular, pudrición basal y pudrición de la pulpa.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Como factor de variación, fungicidas y días antes de la cosecha. Se realizaron análisis de varianza con el paquete estadístico SAS V9.3 (SAS, 2010). Los datos fueron transformados en valores de raíz cuadrada de arco seno para la normalización de las varianzas antes del análisis. La comparación de medias se realizó con la prueba de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$). En todos los casos se presentaron los porcentajes reales de las variables evaluadas.

Resultados y discusión

Pudrición externa. El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ($P < 0.05$) la pudrición externa de los frutos cuando se aplicaron a los 14 días antes de la cosecha, siendo el de menor porcentaje Azoxystrobin+fludioxonil. Cuando se aplicaron los tratamientos 2 y 28 días antes de la cosecha, el daño supero el 10% (Figura 1).

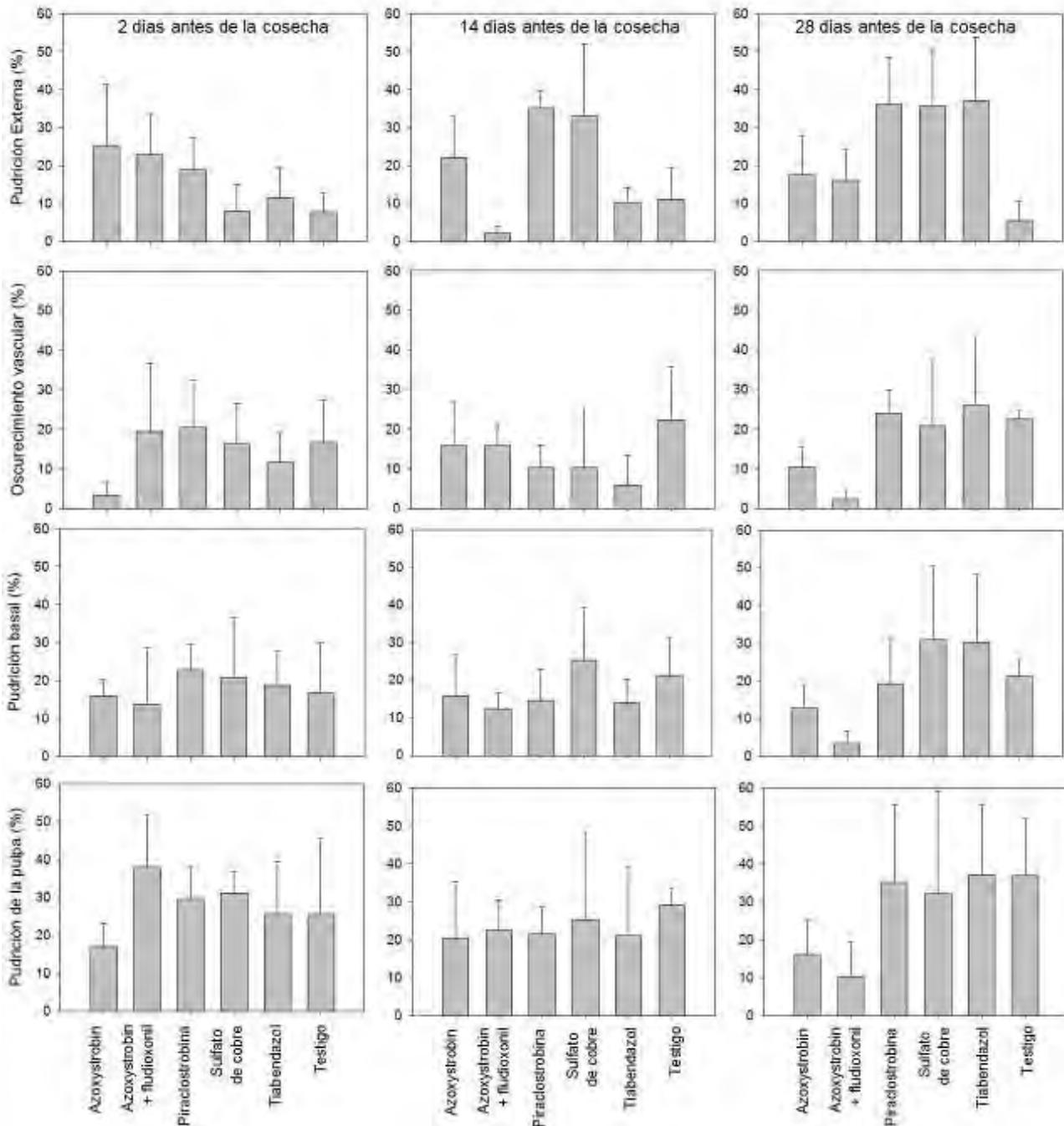


Figura 1. Efecto de aplicaciones de fungicidas en diferentes tiempos de aplicación antes de la cosecha sobre pudrición externa, oscurecimiento vascular, pudrición basal y pudrición de la pulpa de aguacate 'Hass'.

Oscuramiento vascular. El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ($P < 0.05$) el oscurecimiento vascular de los frutos cuando se aplicó a los 2 y 28 días antes de la cosecha. Azoxystrobin (aplicado 2 días antes) y Azoxystrobin+fludioxonil (aplicado 28 días antes) presentaron porcentajes de daños menores al 5%. El resto de los fungicidas aplicados

en los tres periodos presentaron daños entre 10 y 25% (Figura 1).

Pudrición basal del fruto. El fungicida y tiempo de aplicación afectaron significativamente ($P < 0.05$) la pudrición de la pulpa del fruto cuando se aplicó 28 días antes de la cosecha. Siendo los más eficientes Azoxystrobin+fludioxonil (Figura 1). En contraste los fungicidas Tiabendazol, Sulfato de cobre y Piraclostrobina presentaron los porcentajes más elevados en los tres periodos de aplicación antes de la cosecha. Resultados similares a los obtenidos en este estudio se observaron en aplicaciones de Azoxystrobin+fludioxonil en cítricos cuando se aplicaron a los 21 y 28 días antes de la cosecha (Zhang y Timmer, 2007).

Pudrición de la pulpa. El fungicida y tiempo de aplicación no afectaron significativamente la pudrición de la pulpa del fruto. Los porcentajes oscilaron entre 10 y 40% de daños en los frutos (Figura 1).

Azoxystrobin y Azoxystrobin+fludioxonil redujeron la mayoría de las incidencias cuando se aplicaron 14 y 28 días antes de la cosecha, esto comparado con el testigo y con el fungicida a base de cobre, que es el que comúnmente se utiliza en Michoacán. Sin embargo, Bankit® y Bankit Gold®, fueron menos eficientes cuando se aplicaron 2 días antes de la cosecha, excepto en el oscurecimiento vascular, donde Bankit® fue el más eficiente de los fungicidas. Piraclostrobina ha mostrado ser efectivo en la reducción de la pudrición basal y antracnosis, en cultivos de cítricos, cuando se aplica cercano a la cosecha (Zhang y Timmer, 2007), lo que no ocurrió en este estudio. En el caso del Tiabendazol, es posible que exista resistencia del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), aunque se recomienda para antracnosis, es también uno de los productos más utilizados.

Para reducir la resistencia de los fungicidas, que controlan enfermedades en postcosecha, es necesario establecer estrategias efectivas que hagan uso combinado de los modos de acción de los fungicidas. Es recomendable realizar primero una aplicación de fungicida de contacto, seguido de un fungicida sistémico considerando los tiempos de aplicación más adecuados para su mayor eficiencia. Otra alternativa sería la aplicación combinada de fungicidas en precosecha y en postcosecha para reducir el potencial desarrollo u homogenizar la calidad sanitaria de los frutos que llegan a la empacadora para ser exportados.

Días a madurez de consumo y pérdida fisiológica de masa. El fungicida y tiempo de aplicación no afectaron significativamente los días en que tardaron los frutos en alcanzar la madurez de consumo, tardando en promedio 14 días. Los fungicidas y el tiempo de aplicación no afectaron significativamente la pérdida fisiológica de masa de los frutos en madurez de consumo (Figura 2). Sin embargo, todos los tratamientos superaron el 10% de

pérdida de masa. Una pérdida de masa en aguacate provoca deshidratación del fruto y afecta la calidad interna del fruto (Herrera-González et al., 2017).

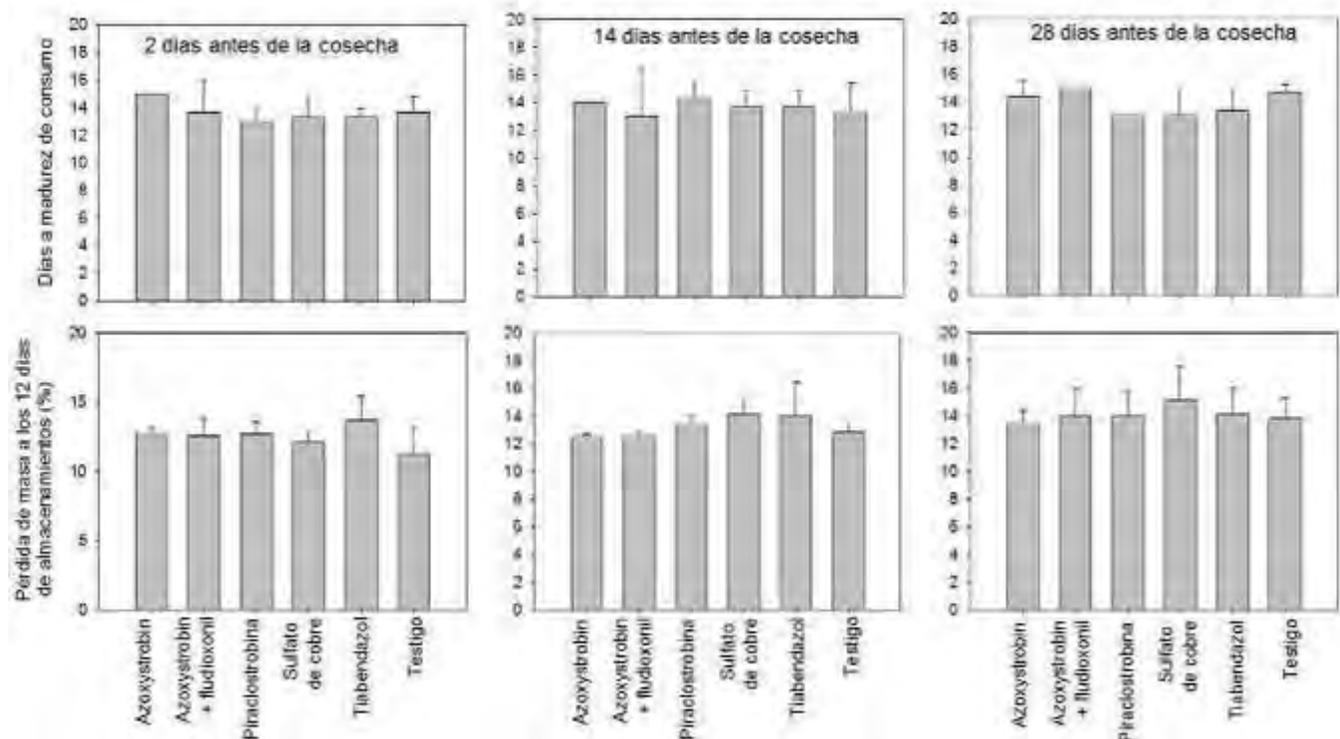


Figura 2. Efecto de aplicaciones de fungicidas en diferentes tiempos de aplicación antes de la cosecha sobre los días a madurez de consumo y pérdida fisiológica de masa de aguacate 'Hass'.

Conclusiones

1. Azoxystrobin+fludioxonil aplicado a los 14 y 28 días, Azoxystrobin aplicado a los 2 y 14 días son los fungicidas que mejor controlaron las enfermedades postcosecha y mantienen la calidad.
2. Piraclostrobina, Tiabendazol y Sulfato de cobre se comportaron similar al testigo en la mayoría de los periodos de aplicación.

Literatura citada

APEAM (Asociación de Productores y Exportadores de aguacate de México). 2017. Temporada de exportación de aguacate michoacano a Estados Unidos 2016-2017. El Agricultor.mx el acontecer de la agricultura. www.elagricultor.mx [consultado el 15 de junio 2017].

- APEAM (Asociación de Productores y Exportadores de aguacate de México). 2016. Listado de plaguicidas recomendado para el cultivo del aguacate. <http://www.apeamac.com/pdf/plag2013.pdf>. [Consultado el 15 de junio 2017].
- Berry, T. M., T. S. Fadji, T. Defraeye and U. L. Opara. 2017. The role of horticultural carton vent hole design on cooling efficiency and compression strength: A multi-parameter approach. *Postharvest Biology and Technology* 124:62-74.
- Bill, M., D. Sivakumar, L. Korsten and A. K. Thompson. 2014. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Protection* 64:159-167.
- Dixon, J. and H. A Pak. 2002. Analysis of Packhouse Library Tray Data From 2001/2002 Season. NZ Avocado Growers Association Annual Research Report (Vol. 2). Bethlehem, Tauranga.
- Herrera-González, J. A., S. Salazar-García, J. Ruiz-García y H. Martínez-Flores. 2017. Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate Méndez. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(1):55-63.
- Opara, U. L. and P. B. Pathare. 2014. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce-A review. *Postharvest Biology and Technology* 91:9-24.
- Salazar-Garcia, S., L. Zamora-Cuevas and R. J. Vega-López. 2004. Update on the avocado industry of Michoacán, México. *California Avocado Society Yearbook* 87:31-44.
- SAS 2010. SAS Institute Inc. SAS 9.3 TS Level 1M2. https://www.sas.com/en_us/software/sas9.html
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp [consultado el 12 de abril de 2017].
- Yenjit, P., M. Issarakraisila, W. Intana and K. Chantrapromma. 2010. Fungicidal activity of compounds extracted from the pericarp of Areca catechu against *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro and in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 55(2):129-132.
- Zhang, J. and L. W. Timmer. 2007. Preharvest application of fungicides for postharvest disease control on early season tangerine hybrids in Florida. *Crop Protection* 26(7):886-893.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE GENOTIPOS DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) EN DOS AMBIENTES AGROECOLÓGICOS DE VERACRUZ

Arturo Durán Prado^{20*}, Andrés Vásquez Hernández²⁰, Isaac Meneses Márquez²⁰, Rigoberto Zetina Lezama²⁰, Romualdo Vásquez Ortiz²¹ y Alberto Trujillo Campos²²

Resumen

En Veracruz se siembran alrededor de 553.5 ha con cacahuete, con un rendimiento medio anual de 1,140 kg ha⁻¹, lo que dio lugar a una producción de 631.84 t (SIAP, 2014), siendo un cultivo alternativo con potencial productivo en diversos tipos de suelo y clima. En el INIFAP se realizó un ensayo regional de evaluación de nueve genotipos de cacahuete de hábito de crecimiento erecto y rastroero en dos localidades del estado de Veracruz, con el objetivo de identificar y seleccionar, al menos, un genotipo erecto y otro rastroero, que superen el rendimiento de los genotipos que tradicionalmente siembra el productor. Los experimentos se establecieron el día 2 y 11 de julio, durante el ciclo P-V 2016, en los municipios de Úrsulo Galván y Medellín, Ver., respectivamente. La variable evaluada fue el rendimiento de fruto en kg ha⁻¹, ajustado al 14% de humedad. Se utilizó un diseño de bloques al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones; los datos se analizaron con el paquete UANL 2.5 (Olivares, 1994), con el que se realizó análisis de varianza y la prueba de Tukey (0.05). El rendimiento de fruto obtenido en el suelo tipo regosol de Úrsulo Galván, fue de 2,911 kg ha⁻¹ y en el suelo tipo fluvisol de Medellín, fue de 3,159 kg ha⁻¹. Los genotipos evaluados que expresaron su mayor potencial de rendimiento promedio en ambas localidades fueron: Florunner con 3,701 kg ha⁻¹, seguido por Runner con 3,426 kg ha⁻¹. Los mejores genotipos de hábito de crecimiento erectos fueron el Criollo Ocozocuaúta, con 3,183 kg ha⁻¹, seguido por Ranferi Díaz con 3,049 kg ha⁻¹. Se concluye que estos genotipos son promisorios para estas dos zonas agroecológicas del estado de Veracruz.

Palabras clave: *Arachis hypogaea* L., genotipos, evaluación

²⁰ INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla.

²¹ INIFAP. Campo Experimental Iguala.

²² INIFAP. Campo Experimental Zacatepec.

*duan.arturo@inifap.gob.mx

Introducción

El cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) es una oleaginosa que forma parte de los cultivos alternativos con potencial para su producción en áreas con suelos de textura arenosa a franco arenosa. En México se siembran anualmente 59,414.83 ha con cacahuete, la mayoría bajo condiciones de temporal; en 2014 se produjeron 96,346.21 t con un rendimiento promedio nacional de 1.63 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Los principales estados productores son Sinaloa, Chihuahua y Chiapas, que aportan más del 59.4% de la producción nacional. En ese mismo año, en el estado de Veracruz se cosecharon 553.5 ha en las que se tuvo una producción de 631.84 t, obteniéndose un rendimiento promedio bajo de 1.14 t ha⁻¹, en suelos de mediano o bajo potencial productivo. En esta entidad, el cacahuete se cultiva en algunos casos para auto consumo, en los Distritos de Desarrollo Rural de Huayacocotla, La Antigua, San Andrés Tuxtla, Pánuco, Veracruz y Coatepec, en algunos son para autoconsumo. Las variedades de cacahuete mejoradas por el INIFAP tienen buena adaptación a las condiciones agroecológicas de las zonas productoras de Veracruz que se encuentran de 0 a 320 m de altitud. Con las variedades Río Balsas y Huitzucó-93 se pueden obtener rendimientos de 2.47 y 2.6 t ha⁻¹ respectivamente, siguiendo las recomendaciones del paquete tecnológico del INIFAP (Durán et al., 2011).

El Campo Experimental Cotaxtla a inicios de 2002, ha desarrollado investigación en cuanto a introducción, selección y estudio de materiales de hábito de crecimiento erecto y rastreros evaluados durante 2002-2003, donde se aplicó el paquete tecnológico actualizado de otros centros de investigación del INIFAP y se identificaron materiales con buena adaptación y comportamiento agronómico, respecto a las variedades comerciales sembradas en el municipio de Úrsulo Galván, Ver.

Es importante mencionar que este cultivo ha cobrado importancia en suelos de baja fertilidad como son los regosoles ubicados en la zona costera del estado de Veracruz, donde otros cultivos tienen rendimientos muy bajos; en estos suelos se ha observado que el cacahuete puede prosperar adecuadamente en este ambiente edafoclimático, para lo que el Campo Experimental Cotaxtla cuenta con información actualizada de la tecnología de producción del cultivo en el estado de Veracruz (Durán et al., 2011). El objetivo del presente trabajo fue identificar y seleccionar, al menos, un genotipo de cacahuete erecto y otro rastrero, que superen el rendimiento de los materiales que tradicionalmente siembra el productor.

El cultivo de cacahuete es adecuado para alcanzar rendimientos óptimos en un ambiente donde se requiere ajustar el ciclo de vida del cultivo a la duración de la estación de crecimiento (número de días del año con disponibilidad de humedad en el suelo para los cultivos). La introducción de genotipos mejorados o nuevos cultivos en regiones nuevas está determinada en gran medida por la temperatura y la fenología (Aitken, 1974), por lo que el

mejoramiento genético es crucial para incrementar los rendimientos y rentabilidad del cultivo. En una evaluación del potencial de rendimiento de cultivares erectos de cacahuete en el centro de Veracruz, Durán et al., (2004a) identificaron que los mejores genotipos por su rendimiento y resistencia moderada a la roya fueron: V.C. C-49 MOR con 7108 kg ha⁻¹, SMEC 14 con 6799 kg ha⁻¹ y SIEC 5 con 6656 kg ha⁻¹, los cuales se consideraron como promisorios para continuar su evaluación experimental y posible liberación.

Al estudiar cultivares de cacahuete rastreros en Veracruz, Durán et al. (2004b) encontraron que los mejores materiales evaluados por su rendimiento e inmunidad a la roya fueron NC-6, C. 25-PUE y Col. 20 Gto., con rendimientos de fruto de 4698 kg ha⁻¹, 4640 kg ha⁻¹ y 4502 kg ha⁻¹ respectivamente.

Campos-Mondragón et al. (2009), estudiaron el rendimiento agrícola y composición química (proteína, grasa, carbohidratos, fibra y cenizas), perfil de aminoácidos, digestibilidad, perfil de ácidos grasos, contenido de tocoferol y de esteroides de seis variedades de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) Col-24-Gro., Col-61-Gto., VA-81-B, Ranferi Díaz, NC-2 y Florunner. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento se logró en las variedades Ranferi Díaz y Col-61-Gto con 6.3 y 5.4 t ha⁻¹ respectivamente, mientras que Florunner obtuvo 2.5 t ha⁻¹.

Las enfermedades reducen o limitan la productividad y calidad del cacahuete; entre éstos se incluyen [virus de la roseta, mancha foliar temprana o “peca temprana” (*Cercospora arachidicola*), y mancha foliar tardía o “peca tardía” (*Phaseoisaripsis personata*), roya (*Puchinia arachidis*) y pudrición del tallo y raíz (*Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina*)]. También se encuentran las plagas (áfidos, trips y termitas), estrés por sequía, períodos de larga maduración, baja fertilidad del suelo y carencia de variedades de alto rendimiento (Busolo-Banafu, 1994).

Ayala (1975), evaluó 18 variedades erectas de cacahuete en tres localidades de la región de Huitzuco, Gro., encontrando los rendimientos promedio más altos con las variedades RF-214, RF-132 y RF-127, con 4860 kg ha⁻¹; 4711 kg ha⁻¹ y 4584 kg ha⁻¹ respectivamente, mientras que la variedad con menor rendimiento fue Manfredi 59-523 con 2505 kg ha⁻¹.

Joaquín y Ayala (1996) citados por (Durán et al., 2011), liberaron las variedades mejoradas Río Balsas de porte erecto y Huitzuco-93 de porte rastrero, las cuales son resistentes a la “canícula” (sequía intraestival del mes de agosto), y aún con 47 días de sequía después de la primera lluvia muestran excelente recuperación en el tamaño de planta, número de flores y frutos y rendimientos de 3.1 y 2.6 t ha⁻¹; respectivamente. Ambas variedades son de fruto y semilla grande (tipo Virginia), característica que las hace apropiadas para su venta al consumo directo en el mercado rural. Estas variedades se recomiendan para los estados de Puebla, Morelos y Guerrero; Veracruz puede ser una entidad potencial para su adopción por los productores que carecen de variedades mejoradas de cacahuete.

En el municipio de Mocoltlan, Sin., el principal problema que afecta el rendimiento y la

comercialización del cacahuete, es que al destinarse a tostado en cáscara el 90% de la cosecha, el productor deja de obtener 2 mil pesos por tonelada producida (el precio por tonelada producida pasa de 8 mil a 6 mil pesos) por el tamaño en longitud de vaina de 3 centímetros, en comparación con el de 4.5 centímetros que llega a México vía importación. (Angulo S/F).

En Sinaloa, Angulo y Joaquín (S/F), validaron 21 variedades del banco de germoplasma de cacahuete del Campo Experimental Iguala del INIFAP, aplicando el paquete tecnológico para alta productividad de cacahuete en seis lotes demostrativos. El rendimiento promedio de las variedades de cacahuete validadas fue de 2.0 t ha⁻¹, su tamaño de vaina igual o mayor a 3.5 cm, su ciclo vegetativo de 115 días a la trilla (25 días menos que el promedio en las variedades tradicionales), y su mercado es el tostado en cáscara, donde alcanzan mayor cotización. Las variedades validadas se adaptan a las condiciones de clima y suelo de Mocorito, Sin., tienen hábito de crecimiento erecto, lo que no afecta al sistema mecanizado de cosecha de los productores de cacahuete. Su tolerancia a plagas es semejante a la de la variedad Río Balsas (testigo).

Barrera et al. (2002), mencionan que la introducción de materiales a través de germoplasma denominado élite (variedades criollas, variedades mejoradas, poblaciones segregantes, líneas puras, etc.) es el método más común y rápido de fitomejoramiento, a través del cual se valora la respuesta de genotipos introducidos a una zona o región con base a sus caracteres morfológicos agronómicos e industriales de mayor importancia.

Materiales y métodos

Se establecieron dos ensayos: uno en el ejido Las Lomas, Mpio. de Úrsulo Galván (19° 22' 5.00" L. N. y 96° 19' 23.22" L. O.) el 2 de julio de 2016, y el otro en el Campo Experimental Cotaxtla, Mpio. de Medellín (18° 55' 55.70" L. N. y 96° 11' 31.60" L. O.), el 11 de julio de 2016.

Diseño experimental. Fueron nueve tratamientos (genotipos) que incluyeron seis genotipos criollos de otros estados (uno de hábito de crecimiento semi-rastrero y cinco erectos), una variedad mejorada del INIFAP y dos testigos regionales del productor (Cuadro 1), en un diseño bloques al azar con tres repeticiones, el tamaño de parcela experimental fue de cuatro surcos de 0.6 m de separación y 4 m de longitud (9.6 m²), la parcela útil consistió en dos surcos centrales de 3 m de longitud (3.6 m²).

La variable cuantificada en los dos experimentos fue rendimiento de fruto en kg·ha⁻¹ el que se estimó una vez que las plantas llegaron a su madurez fisiológica, misma que ocurrió entre los

120-125 días después de la siembra. Se cosecharon dos surcos centrales de 0.6 m de ancho por 3 m de largo eliminando 0.5 m de los extremos de la parcela experimental (3.6 m²) y dejando los surcos orilleros o “bordos”. Se arrancaron, etiquetaron, y trillaron las plantas manualmente y se dejaron secar en patio de cemento para esperar a que la humedad del fruto fuera de aproximadamente el 14%, se arrancaron los frutos de las raíces de las plantas y se utilizó un medidor de humedad digital G-WON modelo GMK-303A para registrar la humedad de cada una de las parcelas y se corrigió el peso ajustando al 14% de humedad para después hacer la estimación en kg·ha⁻¹.

La preparación del terreno en el ejido las Lomas, mpio. de Úrsulo Galván se realizó de 30 de junio al 2 de julio de 2016 con buena humedad del suelo; consistió en dos pasos cruzados de rastra y surcado a 0.6 m de separación. La siembra se realizó con espeque de madera para marcar en el fondo del surco, hoyos a 5 cm de profundidad cada 40 cm entre matas para los genotipos erectos y de 60 cm entre matas para genotipos rastreros, se aplicó el fungicida

Cuadro 1. Genotipos de cacahuate evaluados en dos agroecológicas de Veracruz. P-V 2016.

N°.	Genotipo	Origen	Hábito de crecimiento
1	Criollo Huitzucó, Gro.	C. E. Iguala, Gro.	Semi-rastrero
2	Criollo Ocozocuaútlá, Chis.	C. E. Iguala, Gro.	Erecto
3	Criollo Zaachila, Oax.	C. E. Iguala, Gro.	Erecto
4	Criollo Tlaxmalac, Gro.	C. E. Iguala, Gro.	Erecto
5	Criollo San Gerardo, Gro.	C. E. Iguala, Gro.	Erecto
6	Criollo Santa Teresa, Gro.	C. E. Iguala, Gro.	Erecto
7	Ranferi Díaz	C. E. Zacatepec, Mor.	Erecto
8	Runner (testigo)	Úrsulo Galván, Ver.	Rastrero
9	Florunner (testigo)	Úrsulo Galván, Ver.	Rastrero

Interguzan 30-30 (quintozeno + thiram) en dosis de 1 kg ha⁻¹ disuelto en agua para su aplicación directa a la semilla en el fondo del hoyo antes de tajarla. Después de la germinación de la semilla, se llevó a cabo la fertilización química con la fórmula 40-40-00 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, se aplicó 4.8 g por mata de la mezcla de urea (46% N) y difosfato de amonio DAP (18-46-00). Para el control maleza se aplicó en forma postemergente Fusilade y Flex en dosis de 1.0 L + 1.0 L ha⁻¹, a los 20 días después de la emergencia. Se realizaron aplicaciones de insecticida a base de Cipermetrina en dosis de 250 mL ha⁻¹ para el control de plagas como la doradilla (*Diabrotica balteata*) y chicharritas (*Empoasca kraemeri*) y Clorotalonil en dosis de 1.75 kg ha⁻¹ para la prevención de enfermedades foliares como la “peca temprana de la hoja” (*Cercospora arachidicola*).

En el Campo Experimental Cotaxtla, la preparación del terreno se realizó del 7 al 10 de julio de 2016; consistió en un barbecho a 0.30 m de profundidad y dos pasos cruzados de rastra posteriormente y surcado a 0.6 m de separación para los genotipos erectos y 0.80 m para los genotipos semi-rastrero y rastreros. La siembra se realizó el 11 de julio de 2016, marcando con espeque de madera en el talud o “costilla” del surco, hoyos a 5 cm de profundidad cada 40 cm entre matas para los genotipos erectos y de 60 cm para los genotipos rastreros para evitar excesos de agua. Se aplicó el mismo manejo agronómico citado en párrafo anterior.

Resultados y discusión

Para el caso del Ejido las Lomas, mpio. de Úrsulo Galván, Ver., el análisis de varianza para esta variable de rendimiento de fruto (kg ha^{-1}) no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (genotipos), en el Cuadro 2, se presentan los rendimientos promedio en kg ha^{-1} obtenidos en esta localidad, se observa que el mejor tratamiento fue el Criollo Ocozocuautla con $3702.6 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por Ranferi Díaz con un rendimiento de $3683.9 \text{ kg ha}^{-1}$, variedad rendidora como lo reportan Campos-Mondragón et al., (2009), en tercer sitio se ubicó el Criollo San Gerardo con $3333.1 \text{ kg ha}^{-1}$, en cuarto lugar se tuvo el Criollo Huitzuco con $3097.4 \text{ kg ha}^{-1}$, en penúltimo sitio Florunner con $2702.4 \text{ kg ha}^{-1}$, con un rendimiento similar al reportado por Campos-Mondragón et al., (2009) de 2.5 t ha^{-1} , el genotipo que menor rendimiento produjo fue el Runner con $2099.6 \text{ kg ha}^{-1}$, este material es el testigo comercial de los productores el cual con la aplicación de la tecnología del INIFAP (Durán et al., 2011), supera en 84.17% la producción promedio de cacahuate en el estado de Veracruz que es de 1140 kg ha^{-1} .

Para el caso de la localidad de Medellín (Campo Experimental Cotaxtla), el análisis de varianza para esta variable de rendimiento de fruto detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos (genotipos), en el Cuadro 2, se observa que el mejor tratamiento fue Runner el cual obtuvo un rendimiento de $4752.5 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por el T-9 Florunner con $4699.7 \text{ kg ha}^{-1}$, en tercer sitio se ubicó el Criollo Santa Teresa con $3141.7 \text{ kg ha}^{-1}$, en cuarto lugar se ubicó el Criollo Huitzuco con $2851.5 \text{ kg ha}^{-1}$, en penúltimo sitio se ubicó el Criollo San Gerardo con $2570.3 \text{ kg ha}^{-1}$. El genotipo de menor rendimiento produjo fue el genotipo Ranferi Díaz con $2415.7 \text{ kg ha}^{-1}$, no obstante, esta variedad superó en 111.9% el rendimiento promedio estatal.

Análisis entre localidades del rendimiento de fruto. Se realizó el análisis de varianza combinando de los rendimientos de fruto de las dos localidades evaluadas, para determinar qué genotipos se adaptan en los dos ambientes. El análisis de varianza combinado no

detectó diferencias estadísticas entre tratamientos. En el Cuadro 2 se presentan los promedios de rendimiento de fruto en kg ha⁻¹ obtenido por los genotipos evaluados.

Cuadro 2. Rendimiento de fruto (kg ha⁻¹) de cacahuate en los municipios de Úrsulo Galván y Medellín, Ver. Ciclo P-V 2016.

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)			% de increm./ Media estatal
	Úrsulo Galván	Medellín [§]	Promedio	
T-9 Florunner	2702.4	4699.7 ab	3701.07	224.65
T-8 Runner	2099.6	4752.5 a	3426.08	200.53
T-2 Criollo Ocozocuautila	3702.6	2664.0 bc	3183.31	179.23
T-7 Ranferi Díaz	3683.9	2415.7 c	3049.86	167.53
T-1 Criollo Huitzucó	3097.4	2851.5 bc	2974.48	160.91
T-6 Criollo Sta. Teresa	2771.8	3141.7 bc	2956.79	159.36
T-4 Criollo Tlaxmalac	2902.3	2645.8 bc	2774.14	143.34
T-5 Criollo San Gerardo	3333.1	2570.3 bc	2591.74	127.34
T-3 Criollo Zaachila	1910.2	2690.9 bc	2300.59	101.80
Media	2911.5	3159.1	2995.34	162.74
C. V. (%)	32.03	22.33	26.99	
ANOVA	N. S.	**	N. S.	

[§]tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El rendimiento de fruto en suelo regosol de Úrsulo Galván, Ver. fue de 2911.5 kg ha⁻¹ y en suelo fluvisol de Medellín, Ver., fue de 3159.1 kg ha⁻¹, se observa que el tratamiento Florunner (testigo comercial) logró el máximo rendimiento promedio de ambas localidades con 3701.07 kg ha⁻¹, seguido también por el Runner (testigo comercial) con 3426.08 kg ha⁻¹, otros dos tratamientos que superaron las tres toneladas fueron Criollo Ocozocuautila con 3183.31 kg ha⁻¹ y Ranferi Díaz con 3049.86 kg ha⁻¹, el material menos rendidor fue el Criollo Zaachila con 2300.59 kg ha⁻¹, con estos resultados, se puede inferir que el potencial del cultivo de cacahuate está en ambas localidades a pesar de que se utilicen genotipos introducidos de otros países como fue el caso de T-8 Runner y T-9 Florunner, en tanto los productores de nuestro país cuentan con buen acervo genético de materiales criollos erectos y semi-rastrero que pueden lograr la productividad y rentabilidad del cacahuate estableciéndose en las épocas, densidades de siembra y con la aplicación de la tecnología de producción del INIFAP (Durán et al., 2011).

Conclusiones

1. Los mejores genotipos de cacahuete rastreros fueron Florunner y Runner, los cuales superan en 224.65% y 200.53% el rendimiento medio estatal en Veracruz.
2. Los mejores genotipos erectos fueron Criollo Ocozocuautila, con 3183.31 kg ha⁻¹, seguido por Ranferi Díaz con 3049.86 kg ha⁻¹, aunque los demás tratamientos fueron menores en rendimiento, cabe señalar que estos superan en más del 101.80 a 160.91% a la producción promedio estatal de cacahuete en Veracruz que es de 1140 kg ha⁻¹, por lo tanto, los mejores son considerados con potencial de rendimiento en áreas aptas para el cultivo de cacahuete en dos zonas agroecológicas de Veracruz.

Literatura citada

- Aitken. 1974. Flowering time, climate and genotype. Melbourne University Press. Melbourne, Australia. 193 p.
- Angulo, S. J. R. S/F. Validación de 20 variedades mejoradas de cacahuete. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A. C. Tríptico. 2 p.
- Angulo, S. J. R. e I. C. Joaquín T. S/F. Paquete tecnológico para alta productividad de cacahuete. Memoria Resultados de Proyectos. Fundación Produce Sinaloa A. C. SAGARPA. Gobierno del Estado de Sinaloa. 23 p.
- Ayala, L. O. 1975. Avances de la evaluación de 18 variedades erectas de cacahuete en la región cacahuatera de Huitzuco, Gro. Agric. Téc. Méx. 3(10):371-375.
- Barrera, O. A. Díaz, B. V. y Hernández, A. L. 2002. Producción del cultivo de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en el estado de Morelos. Folleto Técnico N° 18. INIFAP. CIRCE. C. E. Zacatepec. Zacatepec, Mor., México. 34 p.
- Busolo-Banafu, C. M. 1994. The role of genetic enhancement in the sustainability of groundnut production. p. 24-25. In: Ndonguru, B. J., G. L. Hildenbrand and P. Subrahmanyam (eds.). Sustainable groundnut production in Southern and Eastern Africa. Proceeding of a Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Mbabane, Swaziland.
- Campos-Mondragón, M. G., Calderón de la Barca, A. M., Durán-Prado, A., Campos-Reyes, L. C. Oliart-Ros, R. M., Ortega-García, J. et al. 2009. Nutritional composition of new peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. Grasas y aceites 60(2):161-167.

Durán, P. A., López, G. V. O., Sánchez, D. S., Becerra, L. E. N. y Rodríguez, M. F. A. 2004a. Potencial de rendimiento de cultivares erectos de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en centro de Veracruz, México. p. 282. In: Memoria de Resúmenes. XX Congr. Nal. de Filogenética. Toluca, Edo. de Méx., México.

Durán, P. A., López, G. V. O., Sánchez, D. S., Becerra, L. E. N. y Rodríguez, M. F. A. 2004b. Comportamiento agronómico de cultivares rastreros de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en centro de Veracruz, México. p. 293. In: Memoria de Resúmenes. XX Congr. Nal. de Filogenética. Toluca, Edo. de Méx., México.

Durán, P. A., López, G. V. O., Becerra, L. E. N., Esqueda, E. V. A., Joaquín, T. I. C. y Cumpián, G. J. 2011. Manual de producción del cultivo de cacahuete *Arachis hypogaea* L. en el estado de Veracruz. Folleto para Productores N° 16. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver. 76 p.

Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (Programa de computo versión 2.5) Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.

Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2014. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. [consultado el 22 de septiembre de 2016].

CARACTERÍSTICAS DE FRUTO DE POBLACIONES NATIVAS DE *Carica papaya* L. EN GUERRERO

Guadalupe García Solano²³, Guadalupe Reyes García²³, Francisco Palemón Alberto²³, Romualdo Vásquez Ortiz^{24*}, Dolores Vargas Álvarez²⁵ y Edgar Espinosa Trujillo²⁶

Resumen

La papaya (*Carica papaya* L.) es considerada como una de las frutas de mayor valor nutritivo y digestivo, utilizada ampliamente en dietas alimenticias a nivel nacional e internacional. Su cultivo es una alternativa para la diversificación agrícola en las regiones del estado de Guerrero, debido a las condiciones edafoclimáticas favorables para su crecimiento y desarrollo. Los problemas que afectan al cultivo se deben al bajo número de variedades e híbridos explotadas comercialmente y la susceptibilidad a plagas y enfermedades. El objetivo del presente fue valorar las características físicas de frutos, tipo de sexo y color de pulpa de las poblaciones nativas de papaya. El experimento se estableció en el Campo Experimental, Unidad Tuxpan dependiente de la Universidad Autónoma de Guerrero, del periodo septiembre 2013 a noviembre 2014. Se evaluaron 22 poblaciones nativas de papaya bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se trasplantaron tres plantas por mata e hilera a dos metros de longitud, posteriormente se hizo un aclareo y se dejó solo una planta por mata como unidad experimental. Las variables de estudio fueron: peso de fruto, diámetro de fruto, longitud de fruto, grosor de pulpa de fruto, tipo de sexo y color de pulpa de fruto. Los resultados corroboraron que las poblaciones nativas presentan diversidad en características fenotípicas en frutos, variantes en tipo de sexo y color de pulpa. El mayor peso promedio fue representado por la colecta Alcholoa y el menor peso fue para Pelillo. El 50% de las colectas exhibieron sexo de tipo hembra y color de pulpa amarilla y el resto de las colectas fueron hermafroditas y su color de pulpa fue naranja-roja. Finalmente, se concluye que existe germoplasma con buenas características agronómicas y componentes de rendimiento que indican la posibilidad de utilizarlos en un programa de

²³ Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales UAGro. Periférico Poniente S/N Col. Villa de Guadalupe, 40040, Iguala de la Independencia, Gro.

Carretera Iguala-Tuxpan, 40,000, Iguala de la Independencia, Gro.

²⁴ Campo Experimental Iguala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 2.5

²⁵ Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas. Chilpancingo, Gro.

²⁶ Universidad de Guanajuato. División de Ciencias de la Vida. El Copal. Irapuato, Gto.

*vazquez.romualdo@inifap.gob.mx

mejoramiento genético.

Palabras clave: papaya, colecta, composta

Introducción

La papaya o lechosa (*Carica papaya* L.) es una fruta tropical con creciente demanda en los mercados de Estados Unidos de América y Canadá, siendo México su principal proveedor (Vázquez et al., 2008). En los últimos años ha sostenido mayor crecimiento en las zonas costeras de México; debido a que posee sabor agradable, alto valor nutritivo en vitamina C, alto contenido de fibra y folato (vitamina B), que es una vitamina requerida para la producción de glóbulos rojos normales, además de ser auxiliar para la digestión; la papaya roja es rica en vitamina A.

En el año 2007, la superficie cosechada de papaya en México fue de 20,946 ha, con una producción anual de 919,000 t, ocupando para ese año el segundo lugar como productor mundial; en 2008 la superficie cosechada disminuyó a 16,084 ha, en las cuales se obtuvo una producción anual de 638,000 t (FAOSTAT, 2008). En México se cultiva principalmente en los estados de Veracruz, Michoacán, Colima, Oaxaca, Chiapas y Guerrero (SIAP, 2014), en donde se concentra el 84.64% de la superficie sembrada en el país, obteniendo una producción estimada de 819,348 t anuales. La producción en el estado de Guerrero se localiza en la zona costera, región Norte y Tierra Caliente, con aproximadamente 1,288 ha sembradas y con una producción obtenida de 42,768 t. Generalmente se cultivan genotipos criollos y en menor superficie otros materiales con alto potencial productivo; los frutos presentan excelentes características organolépticas y gran aceptación en el mercado (Hernández et al., 2007).

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se condujo de septiembre de 2013 a noviembre de 2014 en el Campo Experimental Tuxpan de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, dependiente de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicado en el km 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan, municipio de Iguala de la Independencia, Gro. Las coordenadas geográficas del sitio experimental son: 18°21'30" Latitud Norte, 99°29'50" Longitud Oeste y altitud de 760 m.

El material genético utilizado fueron especímenes de poblaciones nativas de papaya, que se

colectaron en la Región Norte, Centro y Costa Grande del estado de Guerrero. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, 22 unidades experimentales por cada repetición, considerando una planta por unidad experimental, obteniendo una densidad poblacional de 88 plantas. La distancia entre hileras y matas fue de 2 m.

Las actividades desarrolladas se dividieron en dos etapas. La primera consistió en establecer el semillero, para lo cual, sobre un vaso de unicel con tierra y composta se sembraron tres semillas. La segunda etapa consistió en la preparación del terreno mediante un barbecho y rastreo, posteriormente se hicieron los pozos de 30 cm³ a una distancia de 2 m, y se procedió a realizar el trasplante de la plántula de papaya. Se aplicaron riegos con manguera cada tercer día durante un mes, y los riegos subsecuentes fueron cada ocho días; el deshierbe se realizó en forma manual con machete y azadón. Se fertilizó en tres ocasiones con composta con intervalo de dos meses, aplicando 0.5 kg por cada planta de papaya.

Las variables evaluadas fueron: peso de fruto (pdf). Se registraron los pesos en g de cinco frutos con la ayuda de una balanza digital; diámetro de fruto (ddf). Se midió en cm con una cinta métrica en el tercio medio del fruto; longitud de fruto (ldf). Se midió en cm con una cinta métrica, desde la base hasta el ápice del fruto; grosor de pulpa de fruto (gdp). Se midió en cm con una cinta métrica; color de pulpa del fruto (cpf). Se registró al momento de partir los cinco frutos; tipo de sexo (tds). Se identificaron plantas de manera visual en la etapa de floración para definir el sexo.

Una vez obtenidas las variables de estudio, se capturaron los datos en Excel y al mismo tiempo se codificaron para realizar los análisis descriptivos y estadísticos. Se realizó un análisis de varianza para los tratamientos y comparación múltiple de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el programa Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.0.

Resultados y discusión

En la variable peso de fruto se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Este resultado indica que las colectas evaluadas se diferencian por el peso de fruto; es decir, algunas colectas cuyo peso de fruto fueron mayores y otros menores o semejantes al valor promedio de 1.47 kg. El coeficiente de variación indicó que los resultados son confiables.

Al comparar los promedios del peso de fruto de las 22 colectas, se observó que las provenientes de las localidades de Alcholoa, municipio de Teloloapan, y Santa Bárbara municipio de Taxco de Alarcón, fueron las que presentaron mayor peso de fruto (3.15 y 2.48

kg, respectivamente) (Cuadro 1). Estos pesos son superiores a los reportados por Alonso et al. (2008). El 54.54% de las colectas superaron al valor promedio (1.47 kg) en peso de fruto; éstas fueron: Acahuizotla 1e, Taxco el Viejo, Santa Bárbara, Tlanipatlán, La Monera, Ahuehuepan, Testigo 2, Testigo 3, Huerto de las Flores, Alcholoa, Cruz Prieto, las Tortolitas 2. A su vez, el 45.46% de las colectas mostraron inferioridad en el valor promedio (1.47 kg), siendo éstas: Testigo 1, Brasilia, Las Tortolitas 1, Mexcaltepec, Apipilulco, Tomás Gómez, Los Callejones, Acahuizotla 1f, Pelillo y El Porvenir. Las colectas que presentaron peso de fruto menor a 1 kg fueron: Brasilia, y Pelillo provenientes del municipio de Acapulco de Juárez, Los Callejones y El Porvenir del municipio de Atoyac de Álvarez y Apipilulco del municipio de Cocula.

En diámetro de fruto, se observaron diferencias altamente significativas, lo cual indica que existe variación entre colectas; es decir, el material genético evaluado presenta diversas dimensiones de diámetro de fruto, siendo algunos de ellos semejantes e inferiores al valor promedio (11.9 cm). El mayor diámetro de fruto correspondió a la colecta Alcholoa, aunque las colectas Acahuizotla 1e, Taxco el Viejo, Santa Bárbara, Tlanipatlán, La Monera, Ahuehuepan, Acahuizotla 1f, Huerto de las Flores, Cruz Prieto y las Tortolitas 2, estadísticamente no fueron superadas en diámetro de fruto. En cambio, el 45.46% de las colectas fueron superiores al diámetro promedio (11.9 ± 1.0), mientras que el 27.27% de éstas fueron semejantes al valor promedio general (11.9 ± 1.0) y el resto exhibieron menor diámetro de fruto. Las colectas que presentaron menor diámetro fueron las colectas Brasilia (9.4 cm), Apipilulco (9.4 cm), El Porvenir (9.4 cm), Los Callejones (8.3 cm) y Pelillo 1 (4.7 cm) de frutos pequeños.

Respecto a la longitud de fruto, y de acuerdo al análisis de varianza se observaron diferencias altamente significativas, esto indica que existe variación entre las poblaciones nativas de papaya. El valor promedio de la longitud del fruto de las colectas fue de 27.50 cm. Al comparar los valores promedio de cada una de las colectas, se detectó a Alcholoa como la de mayor longitud de fruto (38.3 cm); sin embargo, las siguientes colectas no fueron superadas estadísticamente: Testigo 1, Las Tortolitas 1, Acahuizotla 1e, Mexcaltepec, Taxco el Viejo, Santa Bárbara, Tlanipatlán, La Monera, Tomás Gómez, Ahuehuepan, Testigo 2, Testigo 3, Acahuizotla 1f, Huerto de las Flores, Cruz Prieto y Las Tortolitas 2, cuyas longitudes de fruto fueron: 30.3 cm, 26.8 cm, 35.0 cm, 28.0 cm, 31.8 cm, 32.5 cm, 31.8 cm, 28.8 cm, 25.5 cm, 28.0 cm, 29.8 cm, 31.0 cm, 27.8 cm, 28.3 cm, 32.8 cm y 31.8 cm, respectivamente.

Para el grosor de pulpa de fruto, se observaron diferencias altamente significativas. El valor promedio de este factor fue de 2.411 cm. La colecta de Taxco el Viejo presentó el mayor valor numérico (3.05 cm) entre las poblaciones nativas de papaya, seguida por las colectas: Testigo 1, Las Tortolitas 1, Acahuizotla 1e, Mexcaltepec, Santa Bárbara, Tlanipatlán, La

Monera, Tomás Gómez, Ahuehuepan, Testigo 2, Testigo 3, Acahuizotla 1f, Huerto de las Flores, Alcholoa, Cruz Prieto y Las Tortolitas 2; sin embargo, estadísticamente son semejantes, al no ser superadas en el grosor de pulpa.

Cuadro 1. Medias de cuatro variables cuantificadas en frutos de *Carica papaya* L. evaluadas en el Campo Experimental de Tuxpan de la UACAA-UAGro, Guerrero. Periodo de septiembre de 2013 a noviembre de 2014.

Núm.	Colecta	Peso de fruto (kg)	Diámetro de fruto (cm)	Longitud de fruto (cm)	Grosor de pulpa de Fruto (cm)
1	Testigo 1	1.049 abcd*	11.3 abcde	30.3 abcdef	2.23 abcde
2	Brasilia	0.601 abcd	9.4 abcde	19.8 abcdef	1.90 abcde
3	Las Tortolitas 1	1.306 abcd	11.9 abcde	26.8 abcdef	2.50 abcde
4	Acahuizotla 1e	2.022 abcd	13.1 abcde	35.0 abcdef	2.50 abcde
5	Mexcaltepec	1.269 abcd	11.0 abcde	28.0 abcdef	2.88 abcde
6	Taxco el Viejo	2.200 abcd	13.2 abcde	31.8 abcdef	3.05 abcde
7	Santa Bárbara	2.475 abcd	15.0 abcde	32.5 abcdef	2.90 abcde
8	Tlanipatlán	2.121 abcd	13.8 abcde	31.8 abcdef	2.65 abcde
9	La Monera	1.487 abcd	15.0 abcde	28.8 abcdef	2.40 abcde
10	Apipilulco	0.597 abcd	9.4 abcde	19.5 abcdef	1.50 abcde
11	Tomás Gómez	1.048 abcd	10.7 abcde	25.5 abcdef	2.30 abcde
12	Ahuehuepan	1.587 abcd	13.2 abcde	28.0 abcdef	2.40 abcde
13	Testigo 2	1.621 abcd	11.5 abcde	29.8 abcdef	2.80 abcde
14	Los Callejones	0.643 abcd	8.3 abcde	22.8 abcdef	2.08 abcde
15	Testigo 3	1.586 abcd	11.9 abcde	31.0 abcdef	2.58 abcde
16	Acahuizotla 1 f	1.325 abcd	12.1 abcde	27.8 abcdef	2.50 abcde
17	Huerto de las Flores	1.612 abcd	13.1 abcde	28.3 abcdef	2.58 abcde
18	Alcholoa	3.147 abcd	17.0 abcde	38.3 abcdef	2.90 abcde
19	Cruz Prieto	1.959 abcd	13.5 abcde	32.8 abcdef	2.50 abcde
20	Pelillo	0.059 abcd	4.7 abcde	8.0 abcdef	1.00 abcde
21	Las Tortolitas 2	1.985 abcd	13.2 abcde	31.8 abcdef	2.90 abcde
22	El Porvenir	0.580 abcd	9.4 abcde	17.3 abcdef	2.00 abcde
	DSH =	1.637	15.99	13.22	0.951
	Media =	1.467	11.90	27.50	2.411

DSH: diferencia significativa honesta. *Medias con la misma letra en la misma columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Por otra parte, las colectas Brasilia, Apipilulco, Los Callejones, Pelillo y El Porvenir fueron inferiores a la media. De acuerdo con Marín et al. (2003), las plantas hermafroditas con frutos alargados son preferidos comercialmente, dado que estas características se asocian a una menor cavidad ovariana y un mayor espesor de la pulpa.

Al identificar el sexo de las poblaciones nativas de papaya, en las unidades experimentales se observaron con mayor frecuencia plantas con sexo de tipo I (59 plantas hembra), las cuales presentan tres flores en cada inflorescencia axilar. La mayoría de las veces sólo cuaja la flor más grande con pedúnculo corto que se ubica en la parte central, mientras que las dos laterales se caen y producen un fruto de forma redonda u oblonga. Las flores hermafroditas (tipo II) se observaron con menor frecuencia (29 plantas); estas inflorescencias están conformadas por cinco o más flores, con pedúnculo de tamaño intermedio (Storey, 1941; Nakasone, 1986; Badillo, 1993). En cuanto al color de la pulpa, el más frecuente fue el color naranja (54 UE) y con menor frecuencia se presentaron las de color amarillo (34 UE) (Figura 1).

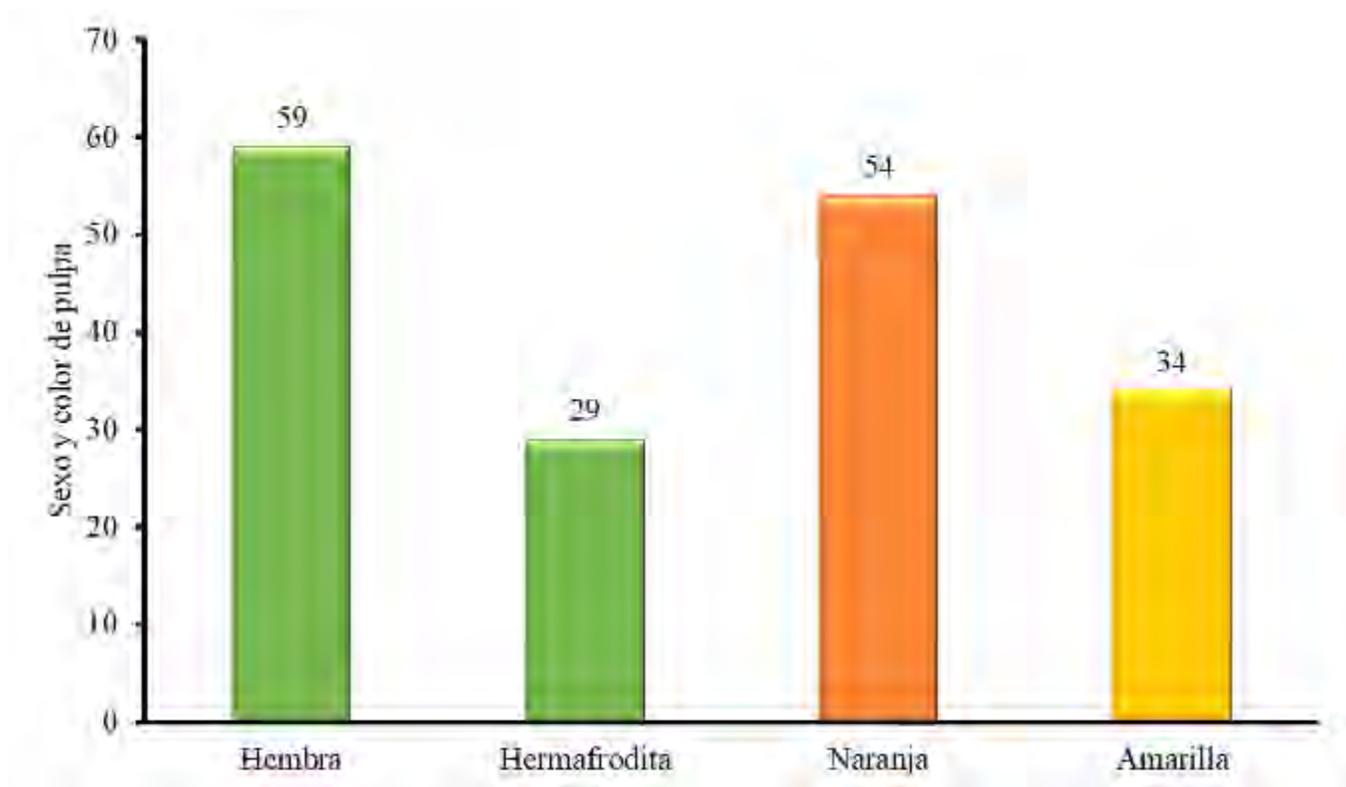


Figura 1. Sexo y color de pulpa de 88 unidades experimentales de *Carica papaya* L. evaluadas en el Campo Experimental de Tuxpan de la UACAA-UAGro, Guerrero. Periodo de septiembre de 2013 a noviembre de 2014.

Es importante estudiar el comportamiento sexual y el color de la pulpa de la papaya, para detectar si existe diversidad genética entre poblaciones nativas de papaya, ya que generalmente las semillas son tomadas de frutos de plantas que se polinizaron libremente, sin tomar en cuenta la fuente del polen. A pesar de la situación, se ha generado poca o nula información sobre su comportamiento fenológico, agronómico y componentes de rendimiento, y de acuerdo a estos resultados, existen genotipos con buenas características que puedan someterse a mejoramiento genético.

Con respecto a los tipos de sexo observados en las poblaciones nativas de papaya, se detectaron dos tipos de color de pulpa. En el sexo tipo I (ginoica) se encontraron los colores de pulpa naranja y amarilla, mientras que en el sexo tipo II (andromonoica) sólo se observó el color naranja (Figura 2).

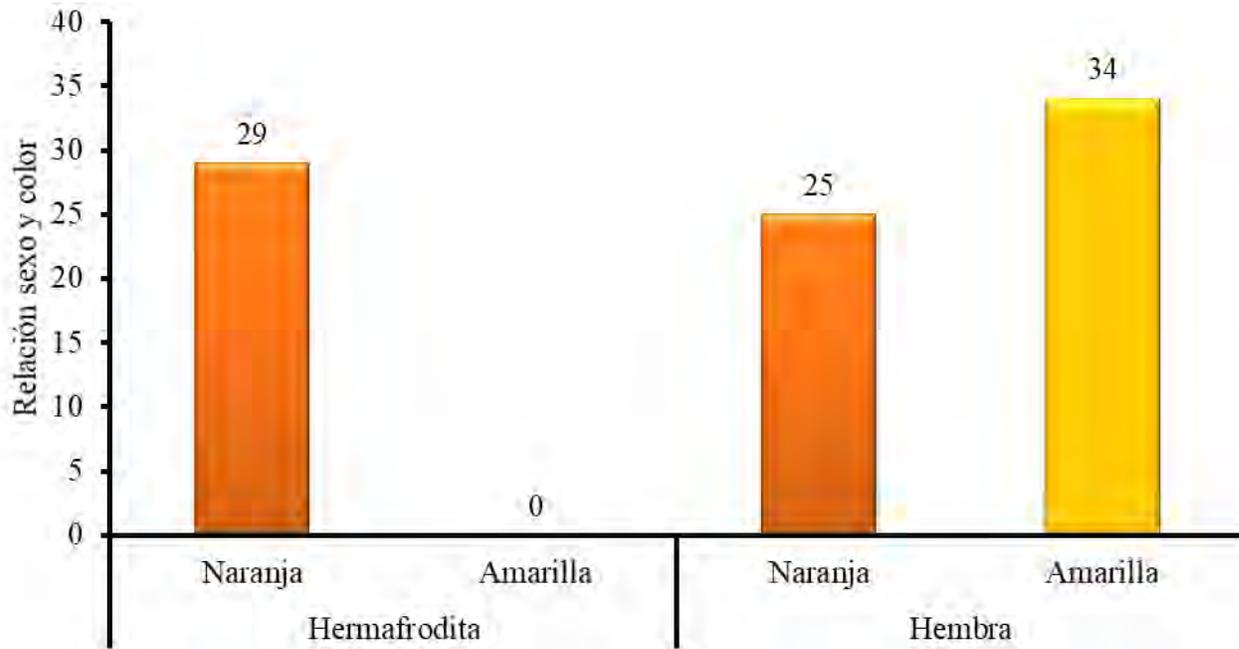


Figura 2. Sexo y color de pulpa de 88 unidades experimentales de *Carica papaya* L. evaluadas en el Campo Experimental de Tuxpan de la UACAA-UAGro, Guerrero. Periodo de septiembre 2013 a noviembre 2014.

Este resultado indica que es probable que las plantas de sexo femenino tengan la posibilidad de ser polinizadas con polen de otras plantas que tienen el gen que determina el color amarillo o naranja; en cambio, las plantas hermafroditas tienen la posibilidad de autofecundarse antes de ser polinizadas por otros agentes bióticos y abióticos. Rodríguez et al. (1990), indican que en plantas hermafroditas de papaya existe cleistogamia; así mismo Ronse y Smets (1999), señalan que la dehiscencia de las anteras ocurre antes de la apertura floral. Las flores hermafroditas son de tamaño intermedio comparado con las flores femeninas; en cambio, al comparar las flores andromonoicas con las masculinas, éstas son más pequeñas (tipo V). Los frutos de plantas de tipo II presentan mejores características comerciales como: forma alargada, piel gruesa, mayor resistencia a daños mecánicos, cavidad interna pequeña y mayor peso de pulpa (Mora y Bogantes, 2005; Chávez y Núñez, 2007).

La coloración de la pulpa es un aspecto que determina su aceptación por el consumidor, prefiriéndose aquellos frutos de pulpa de color naranja oscura a rojo (Miranda et al., 2002).

Con relación a lo anterior, Ramos et al. (2003), indicaron que el color de la pulpa depende de las condiciones climáticas, principalmente la radiación solar del área de estudio, para dichos cultivares de papaya.

Conclusiones

1. Los resultados indicaron diferencias altamente significativas en las cuatro variables analizadas.
2. En peso de fruto, diámetro de fruto y longitud de fruto fue representado por la colecta Alcholoa por presentar valores superiores al resto de las colectas.
3. Las colectas Pelillo y El Porvenir, presentaron valores inferiores en peso y longitud de fruto.
4. Se detectaron plantas ginoicas y andromonoicas con buenas características agronómicas y componentes de rendimiento.
5. En plantas de sexo femenino, se encontró el color de pulpa naranja y amarilla.
6. En plantas de sexo hermafrodita, sólo se observó el color de pulpa naranja.

Literatura citada

Alonso, E. M., Y. Tornet Q., R. Ramos R., E. Farrés A., M. Aranguren G. y D. Rodríguez M. 2008. Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. *Agric. Téc. Méx.* 34(3):333-339.

Badillo, V. M. 1993. Caricaceae. Segundo esquema. *Rev. Fac. Agron. Maracay.* 13:40-43.

Chávez, B. G. y V. Núñez. 2007. A scar market for the sex determination in Colombian genotypes of *Carica papaya*. *Euphytica* 153:215-220.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2008. Base de Datos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>. [consultado el 15 de julio de 2015].

Hernández, C. E., A. Damián N., T. Brito G., F. García S. y A. Moreno M. 2007. Validación del manejo integrado del virus de la mancha anular del papayo (*Carica papaya* L.) cv. Maradol roja en la Costa de Guerrero, México. *Rev. CitriFrut* 24(2):69-74.

- Marín, L. S. D., K. O. Yamanishi, L. A. Martelleto e C. D. Ide. 2003. Hibridação de mamão. p. 173-188. In: Martins, D. dos S. (ed.). Papaya Brasil: qualidade do mamão para mercado interno. Incaper. Vitória, ES, Brasil.
- Miranda, S. P., G. R. Fagundes, J. A. Machado F., A. V. Moraes, L. A. Lima e O. K. Yamanishi. 2002. Caracterização física e química de mamões dos grupos "Solo" e "Formosa" cultivados em Brasília-DF. In: Anais XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Belém, PA, Brasil.
- Mora, E. y A. Bogantes A. 2005. Estudio de una mutación en papaya (*Carica papaya* L.) que produce la letalidad de plantas femeninas. *Agron. Mesoam.*16:89-94.
- Nakasone, H. Y. 1986. Papaya. p. 227-301. In: Monselise, S. P. (ed.). *CRC Handbook of Fruit Set and Development*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Ramos, R. R., J. E. Ramos G. y R. Pupo R. 2003. Instrucciones técnicas y descripción de los cultivares de papaya "HGxMA" y "HGxMR" obtenidos en Cuba. Manual Técnico. Ministerio de la Agricultura. Empresa Nacional de Semillas Varias. La Habana, Cuba. 45 p.
- Rodríguez, P., S. Galán y M. Herrero. 1990. Evaluation of papaya autogamy. *Fruits* 45(4):387-391.
- Ronse, L. and E. Smets. 1999. The floral development and anatomy of *Carica papaya* L. (*Caricaceae*). *Can. J. Bot.* 77:582-598.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do [consultado el 20 de mayo de 2015].
- Storey, W. B. 1941. The botany and sex relationship of the papaya. p. 5-22. In: *Papaya production in the Hawaiian Islands*. University of Hawaii. Hawaii Agric. Expt. Sta. Bull. No. 87.
- Vázquez, G. E., E. E. Román A. y R. Ariza F. 2008. Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tamaulipas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):45-48.

COMPORTAMIENTO DE INOCULANTES MICROBIANOS EN PLÁNTULAS DE *Stevia rebaudiana* Bertoni

Rodrigo Armando Cauich Cauich²⁷, Mónica Guadalupe Lozano Contreras^{28*} y Genovevo Ramírez Jaramillo²⁸

Resumen

La propagación vegetativa de estevia *S. rebaudiana* Bert. se lleva a cabo generalmente por medio de esquejes que se obtienen a partir de plantas madre. La inducción del enraizado en esquejes de estevia se encuentra incipiente. Para evaluar el efecto de inoculantes microbianos sobre el crecimiento y desarrollo de raíces en plántulas de *Stevia rebaudiana* Bert., se inocularon esquejes de estevia durante un minuto en una solución que contenía dos productos comerciales: 1) Mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) (BactoCROP^{MR}) y 2) *Rhizophagus intraradices* (1 espora mL⁻¹) (Micorriza INIFAP^{MR}); y 3) Testigo (sin inoculante) para su posterior siembra en charolas. La inoculación de *Rhizophagus intraradices* y la mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense* en esquejes de *Stevia rebaudiana* Bert. antes de la siembra promueve el crecimiento y acumulación de biomasa seca de hojas y raíz. La micorriza aumenta la altura de las plántulas y la longitud de raíz, así mismo, los dos inoculantes incrementaron la producción de biomasa de hojas y raíz. Ambos inoculantes microbianos pueden ser una opción viable para asociarse simbióticamente con la estevia y ser utilizados como enraizadores ecológicamente aceptables, ya que pueden ser usados en la producción de plántulas.

Palabras clave: *Rhizophagus intraradices*, *Bacillus* spp., *Azospirillum brasilense*, inoculantes

Introducción

La estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una planta herbácea originaria de Paraguay que ha causado gran interés en varios países entre ellos México. Existen más de 300 variedades de

²⁷Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. 97345. Conkal, Yucatán, México.

²⁸Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá km 25.5 Antigua carretera Mérida-Motúl. 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

*lozano.monica@inifap.gob.mx

estevia, pero *S. rebaudiana* Bert. es la única con propiedades edulcorantes debido a su principio el cual se produce principalmente en sus hojas y es un glucósido llamado “esteviósido” (Bespalhok et al., 1993), el esteviósido posee un poder edulcorante de 300 a 450 veces mayor que la sacarosa (Soto y Del Val, 2002; Bespalkok y Hattory, 1997; Galperin de Levy, 1982) de ahí su verdadera importancia. Debido a estas propiedades surgió el interés por establecer plantaciones a nivel comercial, sin embargo, la densidad de plantación para este cultivo requiere de aproximadamente 60,000 plántulas por hectárea. (Lozano y Ramírez, 2015).

La propagación vegetativa de estevia *S. rebaudiana* Bert. se lleva a cabo generalmente por medio de esquejes que se obtienen a partir de plantas madre debido a que la baja germinación es uno de los factores que limita su cultivo a gran escala. Cuando se utilizan esquejes de estevia es posible obtener un enraizamiento de 98 al 100% (Gvasaliya et al., 1990); además, se debe considerar que las plántulas deben ser vigorosas y con la mayor producción raíces ya que de estas depende la adecuada absorción de agua y nutrientes para adaptarse a su posterior establecimiento (Lozano y Ramírez, 2015). Para lograr estas condiciones se utiliza la aplicación de enraizadores químicos, sin embargo, su mal uso puede conllevar a problemas en el enraizado, contaminación y un costo económico alto, por lo tanto, es necesario aplicar alternativas ecológicamente viables para inducir el enraizado y el crecimiento en las plántulas.

Una de las alternativas es la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento, denominados bioestimulantes o biofertilizantes que además de estimular el crecimiento de las raíces tienen la ventaja de ser más económicos (Parmar y Dufresne, 2011). Los microorganismos que se han usado como inoculantes microbianos son las bacterias de los géneros *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Anabaena*, *Frankia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, y los hongos *Glomus* spp. y *Trichoderma* spp. (Lugtenberg y Kamilova, 2009). Canto et al. (2004) obtuvieron más biomasa seca de raíz en plantas de chile habanero inoculadas con *Azospirillum brasilense*, así como mayor número de raíces secundarias y terciarias. Según Constantino et al. (2008), el crecimiento vegetativo de las plantas es mayor en plantas inoculadas con *A. brasilense*, *Azotobacter chroococum* y *Rhizophagus* spp. que en plantas sin inocular. No obstante, la información sobre el comportamiento de estos inoculantes sobre la inducción del enraizado en esquejes de estevia se encuentra incipiente; por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de inoculantes microbianos sobre el crecimiento de plántulas y desarrollo de las raíces una selección de *Stevia rebaudiana* Bert. obtenida en el INIFAP.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en una estructura protegida en el área de investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Mocochoá ubicado en el km 25.5 Antigua carretera Mérida-Motúl, Mocochoá, Yucatán, México. Se utilizó un material vegetativo de *Stevia rebaudiana* Bertoni selección del INIFAP. La multiplicación del material vegetativo fue realizada en el campo experimental Uxmal donde fueron seleccionados los esquejes a partir de plantas cultivadas con seis meses de edad.

Como inoculantes microbianos se evaluaron dos productos comerciales y un testigo. Los tratamientos fueron: 1) Mezcla de *Bacillus* spp. y *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) (BactoCROP^{MR}); 2) *Rhizophagus intraradices* (1 espora mL⁻¹) (Micorriza INIFAP^{MR}); 3) Testigo (sin inoculante). Los inoculantes, en presentación sólida, se diluyeron en agua corriente a razón de 70 g L⁻¹ y luego se agitaron para mantener la solución homogénea. La inoculación se realizó según la metodología propuesta por Lozano y Ramírez (2015), la cual consistió en remojar los esquejes de *Stevia rebaudiana* previamente multiplicados durante un minuto en la solución antes de la siembra, para ello se utilizaron charolas de unicel de 200 cavidades las cuales se rellenaron con el sustrato llamado peat foam o espuma agrícola, el cual fue humedecido previamente de abajo hacia arriba. Según Lozano y Ramírez, (2015), esta espuma generara un óptimo soporte para la plántula y tiene una porosidad homogénea que permite la retención de agua y la aireación adecuada para la planta.

El crecimiento de las plántulas se evaluó con: 1) altura final de las plántulas medida con un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice terminal; 2) diámetro del tallo medido a los 35 días después de la siembra (dds) con un vernier digital colocado a 1 cm de la superficie de la charola; 3) Número de hojas por plántula contabilizando el total de hojas emitidas; 4) Longitud de raíz medido con un flexómetro y 5) biomasa seca medida a los 35 dds. Los órganos de las plantas se separaron y depositaron en bolsas de papel, se secaron 3 días en una estufa a 65°C y se pesaron en una balanza analítica.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, diez repeticiones y una plántula por repetición. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey; $p \leq 0.05$) en el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Resultados y discusión

Crecimiento de las plántulas

Se encontraron diferencias significativas en la altura final de las plántulas por efecto de los inoculantes a los 35 dds. Las plántulas inoculadas con la micorriza *Rhizophagus intraradices* tuvieron una altura de 11.69 cm significativamente mayor ($p \leq 0.05$) que las plántulas inoculadas con la mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense*, así como las plantas testigo (Figura 1A). Las plántulas inoculadas con el tratamiento bacteriano no mostraron efecto significativo en la variable altura, ya que registraron una altura estadísticamente igual ($p \leq 0.05$) a las plántulas testigo. Los inoculantes microbianos no afectaron significativamente ($p \leq 0.05$) el diámetro del tallo a los 35 dds (Figura 1B). Estos resultados son similares a los encontrados por González et al. (2015) quienes reportan que las plantas de *Capsicum annum* L. inoculadas con *R. intraradices* FS18 fueron significativamente más altas que las plantas testigo sin inocular y, por otra parte, no encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) en el diámetro del tallo en el cultivo de chile serrano, únicamente en la variedad de chile de árbol a los 21 y 30 días después de la inoculación. Posiblemente la falta de incremento en el diámetro del tallo sea resultado de una baja eficiencia en la absorción de fósforo por las plántulas.

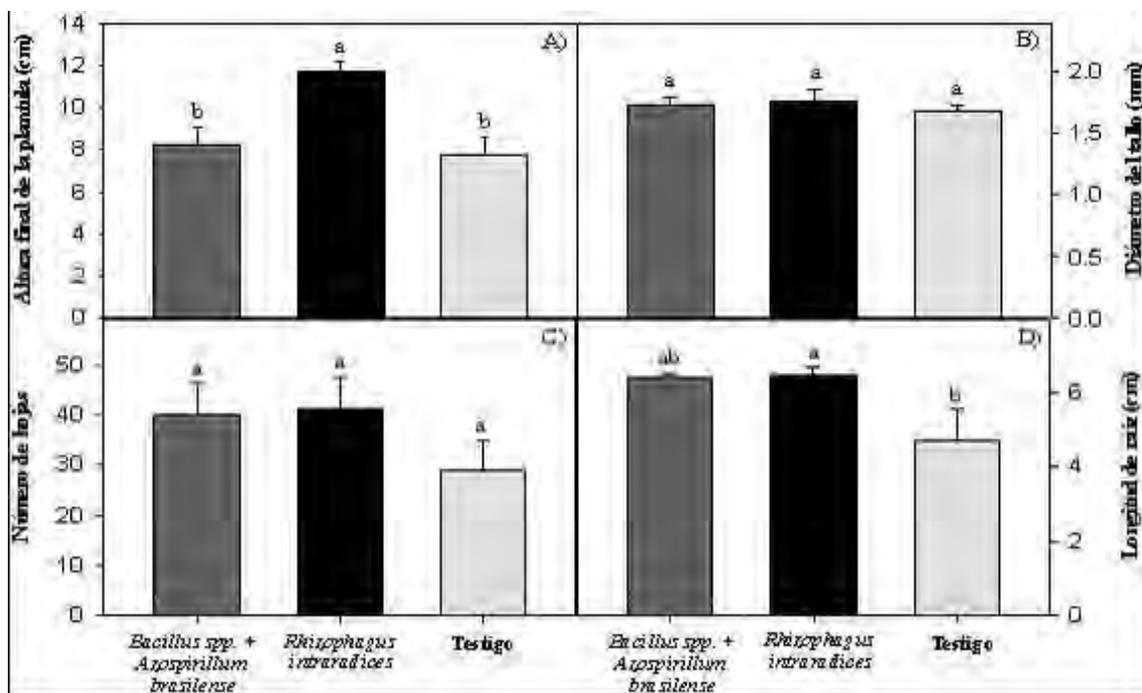


Figura 1. A) Altura final de la plántula, B) Diámetro basal del tallo, C) Número de hojas y D) Longitud de raíz 35 dds en plántulas tratadas con diferentes inoculantes microbianos. Nota: medias (\pm error estándar) con letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

En la Figura 2C se observa que en el número de hojas no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$); sin embargo, numéricamente se registró 41 hojas en plántulas inoculadas con *R. intraradices*, 39.8 en plántulas inoculadas con la mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense* y 28.8 en plantas testigo. La mayor longitud de raíces se registró con *Rhizophagus intraradices* y la mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense*, sin diferencias significativas entre ellos ($p \leq 0.05$); sin embargo, ambos tratamientos superaron a las plantas sin inocular (Figura 1D). Este resultado refleja la posible influencia del grado de efectividad de los inoculantes sobre el incremento en la longitud de las raíces que es un factor clave para lograr su establecimiento después del trasplante.

Producción de biomasa seca

Los inoculantes mostraron efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la producción de biomasa seca de raíz y hoja. No se presentaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre plántulas inoculadas con *Rhizophagus intraradices* y la mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense* en la biomasa seca de la raíz producida, sin embargo, fue mayor en ambos tratamientos que en plantas testigo como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Biomasa seca 35 días después de la siembra (dds) de los órganos de las plántulas de *Stevia rebaudiana* Bertoni tratadas con diferentes inoculantes microbianos.

Inoculantes	Biomasa seca (g planta ⁻¹) a los 35 dds			
	Raíz	Tallo	Hoja	Total
<i>Bacillus</i> spp + <i>Azospirillum brasilense</i>	0.11 ± 0.02 a	0.04 ± 0.01 a	0.17 ± 0.02 a	0.32 ± 0.04 a
<i>Rhizophagus intraradices</i>	0.13 ± 0.02 a	0.05 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.37 ± 0.03 a
Testigo	0.05 ± 0.01 b	0.04 ± 0.01 a	0.10 ± 0.02 b	0.19 ± 0.03 b

Nota: Medias (± error estándar) con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

La biomasa seca del tallo fue igual en todos los tratamientos, es decir, no se registro diferencias significativas ($p \leq 0.05$) a los 35 dds, al respecto Trivedi et al. (2012) menciona que los inoculantes microbianos promueven el crecimiento vegetal al asociarse exitosamente con la planta; así, hay una serie de eventos que deben suceder después de la inoculación. Después que los microorganismos son aplicados exógenamente y entran en contacto con la raíz, éstos deben colonizar y adherirse al tejido radicular para ejercer su acción. La colonización requiere tiempo y sucede sólo cuando hay compatibilidad entre los microorganismos y factores intrínsecos de la planta, como los exudados de la raíz; en este sentido, el efecto no significativo de los inoculantes sobre el diámetro del tallo se puede deber a la falta de efecto a los 35 dds. La producción de biomasa seca de hojas fue

significativamente mayor ($p \leq 0.05$) que en el testigo en los dos tratamientos evaluados, sin diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ellos, por lo tanto, se obtuvo la misma tendencia en la biomasa seca total. Estos resultados son similares a los reportados por Sharafzadeh (2011) quien obtuvo valores mayores de biomasa seca (7.1 g por planta) en plántulas de *Capsicum annum* inoculadas con *Azospirillum* sp. con respecto a las plantas testigo (5.3 g por planta). En este sentido, el efecto positivo de los inoculantes microbianos después de 35 dds fue evidente en la promoción del crecimiento y producción de biomasa seca.

Conclusiones

La inoculación de *Rhizophagus intraradices* y la mezcla de *Bacillus* spp. + *Azospirillum brasilense* en esquejes de *Stevia rebaudiana* Bertoni antes de la siembra promueve el crecimiento y acumulación de biomasa seca de hojas y raíz. La micorriza *Rhizophagus intraradices* aumenta la altura de las plántulas y la longitud de raíz, así mismo, los dos inoculantes incrementaron la producción de biomasa de hojas y raíz. Ambos inoculantes microbianos pueden ser una opción viable para asociarse simbióticamente con la estevia y ser utilizados como enraizadores ecológicamente aceptables, ya que pueden ser usados en la producción de plántulas.

Literatura citada

- Bespalhok, J. and K. Hattory, 1997. Embryogenic callus formation and histological studies from *Stevia rebaudiana* Bertoni floret explants. *Rev. Brasileira de Fisiología Vegetal* 9(3):185-188.
- Bespalhok, J., J. Hashimoto and L. Steves. 1993. Induction of somatic embryogenesis from left explants of *Stevia rebaudiana*. *Rev. Brasileira de Fisiología Vegetal* 5(1):51-53.
- Canto, J. C., S. Medina y D. Morales. 2004. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 421-427.
- Constantino, M., R. Gómez, J. D. Álvarez, V. Geissen, E. Huerta and E. Barba. 2008. Effect of inoculation with rhizobacteria and arbuscular micorrhizal fungi on growth and yield of *Capsicum chinense* Jacquin. *J. Agric. Rural Develop. Trop. Subtrop.* 109:169-180.

- Galperin de Levy, R. H. 1982. *Stevia rebaudiana* Bertoni, extracción, purificación y empleo del Steviósido. SAIPA 4:47-57.
- González, D., A. García, C. Ceceña, O. Grimaldo, M. Avilés, P. Luna y P. Álvarez. 2015. Hongos micorrizicos arbusculares y sus efectos en el crecimiento de diferentes cultivares de *Capsicum annum* L. *Phyton* 84:345-350.
- Gvasaliya, V. P., N. V. Kovalenko and M. C. Garguliya. 1990. Studies on the possibility of growing honey grass in Abkhazia conditions. *Subtropicheskie Kul Tury*. 5:149-156.
- Lozano, M. G. y J. G. Ramírez. 2015. Enraizamiento de esquejes de estevia con biofertilizantes. Desplegable para Productores No. 6. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá. Mérida, Yuc., México.
- Lugtenberg, B. and F. Kamilova. 2009. Plant growth promoting rhizobacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* 63:541-556.
- Parmar, N. and J. Dufresne. 2011. Beneficial interactions of the plant growth promoting rhizosphere microorganisms. *Bioaugmentation, Biostimulation and Biocontrol*. p.27-42.
- Sharafzadeh, S. 2011. Effects of PGPR on growth and nutrients uptake. *IJAET* 2:27-31.
- Soto, A. y S. del Val. 2002. Extracción de los principales edulcorantes de la *Stevia rebaudiana*. *Rev. Cie. Agr. Tec. Alim.* 20:5-9.
- Trivedi, P., A. Pandey and L. M. Palni. 2012. Bacterial inoculants for field applications under mountain ecosystems: present initiatives and future prospects. p. 15-44. In: Maheshwari, D. K. (ed.). *Bacteria in Agrobiology: Plant Probiotics*. Springer-Verlag.

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE CAMPO EN 11 HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN CENTRAL DEL ESTADO DE VERACRUZ

Jeovani Francisco Cervantes-Preciado^{29*}, Nelson Milanés-Ramos³⁰ y José Concepción García-Preciado²⁹

Resumen

El estado de Veracruz ha sido durante décadas el principal productor de caña de azúcar, ya que concentra a 20 de los 51 ingenios presentes en el país. El rendimiento de campo promedio para el estado es de 62.76 t ha⁻¹, 5.0 t menor al rendimiento nacional. Una de las principales causas del bajo rendimiento de campo para el Ingenio Central Progreso S. A. de C. V., localizado en Paso del Macho, Ver., es la falta de nuevos híbridos adaptados a las condiciones edafoclimáticas específicas que se tienen en la zona de abasto de dicho ingenio, (suelos Feozem poco profundos, con bastantes piedras a una profundidad no mayor de 30 cm, y sistema de producción de temporal). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de campo de 11 híbridos de caña de azúcar en la región central del estado de Veracruz. El experimento se estableció en la fase agroindustrial y los híbridos fueron comparados por su adaptación y rendimiento de campo con las variedades comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086. Los resultados obtenidos indicaron que durante el ciclo planta y bajo las condiciones edafoclimáticas del lugar, el híbrido ColMex 98-100 proporcionó el mayor rendimiento de campo con 144.34 t ha⁻¹, superando en 24.0 y 33.0 t ha⁻¹ a los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086, cuyos rendimientos fueron de 120.58 y 111.04 t ha⁻¹ respectivamente, siendo la precipitación pluvial durante el periodo de evaluación, un factor importante para la obtención de los rendimientos elevados.

Palabras clave: rendimiento, precipitación pluvial, toneladas, hectárea

²⁹Campo Experimental Tecomán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

³⁰Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (ETICA-Mayabeque-Artemisa). INICA, AZCUBA. Cuba.

*cervantes.jeovani@inifap.gob.mx

Introducción

En la actualidad, en más de 100 países del mundo se cultivan más de 20 millones de hectáreas con caña de azúcar (*Saccharum spp.*), en las cuales se producen 1,300 millones de toneladas de caña (CENGICAÑA, 2010). En México es el cultivo agroindustrial más importante desde el punto de vista económico y social, debido a que se produce en 15 estados del país; anualmente se cosechan 54.18 millones de toneladas de caña, de las cuales se obtienen alrededor de 6.11 millones de toneladas de azúcar. El rendimiento medio en campo es de 69.56 t ha⁻¹ (CONADESUCA, 2016b).

El estado de Veracruz ha sido durante décadas el principal productor de caña de azúcar en México, debido principalmente a que en dicho estado se encuentran concentrados 20 de los 51 ingenios activos en el país. Según datos de CONADESUCA/SAGARPA 2016, durante la zafra 2015-2016 se cosecharon 323,650 ha, de las cuales se obtuvieron 20,861,246 t de caña de azúcar, con una producción de 2,320,901 t de azúcar, equivalente al 37.94% de la producción total del país. El rendimiento de campo promedio para el estado fue de 64.45 t ha⁻¹, alrededor de 5 t ha⁻¹ menor que el rendimiento nacional. En México, este rendimiento es considerado bajo; sin embargo, cada región cañera participa con su problemática particular. En el caso de la región central de Veracruz, incluido el Ingenio Central Progreso, comparte un problema con casi todas las regiones cañeras del país, que es depender principalmente de dos variedades comerciales: Mex 69-290 y CP 72-2086 (Sentíes-Herrera, 2013), las cuales tienen aproximadamente entre 25 y 30 años de uso comercial y ambas presentan un deterioro productivo natural. Además, presentan mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, tanto comunes como aquellas de comportamiento esporádico. Por lo antes expuesto, en el año 2014 se realizó un estudio con la finalidad de evaluar el potencial de rendimiento de campo de 11 nuevos híbridos de caña de azúcar en la región centro de Veracruz. Los resultados preliminares que se obtuvieron en la realización de este estudio, será de utilidad para la toma de decisiones de campo en dicha región. Así mismo, en un futuro, permitirá adaptar los nuevos híbridos a diferentes condiciones ecológicas, es decir, de regionalizar las diferentes áreas cañeras de acuerdo con su productividad natural, a fin de conocer su potencialidad productiva (Morris, 1993, citado por CONADESUCA, 2016a).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en terrenos del Campo Experimental del Ingenio Central Progreso S. A. de C. V., ubicado en la localidad de Paso de Macho, Ver., a 18° 50' de LN, 96° 43' de LO y altitud de 500 m. Las condiciones edafoclimáticas del lugar son: suelos Feozem poco

profundos, con exceso de piedras a una profundidad no mayor de 30 cm; la temperatura media anual es de 26.5°C y la precipitación pluvial anual de 1,250 mm. La etapa evaluada fue la fase agroindustrial, siendo ésta la última etapa de investigación en el proceso de selección de híbridos de caña de azúcar que provienen tanto de semilla verdadera (fuzz), como de las variedades introducidas del extranjero. El ensayo se evaluó durante el ciclo planta y bajo condiciones de temporal; se contemplaron 11 nuevos híbridos de caña de azúcar procedentes de semilla fuzz y estaca de diferentes generaciones, los cuales fueron comparados con los testigos comerciales CP 72-2086 y Mex 60-290 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de nuevos híbridos de caña de azúcar evaluados en el Ingenio Central Progreso S. A. de C. V. de Paso de Macho, Ver.

Híbrido	Origen	Híbrido	Origen
CP 71-1038	Estaca	ColMex 05-47	Fuzz
ColMex 01-04	Estaca	ColMex 05-373	Fuzz
ColMex 94-8	Estaca	ColMex 05-627	Fuzz
ColMex 95-27	Estaca	ColMex 05-454	Fuzz
ColMex 98-100	Estaca	ColMex 05-484	Fuzz
ColMex 02-225	Estaca		

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de seis surcos de 12 m de longitud por 1.20 m de ancho, siendo la parcela útil cuatro surcos de 12 m de longitud. Se estimó el rendimiento de campo de todos los genotipos a los 15 meses después de ser plantados y la precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo e histórica. Para la estimación de rendimiento de campo, se cosecharon los cuatro surcos centrales de cada parcela experimental en las cuatro repeticiones. Los valores obtenidos se analizaron mediante el programa SAS®, y para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey al 5% y comprobación de hipótesis por la prueba de F.

Resultados y discusión

Rendimiento de campo

Los datos del ANOVA para la variable rendimiento de campo, indicaron que hubo diferencia altamente significativa entre los híbridos evaluados y sus repeticiones, con valores de 0.0007 y 0.0079 respectivamente, además de un coeficiente de variación (CV) de 12.80%, lo cual es indicativo de que el experimento fue confiable. El híbrido ColMex 98-100 sobresale por su rendimiento con 144.34 t ha⁻¹ (Figura 1); sin embargo, de acuerdo con la prueba de

comparación de medias de Tukey, ocho híbridos más son estadísticamente iguales al antes mencionado, entre los que se encuentran los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086, con rendimientos de 120.58 y 111.04 t ha⁻¹, respectivamente.

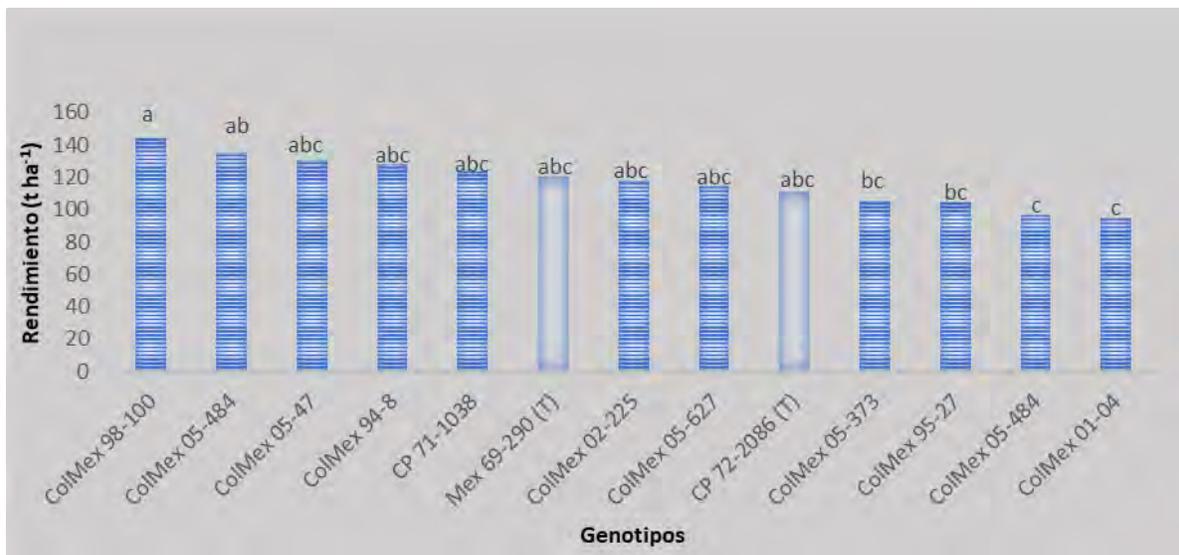


Figura 1. Rendimiento de campo de genotipos de caña de azúcar a los 15 meses de edad en el Ingenio Central Progreso S. A. de C. V. de Paso de Macho, Ver.

Sin embargo, aunque estadísticamente no representa cambios sustanciales de rendimiento, resulta significativo en términos económicos, debido al precio actual de la tonelada de caña de azúcar (\$750 aproximadamente). Solamente dos híbridos (ColMex 05-454 y ColMex 01-04) tuvieron rendimientos inferiores a 100 t ha⁻¹, pero, de cualquier manera, éstos fueron muy superiores a los rendimientos históricos de las variedades o híbridos cultivados en dicho lugar. Lo anterior, corrobora lo mencionado por Milanés et al. (2013), quienes reportan que, en la determinación del rendimiento de campo y fábrica en nuevas variedades, participan un grupo de variables de clima, suelo y manejo que tienen una influencia marcada en su comportamiento en los ingenios azucareros.

Precipitación pluvial durante el desarrollo del estudio e histórica

Debido al sistema de producción de temporal con el que cuenta la mayor superficie de abasto del ingenio Central Progreso S. A. de C. V., fue importante evaluar el comportamiento de la precipitación pluvial durante el desarrollo del cultivo, y compararla con la precipitación pluvial mensual histórica (2000-2013). La Figura 2, muestra que históricamente se tiene una precipitación pluvial anual de 1,250 mm aproximadamente, siendo los meses de junio a septiembre en los que ocurre la mayor cantidad de lluvia. Al comparar la precipitación pluvial durante la evaluación de los nuevos híbridos, se puede notar que ésta fue menor a la histórica (1,150 mm); sin embargo, el nivel de humedad en el suelo se mantuvo adecuado,

debido a una mejor distribución de las lluvias, principalmente durante el periodo de mayor sequía (marzo-mayo), durante el cual se obtuvieron 257.1 mm, en comparación a los 136.3 mm obtenidos en la precipitación pluvial histórica. Lo anterior, favoreció un buen desarrollo de los nuevos híbridos de caña de azúcar, y con ello, mayores rendimientos de campo.

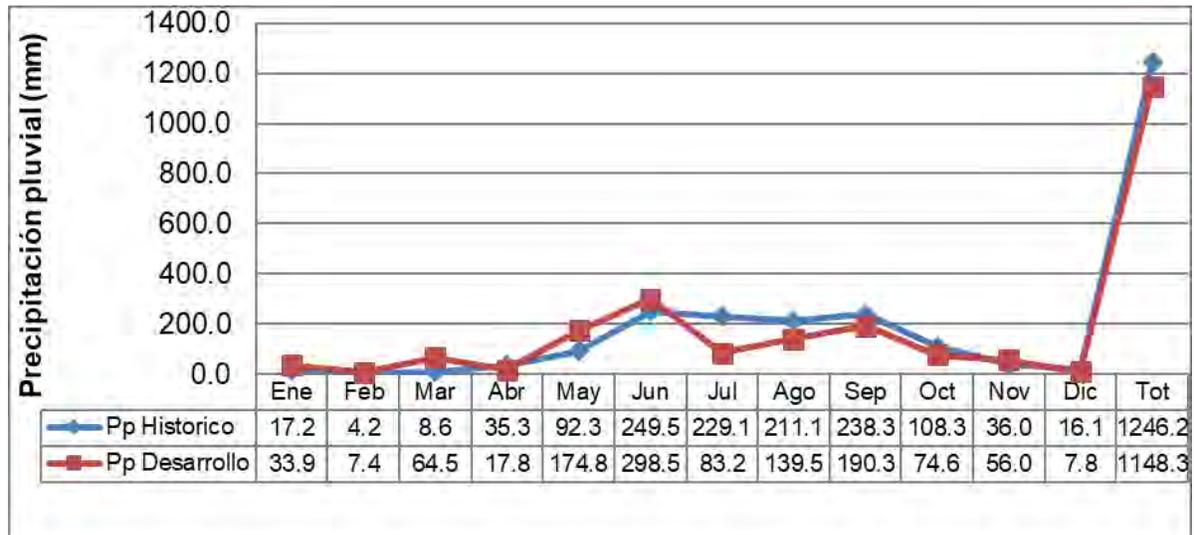


Figura 2. Promedios históricos mensuales de precipitación pluvial durante el desarrollo del estudio de híbridos de caña de azúcar en Ingenio Central Progreso S.A. de C.V.

Conclusiones

1. El estudio indicó que durante el ciclo planta y bajo las condiciones edafoclimáticas particulares del lugar, el híbrido ColMex 98-100 produjo el mayor rendimiento de campo con 144.34 t ha^{-1} , superando con 24.0 y 33.0 t ha^{-1} a los testigos comerciales Mex 69-290 y CP 72-2086, cuyos rendimientos fueron de 120.58 y 111.04 t ha^{-1} , respectivamente.
2. La buena distribución de la precipitación pluvial fue un factor importante para la obtención de los buenos rendimientos, pero, es importante continuar con la evaluación de los nuevos híbridos de caña de azúcar durante los ciclos de soca y resoca.

Agradecimientos

Al personal técnico de campo del Ingenio Central Progreso S. A. de C. V., por el apoyo para la realización de este estudio.

Literatura citada

CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 2010. Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2009-2010. Guatemala. 442 p.

CONADESUCA (Centro Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016a. Nuevas variedades de caña de azúcar. Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector. Ciudad de México, México. 16 p.

CONADESUCA (Centro Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016b. Sistema Infocaña. <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE> [consultado el 5 de julio de 2016].

Milanés, R. N., J. J. Vázquez C., A. Castillo M., D. A. Rodríguez L. y A. Herrera S. 2013. Predicción de los rendimientos de campo y fábrica en la zona de abastecimiento del Ingenio Central Progreso S. A. de C. V. Resumen Científico. ATAM, 2013. Puebla, México.

Sentíes-Herrera H. E. 2013. Variabilidad genética y caracterización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 142 p.

COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y CONVENCIONAL DE PAPA EN LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO

Oswaldo A. Rubio Covarrubias^{31*}, Román Flores López³¹ y Alejandro Aguilar Zamora³¹

Resumen

En 2005 y 2016 se compararon parcelas de papa producidas bajo el sistema orgánico (uso de productos permitidos por el Comité Nacional para la Agricultura Orgánica en Estados Unidos de América) y convencional (uso de fertilizantes y pesticidas químicos). En 2005 se sembraron las variedades de papa Norteña y Malinche. En 2016 se sembraron los clones de papa 08-29 y 99-38 bajo las mismas condiciones que en 2005. En ambos años los lotes experimentales se sembraron en la comunidad de Raíces, Zinacantepec, Estado de México (3500 msnm). Además del rendimiento, se hicieron observaciones sobre la severidad de tizón tardío en el follaje (*Phytophthora infestans*) y brotación de los tubérculos. El rendimiento de la variedad Malinche producida en 2005 con los sistemas convencional y orgánico fue de 44.1 y 35.1 t ha⁻¹ respectivamente, con la variedad Norteña fue de 46.8 y 24.3 t ha⁻¹ respectivamente. En 2016, el rendimiento del clon 99-38 producido con los sistemas convencional y orgánico fue de 41.4 y 27.9 t ha⁻¹ y con el clon 08-29 fue de 34.1 y 31.4 t ha⁻¹ respectivamente. La incidencia de tizón tardío en el follaje no excedió del 3% en 2005 y de 7% en 2016 en ninguno de los dos sistemas de producción debido a que los 4 genotipos son resistentes al tizón tardío y a que las aplicaciones de fungicidas a base de cobre, las cuales son permitidos en el sistema de producción orgánica, ayudaron al control de la enfermedad. La sanidad de los tubérculos medida en base al porcentaje de tubérculos con brotación anormal, fue mayor al 90% en 3 de los 4 genotipos, excepto en la variedad Norteña (77%). Los resultados en su conjunto indican que, sembrando variedades resistentes al tizón tardío en lugares fríos, con altitudes cercanas a 3500 msnm, se puede producir papa de manera económicamente redituable bajo un sistema orgánico. En promedio, de los dos años y de los 4 genotipos, el rendimiento de las parcelas orgánicas fue 27.1% menor que el obtenido bajo un sistema convencional.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, producción orgánica

³¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental Metepec.
*rubio.oswaldo@inifap.gob.mx

Introducción

Actualmente existe una gran preocupación a nivel mundial por la contaminación de los alimentos y del medio ambiente que está causando el uso intensivo de fungicidas, insecticidas y fertilizantes químicos que se aplican a los cultivos. Por esta razón, en los últimos años se ha observado en todo el mundo un incremento constante de la superficie sembrada con cultivos orgánicos. En México, la superficie cultivada orgánicamente aumentó de 23,000 ha en 1996 a 103,000 ha en 2000 y se estima una tasa media anual de crecimiento de 44.9% (Gómez y Gómez, 2004). Sin embargo, no se ha reportado ninguna superficie sembrada orgánicamente con papa (*Solanum tuberosum* L.), el cual es un cultivo importante en México ya que en 2014 se sembraron 61,454 ha de papa, de las cuales en los Valles y Sierras del Centro de México se sembró el 50% (SIAP-SAGARPA, 2014). De acuerdo al análisis de las definiciones recopiladas por Gold (1999), un sistema de producción agrícola orgánico se define como aquel en el que los cultivos son producidos usando insumos de origen orgánico que no contaminan los alimentos ni el medio ambiente y que promueven la biodiversidad y la actividad biológica del suelo. El riesgo de contaminación en los alimentos ha sido demostrado en un estudio realizado en Estados Unidos de América (Baker et al., 2002), el cual reveló que los productos agrícolas producidos orgánicamente contenían 1/3 de los residuos de pesticidas encontrados en productos producidos convencionalmente. Desde el punto de vista de la salud, se ha demostrado que los productos orgánicos tienen un mayor efecto antioxidante y antimutagénico que los productos convencionales (Ren et al., 2001). El riesgo de contaminación del agua con fertilizantes químicos en zonas de intensa agricultura ha sido demostrado (Miller y Smith, 1976) y se ha puesto de manifiesto que existe un mayor riesgo de lixiviación de fertilizantes, especialmente nitrógeno, en los sistemas convencionales que en los sistemas orgánicos (Poudel et al., 2002; Drinkwater et al., 1998). También se conoce con certeza el mayor efecto benéfico de los abonos orgánicos sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo al compararlas con fertilizantes químicos (Reganold, 1988; Fraser et al., 1988). El cultivo de papa en México requiere de grandes cantidades de insumos químicos. Por ejemplo, para el control del psilido de la papa (*Bactericera cockerelli*) se hacen hasta 2 aplicaciones de insecticidas por semana en los lugares con mayor población del insecto (Rubio et al., 2015). Para el control del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) los agricultores hacen en los lugares y épocas de mayor incidencia de esta enfermedad (Noreste y del Centro de México) 2 aplicaciones por semana de fungicidas (Rubio et al., 2016). El uso de fertilizantes químicos también es alto, sobre todo las aplicaciones de nitrógeno, las cuales generalmente exceden los 200 kg N ha⁻¹, dosis que se ha determinado como dosis óptima en los sistemas de producción de papa más demandantes en la zona centro del país (Rubio et al., 2000).

Entre los productos que el Comité Nacional para la Agricultura Orgánica en Estados Unidos de América (National Organic Standards Board NOSB, 2017) permite aplicar en la agricultura orgánica se encuentran extractos de neem (*Azadirachta indica*), extractos de ajo (*Allium cepa*), *Bacillus thuringiensis*, y compuestos de cobre. Estos productos fueron utilizados para el control de plagas y enfermedades en las parcelas orgánicas de papa del presente este estudio.

La información expuesta anteriormente demuestra la necesidad de generar tecnología para la producción de productos orgánicos como la papa, la cual es un cultivo que en México está sometido a una intensa aplicación de pesticidas y fertilizantes. Esta tecnología debe estar adaptada a las condiciones particulares de cada región productora de papa por sus diferencias en clima, plagas y enfermedades.

Materiales y métodos

En los años 2005 y 2016 se sembraron 2 lotes de papa ubicados a 3500 m de altitud, en las faldas del volcán Nevado de Toluca en la comunidad de Raíces, Zinacantepec, Estado de México. En ambos años se tuvieron 2 parcelas con los sistemas de producción orgánico y convencional. El manejo de las parcelas orgánicas se basó en la utilización de los productos y prácticas agrícolas permitidas por el Comité Nacional para la Agricultura Orgánica en Estados Unidos de América (National Organic Standards Board NOSB, 2017) y el sistema convencional en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos que normalmente usan los productores de papa. En 2005 se sembró una parcela de 2000 m² con el sistema orgánico y otra parcela de la misma superficie con el sistema convencional. Cada una de las parcelas se dividió en 2 sub-parcelas de 1000 m² en las que se sembraron 2 variedades de papa (Norteña y Malinche). En 2016 se sembraron dos clones de papa (99-38 y 08-29) bajo las mismas condiciones que en 2005. En 2016 se midió el rendimiento de tubérculos de cada variedad producida en cada sistema mediante el muestreo de 10 sub-parcelas de 6 m de surco y en 2016 mediante 5 sub-muestras de 12 m. En ambos años al final del ciclo vegetativo se evaluó el porcentaje del folle infectado por el tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Todos los tubérculos cosechados en cada submuestra se conservaron durante 5 meses a temperatura ambiental y luego se contaron los tubérculos sanos que presentaron brotes normales. Los tubérculos que no brotaron o que emitieron brotes ahilados estaban infectados principalmente por enfermedades que provocan esos síntomas como son la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* transmitida por el psilido de la papa *Bactericera cockerelli* y por fitoplasmas transmitidos por varias especies de cicadelidos (chicharritas).

La fertilización en las parcelas orgánicas fue una mezcla de gallinaza (3 t ha^{-1}), Biovital (1 t ha^{-1}) el cual es un producto de la fermentación de los desechos de los ingenios azucareros y lombri-composta (1 t ha^{-1}). Estos abonos orgánicos se mezclaron y se aplicaron durante la siembra al fondo del surco. La fertilización en las parcelas convencionales consistió en la fórmula 200-300-200 (kg ha^{-1} de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ respectivamente) a base de fertilizantes químicos, los cuales se mezclaron con 2 t ha^{-1} de gallinaza. La mezcla se aplicó al momento de la siembra en el fondo del surco.

El control de insectos se dirigió principalmente contra *Bactericera cockerelli* y se basó en las recomendaciones hechas por Rubio et al. (2013). En las parcelas orgánicas se hicieron aplicaciones foliares cada 5 días de extractos de neem (*Azadirachta indica*) y extractos de ajo (*Allium sativum*), también se hicieron 2 aplicaciones de *Beauveria bassiana* durante el ciclo vegetativo del cultivo. El control de insectos en las parcelas manejadas convencionalmente se hizo mediante la aplicación de insecticidas químicos recomendados para el control del psilido de la papa, pulgones y mosquita blanca (Abamectina, Imidacloprid, Bifentrina, Monocrotofos, Metamidofos). Estos insecticidas se aplicaron en forma rotativa cada semana. Para el control de nematodos en las parcelas orgánicas se aplicó DiTera® (30 kg ha^{-1}) al momento de la siembra, el cual es un nematicida a base de un extracto de la fermentación del hongo *Myrothecium verruvaria*. En las parcelas de manejo convencional se utilizó el nematicida químico Terbufos.

El control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el follaje de las parcelas orgánicas se hizo a base de la aplicación de compuestos de cobre (sulfato de cobre, oxiclورو de cobre, hidróxido de cobre). En 2005, estos productos se aplicaron semanalmente a la dosis recomendada por los fabricantes (1.5 a 2.5 kg ha^{-1}), sin embargo, se observó en el follaje de las plantas una ligera toxicidad provocada por estos fungicidas, por lo que en 2016 se aplicaron a la mitad de las dosis recomendadas pero cada 5 días, con lo cual ya no se observó toxicidad en el follaje. En 2016 se hicieron dos aplicaciones de Regalia Maxx®, (extracto de la planta *Reynoutria sachalinensis*), el cual sirve para activar los mecanismos de defensa de la planta. El control del tizón tardío en las parcelas convencionales se hizo a base de los fungicidas químicos Metalaxil, Cimoxanil, Clorotalonil y Mancozeb aplicados en forma rotativa cada semana. Al momento de la siembra, solamente en las parcelas manejadas convencionalmente, se aplicó Tiofanato de metilo para el control de hongos del suelo.

La comparación estadística de las variables rendimiento e incidencia de enfermedades entre los dos sistemas de producción se hizo por medio de pruebas de "T" de Student ($P < 0.05$). También se hizo un análisis económico calculando las ganancias netas obtenidas en cada sistema de producción.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento, la severidad de tizón tardío en el follaje y el porcentaje de tubérculos sanos (con brote normal). En este cuadro se puede observar que en 2005 el rendimiento de las dos variedades de papa (Malinche y Norteña) fue menor en las parcelas orgánicas que en las convencionales. En Malinche el rendimiento se redujo 20.4% y en Norteña 47.4%. La comparación de la severidad del tizón tardío entre los tratamiento orgánico y convencional no presentó diferencias significativas en ninguna variedad, pero el porcentaje de tubérculos sanos fue menor en la variedad Norteña producida bajo el sistema orgánico.

Cuadro 1. Rendimiento, incidencia de tizón tardío en el follaje y porcentaje de tubérculos sanos (brotados) bajo los sistemas de producción convencional (C) y orgánico (O) en Raíces, Zinacantepec, Estado de México en los años 2005 y 2016.

VAR./CLON	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)		TIZÓN TARDÍO (%)		TUBÉRCULOS SANOS (%)	
	C	O	C	O	C	O
AÑO 2005						
Malinche	44.1	35.1*	0	3	98	91
Norteña	46.8	24.6*	0	2	99	77*
AÑO 2016						
99-38	41.4	27.9*	5	7	95	96
8-29	34.1	31.4	5	6	93	90

*Las diferencias entre los tratamientos orgánico y convencional son estadísticamente significativas (prueba "T" de Student, P<0.05).

Los resultados obtenidos en 2016 (Cuadro 1) indican diferencias significativas en el rendimiento del clon 99-38 pero no en el clon 8-29. El rendimiento del tratamiento orgánico fue 32.6% menor que el del tratamiento convencional en el clon 99-38 y 7.9% en el clon 8-29. No hubo diferencias significativas en la severidad del tizón tardío ni en el porcentaje de tubérculos sanos entre los dos tratamientos (orgánico y convencional) con ninguno de los dos clones.

El análisis económico (Cuadro 2) indica que la producción de papa bajo un tratamiento orgánico puede reeditar ganancias netas comparables con un tratamiento convencional en los genotipos Malinche, 99-38 y 8-29, pero no en la variedad Norteña, la cual fue la que disminuyó en mayor proporción su rendimiento en el tratamiento orgánico. En promedio de los 4 genotipos, la ganancia neta fue de \$87,400 ha⁻¹ en el tratamiento convencional y \$85,200 ha⁻¹ en el tratamiento orgánico.

Cuadro 2. Análisis económico de los costos de producción y ganancias con los tratamientos convencional (C) y orgánico (O).

VAR./CLON	GASTOS VARIABLES (\$)		VALOR DE LA PRODUCCIÓN* (\$)		GANANCIAS NETAS** (\$)	
	C	O	C	O	C	O
AÑO 2005						
Malinche	32,000	25,000	176,400	182,520	104,400	117,520
Norteña	32,000	25,000	187,200	127,920	115,200	62,920
AÑO 2016						
99-38	46,000	34,000	165,600	145,080	79,600	71,080
8-29	46,000	34,000	136,400	163,280	50,400	89,280

*Calculado en base al rendimiento. Se dió un valor de \$4,000 t⁻¹ a las papas producidas convencionalmente y \$5,200 t⁻¹ a las papas producidas orgánicamente.

**Cálculo: Valor de la producción - Gastos variables - Gastos fijos de \$40,000 para todos los tratamientos

Los resultados en su conjunto indican que utilizando variedades resistentes al tizón tardío y sembrando en sitios con altitudes cercanas a los 3500 m es posible producir papas orgánicas con ganancias comparables con un sistema convencional. La baja severidad del tizón tardío en los genotipos utilizados demuestra que esta enfermedad no fue una limitante para la producción orgánica de papa. La resistencia contra el tizón tardío de las variedades de papa generadas en México por el INIFAP ha sido demostrada ampliamente. Estas variedades tienen una combinación de resistencia vertical (genes mayores) y horizontal (genes menores), lo cual les confiere mayor resistencia y durabilidad (Grünwald et al., 2002; Rubio et al., 2005; Rubio et al., 2016). Esta selección de variedades ha sido exitosa en parte debido a que se ha realizado en el Valle de Toluca, el cual es considerado el centro de origen del tizón tardío (Alarcón et al., 2014).

El ataque de insectos que causan daños directos o indirectos al transmitir enfermedades tampoco fue una limitante en el sistema de producción orgánico. El agente causal de cebrachip es la bacteria *Candidatus liberibacter solanacearum*, la cual es transmitida por el psílido de la papa *Bactericera cockerelli* (Munyaneza, 2012). Esta enfermedad es un severo problema en el Estado de México, sin embargo, la población del insecto vector y consecuentemente la incidencia de la enfermedad disminuye considerablemente a altitudes superiores a los 3200 msnm porque las bajas temperaturas inhiben el desarrollo del insecto vector (Rubio et al., 2011). La misma explicación es aplicable a la enfermedad conocida como punta morada de la papa, la cual es causada por fitoplasmas transmitidos por insectos cicadelidos (chicharritas).

Descartando al tizón tardío, cebrachip y punta morada como los factores más limitantes en la producción orgánica, en este estudio se sume que la fertilización fue el factor que

mayormente influyó en el rendimiento más bajo obtenido en el sistema orgánico. En las faldas del volcán Nevado de Toluca predominan los suelos de ando, los cuales tienen una alta capacidad de fijación de fósforo, por lo que se recomienda aplicar una mezcla de gallinaza y fertilizante químico rico en fósforo (Rubio et al., 2000). La aplicación de gallinaza, lombri-composta y Biovital en las parcelas orgánicas aportó menos nutrientes que la mezcla de fertilizante químico y abono orgánico aplicado en las parcelas con el tratamiento convencional. Sin embargo, es de esperarse que después de varios años de aplicaciones continuas de abonos orgánicos se vaya enriqueciendo el suelo y se lleguen a suplir las necesidades nutricionales del cultivo de papa.

El análisis económico indica que existe competitividad en las ganancias netas que se pueden obtener en los sistemas de producción orgánica y convencional cuando se utilizan genotipos de papa resistentes a plagas y enfermedades. Sin embargo, en México aún no se realiza la comercialización de papas orgánicas. El presente estudio demuestra la factibilidad de un sistema de producción orgánica de papa y se espera que sirva de base para que se promueva esta actividad y así disminuir el uso excesivo de fertilizantes, fungicidas e insecticidas que comúnmente hacen los productores de papa.

Conclusiones

El presente estudio demuestra que la producción orgánica de papa se puede realizar en el centro de México, sembrando variedades resistentes al tizón tardío en sitios fríos con altitudes cercanas a los 3500 m., en donde las bajas temperaturas inhiben el desarrollo de plagas y enfermedades. Bajo estas condiciones, el tratamiento de producción orgánica de 4 genotipos de papa tuvo menor rendimiento que el tratamiento de producción convencional, pero tuvo ganancias netas similares.

Literatura citada

Alarcón, R. N. M., E. Valadéz M. and H. Lozoya S. 2014. Molecular analysis of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary from Chapingo, Mexico. Phylogeographic referential. *Am. J. Potato Res.* 91(5):459-466.

Baker, B. P., C. M. Benbrook, E. Groth III and K. L. Benbrook. 2002. Pesticide residues in conventional, integrated pest management (IPM) grown and organic foods: insights from three US data sets. *Food Additives and Contaminants* 19(5):427-446.

- Drinkwater, L. E., P. Wagoner and M. Sarrantonio. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396:262-265.
- Fraser, D. G., J. W. Doran, W. W. Sahs and G. W. Lesoing. 1988. Soil microbial populations and activities under conventional and organic management. *J. Environmental Quality* 17(4):585-590.
- Gold, M. V. 1999. Sustainable agriculture: Definitions and terms. Special Reference Briefs Series No. SRB 99-02 and SRB 94-05. USDA. ARS. USA.
- Gómez, T. L. y M. A. Gómez C. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. *CONABIO. Biodiversitas* 55:13-15.
- Grünwald, N. J., M. A. Cadena H., O. A. Rubio C., A. Rivera P., J. S. Niederhauser and W. E. Fry. 2002. Potato cultivars from the Mexican national program: sources and durability of resistance against late blight. *Phytopathology* 92:688-693.
- Miller, R. J. and R. B. Smith. 1976. Nitrogen balance in the southern San Joaquin Valley. *J. Environmental Quality* 5:274-278.
- Munyaneza, J. E. 2012. Zebra chip disease of potato: biology, epidemiology and management. *Am. J. Pot. Res.* 89:329-350.
- National Organic Standards Board NOSB. 2017. <http://www.ams.usda.gov/rules-regulations>. [consultado el 1 de junio de 2017].
- Poudel, D. D., W. R. Horwath, W. T. Lanini, S. R. Temple and A. H. C. van Bruggen. 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90(2):125-137.
- Reganold, J. P. 1988. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. *American J. Alternative Agric.* 3(4):144-155.
- Ren, H., H. Endo and T. Hayashi. 2001. Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide free and organically cultivated green vegetables using water soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. *J. Sci. Food Agric.* 81(15):1426-1432.
- Rubio C., O. A., J. A. Rangel G., R. Flores L., J. V. Magallanes G., C. Díaz H., T.E. Zavala Q. et al. 2000. Manual para la producción de papa en las sierras y valles altos del centro de México. Libro Técnico No. 1. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Toluca, Edo. de Méx., México. 61 p.

- Rubio, C. O. A., D. S. Douches, R. Hammerschmidt, A. Da Rocha and W. W. Kirk. 2005. Effect of temperature and photoperiod on symptoms associated with resistance to *Phytophthora infestans* after leaf penetration in susceptible and resistant potato cultivars. *Am. J. Potato Research*. 82(2):139-146.
- Rubio, C. O. A., M. A. Cadena H. y G. Vázquez C. 2013. Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto Técnico No. 2. INIFAP. Sitio Experimental Metepec.
- Rubio, C. O. A., I. H. Almeyda L., M. A. Cadena H. y R. Lobato S. 2011. Relación entre *Bactericera cockerelli* y la presencia de *Candidatus Liberibacter psyllaurous* en lotes comerciales de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(1):17-28.
- Rubio, C. O. A., M. A. Cadena H., R. Flores L., J. Munyaneza, S. Prager and J. Trumble. 2015. Assessing zebra chip resistance of advanced potato breeding lines under field conditions in the Toluca Valley, Mexico. *Revista de la Sociedad Latino Americana de la papa*. 19(2):20-30.
- Rubio, C. O. A., M. A. Cadena H. y R. Flores L. 2016. Comparación de la resistencia horizontal y vertical contra el tizón tardío de la papa en Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(4):755-766.
- SIAP-SAGARPA. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. [consultado el 1 de junio de 2017].

DETECCIÓN MOLECULAR DE *Candidatus Liberibacter asiaticus* EN NARANJO AGRIO (*Citrus aurantium*) EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO

Santos Graciela Montemayor Beltrán³², Isidro Humberto Almeyda León^{33*}, María Genoveva Álvarez Ojeda³⁴, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quiblera³⁵, Alberto Mendoza Herrera³⁶ y Roberto Omar Castañeda Arriola³⁷

Resumen

El Huanglongbing (HLB), es una de las enfermedades más devastadoras de los cítricos a nivel mundial, el agente causal es una bacteria del género *Candidatus Liberibacter* spp., y afecta a todas las especies de cítricos, especialmente los cítricos agrios. Actualmente se han confirmado tres especies de la bacteria: *Ca. L. asiaticus*, *Ca. L. americanus* y *Ca. L. africanus*. Esta bacteria es transmitida por dos insectos vectores: *Diaphorina citri* (América y Asia) y *Trioza erytrae* (África), lo que favorece su rápida y eficaz diseminación, ocasionando cuantiosas pérdidas económicas, así como problemas sociales y ambientales. En este trabajo se realizó la optimización de la Reacción en Cadena de la Polimerasa punto final y Tiempo Real (PCR punto final y PCR-TR) para la detección de HLB en naranjo agrío en la zona norte del estado de Tamaulipas. Se procesaron 178 muestras (168 fueron de nervadura central de la hoja, ocho de raíz y dos muestras del vector). Mediante PCR punto final se detectó a la bacteria a partir del DNA extraído de hoja, pero no se detectó en el DNA extraído a partir de raíz y del vector. Mediante la PCR-TR se detectó a la bacteria a partir del ADN extraído de hoja y raíz de naranjo agrío y del insecto vector. Estos resultados demuestran que la PCR-TR es más eficiente que la PCR punto final para la detección de la bacteria en diferentes tejidos de la planta de naranjo agrío y en el insecto vector.

Palabras clave: HLB, RT-PCR, cítricos

³²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán.

³³INIFAP-Campo Experimental G. Terán.;

³⁴INIFAP-Campo Experimental Río Bravo.

³⁵INIFAP-Campo Experimental Ixtacuaco.

³⁶Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica,

³⁷INIFAP-Campo Experimental la Posta.

*almeyda.isidro@inifap.gob.mx

Introducción

En México el Huanglongbing (HLB), también conocido como “enverdecimiento de los cítricos” o “dragón amarillo” fue reportado por primera vez en el 2009 en el estado de Yucatán (Esquivel-Chávez et al., 2012). El HLB es una de las enfermedades más devastadora que afecta a los cítricos a nivel mundial (Collazo-Cordero et al., 2011), debido a los daños que ocasiona, su rápida diseminación, así como por su difícil y tardío diagnosticado. El HLB es causado por una alfa-proteobacteria gram negativa no cultivable in vitro y está restringida al floema vascular de la planta, causando improductividad y eventualmente su muerte (Robles-González et al., 2013). Actualmente se conocen tres especies de esta bacteria: *Ca. L. asiaticus*, *Ca. L. americanus* y *Ca. L. africanus* (Teixeira et al., 2005), la forma principal de dispersión de la bacteria es por medio de dos insectos vectores: *Trioza erytreae* en África y *Diaphorina citri* en Asia y América (Hall et al., 2008). La sintomatología inicial que presentan las plantas afectadas es: clorosis difusa en tejido y follaje, moteado asimétrico difuso, brotes de hojas amarillas, defoliación y engrosamiento de la nervadura debido a que el patógeno se disemina a través del floema vascular de la planta provocando oclusión en la nervadura central de las hojas, tallo, raíz, corteza y fruto (Robles-González et al., 2013). Estos síntomas en las plantas no son propios y exclusivos de la enfermedad, por lo que en etapas tempranas fácilmente pueden llegar a confundirse con una deficiencia de minerales. (Collazo-Cordero et al., 2011).

El primer reporte del HLB en América fue en 2004 en Araraquara, Brasil (Bové y Ayres, 2007), en el 2005 se reportó en el estado de Florida, Estados Unidos; en México el primer reporte fue en 2009 en el Estado de Yucatán, extendiéndose hacia los estados de Colima, Jalisco, Nayarit y Quintana Roo (FAO, 2013). El HLB afecta a todas las especies comerciales de cítricos y a otras especies de la familia Rutaceae a nivel mundial (Da Graca, 2008). En México las plantaciones más afectadas y por tener mayor prevalencia se encuentran los cítricos agrios, como el limón mexicano (*C. aurantifolia*) y el limón persa (*Citrus latifolia*) (Esquivel-Chávez et al., 2012; FAO, 2013). Actualmente se ha detectado en 391 municipios de 22 entidades de México, de los cuales, 314 son considerados citrícolas, lo que representa una producción de 6.7 millones de toneladas anuales, con un valor de \$8,050 millones de pesos (SIAP, 2006). En el estado de Tamaulipas se cuenta aproximadamente con 39,027 hectáreas de cítricos, lo que representa el 6.9% de la superficie total nacional, de donde se obtienen 739 mil toneladas de fruta, generando 1,486 millones de pesos anuales. Recientemente el HLB se ha detectado en los municipios de Bustamante, Victoria, Tula, Madero, Xicotencatl, Jaumave, Padilla y Palmillas (SENASICA, 2016). Debido a que los cítricos son de gran importancia y demanda en nuestro país, esta enfermedad representa una amenaza seria, ya que no existe cura, trayendo consecuencias negativas de gran

impacto en los sectores social, económico y ambiental. La detección de la presencia de la bacteria es mediante técnicas moleculares, debido a su alta especificidad y sensibilidad (Okuda et al., 2005). El objetivo de este trabajo fue detectar a la bacteria a partir del ADN extraído de diferentes tejidos de naranjo agrio y del vector mediante PCR-TR y PCR punto final, y realizar su identificación molecular.

Materiales y métodos

Lugar de trabajo y colecta de muestras. El trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, km 61 carretera Matamoros-Reynosa, C.P. 88900, Cd. Río Bravo, localizado en las coordenadas (25° 57' de latitud Norte y 98° 01' de longitud Oeste, a una altura media de 20 metros sobre el nivel del mar (msnm). La recolección de las muestras se realizó en el ciclo invierno-primavera 2016-2017 en distintas localidades del norte de Tamaulipas (Valle Hermoso, Reynosa, Comales, Río Bravo y ejidos de la misma localidad como: la brecha 25, 28 y una huerta ubicada en la brecha 105). Las muestras de tejido vegetal (nervadura central de la hoja), fueron colectadas de árboles que presentaban sintomatología de HLB (Figura 1), las muestras de raíz, se colectaron de árboles que habían sido positivos a *Ca. L. asiaticus* a partir del ADN extraído de hoja. El vector *D. citri*, fue colectado directamente de los árboles que presentaban sintomatología de HLB.



Figura 1. Hojas de naranjo agrio con sintomatología de la enfermedad e insectos vectores colonizando las hojas.

En total se colectaron 178 muestras de las cuales: 176 muestras fueron de tejido vegetal de plantas de naranjo (168 de la nervadura central de la hoja y 8 muestras fueron de raíces absorbentes) de árboles de naranjo agrio con sintomatología de HLB (brotes cloróticos,

moteado asimétrico difuso y engrosamiento de nervadura), dos muestras fueron del insecto vector. Las muestras eran colocadas en sobres identificados y transportados al Laboratorio de Biotecnología donde se almacenaban a 4°C hasta su procesamiento.

Desinfección y lavado de muestras. El tejido vegetal (nervadura central hoja) y las raíces, fueron lavadas con agua destilada y jabón, después se enjuagó con agua destilada y por último se lavaron con agua tridestilada estéril, las raíces se desinfectaron con etanol al 70%, posteriormente las muestras se colocaron en toallas secantes para su secado final a temperatura ambiente. Los insectos vectores colectados fueron colocados en tubos Eppendorf de 1.5 mL con etanol al 70%, para ser preservados hasta su uso.

Extracción de ADN. La extracción se realizó por el método CETAB (Doyle y Doyle, 1987), modificado por Almeyda et al. (2001). Se pesaban 250 mg de cada muestra (nervadura central o raíz) y se maceraban en nitrógeno líquido, las muestras maceradas se colectaban en tubos Eppendorf de 2.0 mL y se le agregaban 750 µL de solución de extracción previamente calentada a 65°C de 2 ME/CETAB (2% p/v CTAB, 100 mM Tris-HCl pH 8.0, 20 mM EDTA pH 8.0, 1.4 M NaCl, 1% p/v polivinylpyrrolidona 40,000), con β-mercaptoetanol a una concentración final de 0.2% y se incubaban durante 45 min a 65°C. Después se adicionaba a las muestras un volumen igual de Sevag frío (cloroformo-alcohol isoamílico 24:1) y se centrifugaban a 10,000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente. Se recuperaba la fase acuosa de las muestras y se les agregaba un volumen de Sevag frío y se centrifugaban a 10,000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente a la fase acuosa recuperada se le adicionaban 0.5 volúmenes de acetato de amonio (7.5 M, pH 7.6), y se dejaban incubando en hielo por 10 minutos y luego se centrifugaban a 14,000 rpm a temperatura ambiente, el sobrenadante se transfería directamente a un tubo Eppendorf de 1.5 mL estéril. Para precipitar el ADN se le agregaba 0.6 volúmenes de isopropanol y se dejaban incubando de 30 minutos a 18 horas a temperatura ambiente, después, se centrifugaban a 10,000 rpm durante 20 minutos, y se decantaba el sobrenadante. Las muestras eran lavadas dos veces con etanol al 70% frío, centrifugándose a 10,000 rpm por 15 minutos a temperatura ambiente. Por último, el precipitado fue recuperado en 50µl de buffer TE-1X (Tris-HCl 10 mM pH 8, EDTA 1 mM pH 8) estéril y se mantuvieron a 4 °C hasta su uso.

Determinación de la cantidad y calidad de ADN. El ADN se cuantificó en un nanodrop (Genova Nano Spectrophotometer®) y se visualizó en geles de agarosa al 0.8% para verificar su calidad.

Optimización de la PCR punto final. Para definir las temperaturas óptimas de amplificación con los iniciadores utilizados (Oi1/Oi2c), los cuales son específicos para *L. asiaticus* y *L. africanus* (Jagoueix et al., 1996), se realizaron reacciones de PCR con gradientes de temperatura.

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR punto final). Las reacciones de PCR se realizaron en un volumen final de 25 µl conteniendo: Buffer de PCR (1X), MgCl₂ (1.5mM), dNTPs (2.5 mM), iniciadores (25 pmoles), 1 unidad de MyTaq™ polimerasa (Bioline) y ADN (100 ng), el volumen total se completó agregando agua ultrapura estéril libre de nucleasas. En todas las corridas de PCR se utilizó un control positivo y un control negativo. Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador (Bio Rad, Thermal Cycler), las condiciones se especifican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones de las PCR punto final en el termociclador.

Temperatura	Tiempo	Ciclos
94°C	5 min	1
95°C	30 s	
62°C	30 s	35
72°C	1 min	
72°C	10 min	1
4°C	∞	1

Electroforesis en geles de agarosa. Los productos amplificados en las PCR punto final fueron fraccionados y separados por electroforesis en geles de agarosa al 1.5%, durante 90 minutos a 80 voltios. Los geles fueron analizados en un transiluminador (Bio Rad, UV Transiluminator 2000).

Reacción en cadena de la polimerasa tiempo real (q-PCR). La reacción se llevó a cabo en un volumen final de 25 µl conteniendo: Master Mix TaqMan® Environmental (2 unidades), iniciadores HLBas/COX (1µM c/u), sonda HLB/COX (10 µM) y ADN (100 ng), para obtener el volumen final se agregó agua ultrapura estéril libre de nucleasas. En todas las reacciones de PCR-TR se incluyó un control positivo, 2 controles negativos (ADN de plantas de cítricos sanas y agua sin ADN) y un control interno. Las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador StepOne™ Real time-PCR (Applied Biosystems), las condiciones se especifican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones de las PCR-TR en el termocilador.

Temperatura	Tiempo	Ciclos
95°C	2 min	1
95°C	15 s	40
58°C	40 s	
60°C	1 min	1

Resultados y discusión

Extracción de ADN. La maceración de las muestras con nitrógeno líquido y la técnica de extracción por el método CETAB, fueron eficientes para obtener ADN de buena calidad (Figura 2) y cantidad suficiente para ser utilizado con éxito en las reacciones de PCR punto final y PCR-TR).

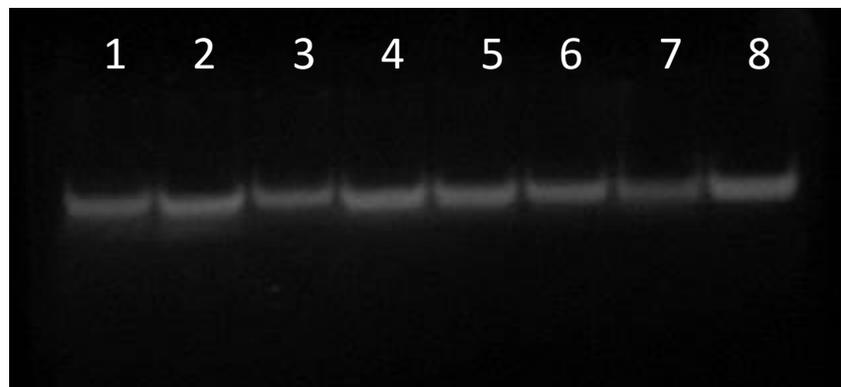


Figura 2. ADN extraído a partir de muestras de tejido vegetal (nervadura central) de diferentes especies de cítricos. Carril 1: Árbol de naranjo agrio; Carril 2: Árbol de limón; Carriles 3-4: Árboles de naranjo agrio; Carriles 5-6: Árboles de naranjo dulce; Carriles 7-8: Árboles de naranjo agrio.

Estandarización de la PCR punto final. Para definir la temperatura óptima de alineamiento con los oligonucleotidos utilizados se realizaron reacciones de PCR con gradiente de temperatura y se determinó que la mejor temperatura fue de 62°C, amplificándose un fragmento de 1160 pb (Figura 3), el cual, es el tamaño esperado para *Ca. L. asiaticus* de acuerdo a la región donde fueron diseñados los iniciadores empleados (Jagoueix et al., 1996).

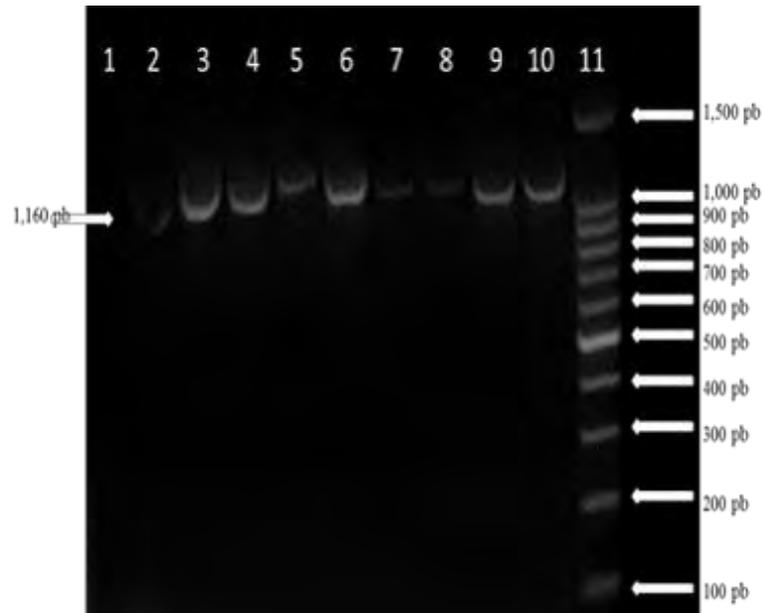


Figura 3. Fragmentos amplificados por PCR utilizando los iniciadores Oi1 y Oi2c y ADN de diferentes especies de cítricos. Carril 1: Control negativo; Carriles 2-3: Árboles de naranjo agrio; Carriles 4-5: Árboles de naranjo dulce; Carriles 6-7: Árboles de naranja agria; Carril 8: Árbol de limón; Carril 9: Árbol de naranjo agrio; Carril 10: Control positivo; Carril 11: Marcador de peso 100-1000 pb (Promega).

Resultados obtenidos con las técnicas de PCR punto final y PCR-TR. De las 178 muestras procesadas solo se logró la amplificación en 20 muestras (11.23%) mediante la técnica de PCR punto final. Las muestras positivas fue ADN extraído de nervaduras de las hojas, no se obtuvo amplificación con el ADN extraído de muestras de raíz y del vector. Mediante la técnica de PCR-TR se obtuvo un 100% de amplificación a partir del ADN extraído de plantas con síntomas de HLB (tanto de hojas como de raíz), superando ampliamente el porcentaje obtenido con la técnica de PCR punto final. En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos con las dos técnicas a partir del ADN extraído de raíz. Los resultados obtenidos confirman la presencia del Huanglongbing en el norte del estado de Tamaulipas, lo cual debe servir de base para establecer y/o incrementar las estrategias para el manejo del insecto vector y de la enfermedad misma.

Cuadro 3. Comparación de resultados obtenidos en la detección de *Ca. L. asiaticus* mediante PCR punto final y PCR-TR.

Especie	Tejido	PCR punto final	PCR-TR
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de limón	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo dulce	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo dulce	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)
Árbol de naranjo agrio	Raíz	(-)	(+)

Conclusiones

Se confirmó la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en la región norte del estado de Tamaulipas y la técnica más eficiente para detectar a la bacteria en muestras vegetales fue PCR en tiempo real.

Literatura citada

Almeyda, L. I. H., M. A. Rocha P., J. Piña R. y J. P. Martínez S. 2001. The use of polymerase chain reaction molecular hybridization for detection of phytoplasmas in different plant species in Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1):1-9.

Bové, J. M. and A. J. Ayres. 2007. Etiology of tree recent diseases of citrus in Sao Paulo: sudden death, variegated chlorosis and huanglongbing. *IUBMB Life* 59:346-354.

Collazo-Cordero, C., J. Y. Núñez-Luis, M. Luis-Pantoja and R. Llauger-Riverón. 2011. Optimización de una reacción en cadena de la polimerasa anidada para el diagnóstico de la enfermedad "huanglongbing" de los cítricos. *Revista CitriFrut* 28(2):19-30.

Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19:11-15.

Da Graca, J. V. 2008. Biology, history and world status of huanglongbing. p. 1-7. In: *Memorias del 1er Taller Internacional sobre el Huanglongbing y el Psilido asiático de los Cítricos*. Hermosillo, Son., México.

Esquivel-Chávez, F., G. Valdovinos-Ponce, G. Mora-Aguilera, R. Gómez-Jaime, J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez et al. 2012. Análisis histológico foliar de cítricos agrios y naranja dulce con síntomas ocasionados por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Agrociencia* 46(8):769-782.

FAO. 2013. Marco estratégico para la gestión regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 76 p.

Hall, D. G., M. G. Hentz and R. C. Adair. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environmental Entomology* 37(4):914-924.

Jagoueix, S., J. M. Bové and M. Garnier. 1996. PCR detection of the two "Candidatus" liberobacter species associated with greening disease of citrus. *Mol. Cell. Probes*. 10:43-50.

Okuda, M., M. M. Matsumoto and Y. Tanaka. 2005. Characterization of the *tufB-secE-nusG-rplKAJL-rpoB* gene cluster of the citrus greening organism and detection by Loop-Mediated Isothermal Amplification. *Plant Disease* 89(7):705-711.

Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo et al. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 19(1):15-31.

SIAP (Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2006. Ficha técnica. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. [consultado el 10 de julio de 2016].

SENASICA. 2016. Informe de acciones operativas. <http://www.siafeson.com>. SENASICA. (senasica.gob.mx/id=4608). [consultado el 10 de julio de 2016].

Teixeira, D. do C., J. L. Danet, S. Eveillard, E. Martins, W. C. de Jesus Jr., P. T. Yamamoto et al. 2005. Citrus huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the "Candidatus" *Liberibacter* species associated with the disease. *Molecular and Cellular Probes* 19(3):173-179.

FACTORES LIMITANTES DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNICIPIO ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ

Armando Domínguez Torres^{38*}, Luis Alberto Montes Gutiérrez³⁸, Salvador Paredes Rincón³⁸, Félix David Murillo Cuevas³⁸, Armando Domínguez Capistrán³⁸ y Maritza Pérez Acahua³⁹

Resumen

El cultivo de la caña de azúcar es de gran importancia social y económica entre los veracruzanos, ya que el 33% de los ingenios del país se localizan en Veracruz. Desde hace cinco zafras, los productores cañeros de la costa central de Veracruz obtienen bajos rendimientos, situación en la que intervienen diversos factores, y que probablemente sean motivados por los bajos precios que paga la empresa por tonelada de caña cosechada, lo que induce bajas o nulas ganancias al productor; esto conlleva a la desatención del cultivo, al no realizar las labores básicas con la oportunidad adecuada. El objetivo de esta investigación fue determinar los factores limitantes del agrosistema caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, considerando los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico. La investigación se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, considerando como área de estudio el municipio Úrsulo Galván, Veracruz. La metodología incluyó seis etapas: obtención de información sobre los ejidos, comunidades y productores de caña de azúcar que conforman dicho municipio, selección de ejidos representativos del municipio, selección de productores por unidad de usuarios de agua de riego, prueba piloto del cuestionario, realización de encuesta y análisis de información. Los datos se analizaron mediante la técnica multivariada de dos componentes principales y regresión multilíneal. Resultaron significativas las variables: comunidad, método de siembra, asistencia técnica, método de determinación de qué y cuánto fertilizar, y tiempo de pre-liquidación que explican el 66.3%, mientras que comunidad, tamaño de parcela y tiempo de pre-liquidación el 75.4% y comunidad, tenencia de la tierra y tiempo de pre-liquidación el 76%. Aunque se hicieron presentes los tres componentes del sistema, el más significativo fue el socioeconómico. El rendimiento no fue significativo ni en la regresión ($r^2 = 0.39$ ns), por lo que es una variable que no depende de las características del productor de caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, considerando los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico del agrosistema.

³⁸Docente investigador del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. TecNM. *darmando2002@hotmail.com

³⁹Estudiante tesista del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

Palabras clave: Saccharum officinarum, análisis multivariado, agrosistema, encuesta

Introducción

La caña de azúcar juega un papel muy importante en la economía del país y principalmente en el estado de Veracruz, en el que existe el 33% de la superficie sembrada por los ingenios azucareros, de los que dependen miles de familias, que están involucradas directa e indirectamente en la explotación de la gramínea (Leano, 2013; SAGARPA, 2013; Aguilar, 2014; SAGARPA, 2016).

En la zona central costera de Veracruz se localizan los ingenios azucareros La Gloria y el Modelo S. A. de C. V., que juntos cubren alrededor de 25,000 ha cultivadas con caña de azúcar. La CNA (2009) indica que el 82% del área que dispone de agua para riego se cultiva con caña de azúcar, de ahí la importancia económica y social de ésta en la economía de la región.

Úrsulo Galván es uno de los cinco municipios que más superficie tiene cubierta con caña de azúcar y que proporciona materia prima a los dos ingenios más cercanos a éste (La Gloria y el Modelo S. A. de C. V.). Se tiene conocimiento de que en los últimos 10 años los rendimientos de caña de azúcar han disminuido aproximadamente entre 10 y 15%, sin que se tenga una respuesta clara y contundente de los factores que pueden estar incidiendo en ello, ya que por un lado lo atribuyen a las bajas precipitaciones pluviales y azarosa distribución, a no realizar la práctica de fertilización por los altos costos del fertilizante, por los muchos ciclos de cultivo o por la pérdida de cepas o densidad de población, y por el otro lado, a la falta de mantenimiento del cultivo, por la desmotivación del productor, debido a los bajos precios de la tonelada de caña cosechada que le paga el ingenio, lo que se refleja en bajas o nulas ganancias, que pudieran invertirse en el proceso de producción.

La preocupación que prevalece entre los productores de caña de azúcar, es la incertidumbre de su situación económica a corto plazo, pues los bajos precios de la tonelada de caña cosechada, aunado a los bajos rendimientos obtenidos en las últimas zafras, se han reflejado en la obtención de bajas ganancias, y en algunos de los casos, con cero beneficios e incluso han quedado endeudados.

Por la importancia económica y social que la caña de azúcar juega, no solo en las familias de los productores de esta gramínea, sino de la sociedad veracruzana que indirectamente depende de esa agroindustria, es necesario determinar los factores limitantes del agrosistema caña de azúcar desde el punto de vista holístico, que involucre los componentes: ecológico, tecnológico y socioeconómico del sistema (Armida, 2010; Figueroa et al., 2015), y que permita encontrar respuestas a la problemática presente, tomando como

base una encuesta por muestreo a productores cañeros del municipio Úrsulo Galván, Veracruz. De tal manera que, el objetivo del trabajo fue determinar los factores limitantes del agrosistema caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, considerando los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó del 15 de agosto de 2016 al 17 de junio de 2017, en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, considerando como área de estudio el municipio Úrsulo Galván, Veracruz. La investigación consistió en seis etapas:

Obtención de información sobre los ejidos, comunidades y productores de caña de azúcar que conforman el municipio Úrsulo Galván, Veracruz. Para obtener información sobre los ejidos, comunidades y productores de caña de azúcar, que conforman el municipio Úrsulo Galván, Veracruz, se visitaron las páginas web de dicho municipio, así como consulta directa a la CONAGUA, ubicada en Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, a través de las unidades de usuarios del agua de riego.

Selección de los ejidos representativos del municipio. Se seleccionaron 18 de los 21 ejidos que conforman el municipio Úrsulo Galván, tomando en cuenta el fácil acceso a las comunidades representativas de cada ejido.

Selección de productores de caña de azúcar por ejido. Con la información de los ejidos, sus comunidades y productores de caña de azúcar, se seleccionó una muestra representativa de la población objetivo 10:1 (Frías-Navarro y Soler, 2012). Se consideraron cinco productores por ejido, por lo que la muestra fue de 90 productores de caña de azúcar.

Prueba piloto del cuestionario elaborado. Para la obtención de la información relacionada con el proceso productivo de la caña de azúcar en el municipio Úrsulo Galván, se elaboró un cuestionario que contempló actividades, materiales, jornales, costos y beneficios que se tienen para la producción de caña de azúcar, incluidos los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico del agrosistema. Este cuestionario se aplicó como prueba piloto (Arribas, 2004) a tres productores de caña de azúcar de la zona en estudio, lo que permitió corregir los errores encontrados. En total se incluyeron en el cuestionario 118 preguntas.

Realización de encuesta a productores de caña de azúcar. La encuesta se realizó considerando cinco productores de caña de azúcar de las 18 comunidades representativas seleccionadas por ejido en el municipio Úrsulo Galván, Veracruz. Los productores fueron elegidos al azar, considerando la técnica del cinco de oros; es decir, dos al extremo norte, uno al centro y dos al extremo sur, de la comunidad. La técnica aplicada fue la entrevista personalizada a domicilio con el cuestionario como instrumento. Se entrevistaron un total de 90 productores de caña de azúcar.

Análisis de la información. La información obtenida de los productores, mediante los cuestionarios se capturó en Excel, posteriormente, con el programa estadístico Infostat se sometió a análisis multivariado de dos componentes principales (Catena et al., 2003) y análisis de regresión múltiple (Anderson et al., 2001). Para el análisis de componentes principales se probaron varios conjuntos de variables hasta obtener los mejores porcentajes que explicaran el fenómeno. El análisis de regresión múltiple solo se realizó para la variable rendimiento, por ser la que más interesa en el proceso productivo y que depende de las características y acciones del productor.

Resultados y discusión

Ejidos, comunidades y productores de caña de azúcar que conforman el municipio Úrsulo Galván, Veracruz.

En los Cuadros 1 y 2 se muestran los ejidos y comunidades que conforman el municipio Úrsulo Galván, Veracruz. Se observa que existen 21 ejidos y 34 comunidades. Las 13 últimas comunidades son de poca población.

Cuadro 1. Ejidos existentes en el municipio Úrsulo Galván, Veracruz.

Ejidos existentes en el municipio Úrsulo Galván	
1. Barra de Chachalacas	12. Jareros
2. Colonia Real del Oro	13. La Gloria
3. Colonia Francisco I. Madero	14. Loma de San Rafael
4. El Arenal	15. Mata Verde
5. Chalahuite	16. Monte de Oro
6. El Ciruelo	17. Paso de Doña Juana
7. El Limoncito	18. Paso del Bobo
8. El Paraíso	19. Playa de Chachalacas
9. El Porvenir	20. Úrsulo Galván
10. El Zapotito	21. Zempoala
11. J. Guadalupe Rodríguez	

Cuadro 2. Comunidades existentes en el municipio Úrsulo Galván, Veracruz.

Comunidades del municipio Úrsulo Galván		
1. Barra de Chachalacas	13. La Gloria	25. La Linda
2. Real del Oro	14. Loma de San Rafael	26. La Zanja
3. Colonia Francisco I. Madero	15. Mata Verde	27. Loma de la Calavera
4. El Arenal	16. Monte de Oro	28. Los Pinos
5. Chalahuite	17. Paso de Doña Juana	29. Oro Verde
6. El Ciruelo	18. Paso del Bobo	30. Playa Juan Ángel
7. El Limoncito	19. Playa de Chachalacas	31. Rancho el Tesoro
8. El Paraíso	20. Úrsulo Galván	32. Rancho Puente Roto
9. El Porvenir	21. Zempoala	33. Rancho Víctor Riaño
10. El Zapotito	22. Agua Fría	34. San Vicente
11. J. Guadalupe Rodríguez	23. El Espinal	
12. Jareros	24. La Huerta	

Con respecto a los productores de caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, fueron ubicados alrededor de 900 productores, información obtenida de la CONAGUA, de José Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, a través de los tres módulos de usuarios del agua de riego.

Ejidos representativos y productores de caña de azúcar por unidad de riego

Los ejidos representativos en la encuesta fueron 18 de los 21 pertenecientes al municipio Úrsulo Galván, Veracruz, excluidos Lomas de San Rafael, Limoncito y Mata Verde.

De acuerdo con la información proporcionada por la CONAGUA, de los módulos de usuarios de agua de riego, en el municipio existen alrededor de 400 productores de caña de azúcar del módulo COANALAG, 200 del módulo Puente Nacional y 300 del módulo Zempoala.

Variables relevantes del proceso productivo cañero

Como resultado del análisis multivariado de los datos obtenidos del productor cañero de Úrsulo Galván con dos componentes principales se encontró que los mejores conjuntos de variables que explican el proceso productivo de caña de azúcar fueron:

- a) Rendimiento, tenencia de la tierra, comunidad y tamaño de parcela que explican el 59.9%.
- b) Rendimiento, tenencia de la tierra, comunidad y tiempo de pre-liquidación que explican el 65.5%.
- c) Comunidad, método de siembra, asistencia técnica, método de determinación de qué y cuánto fertilizar, y tiempo de pre-liquidación que explican el 66.3%.
- d) Comunidad, tamaño de parcela y tiempo de pre-liquidación que explican el 75.4%.
- e) Comunidad, tenencia de la tierra y tiempo de pre-liquidación que explican el 76%.

De acuerdo con los resultados, son pocas las variables que tienen relevancia o significancia en el proceso productivo de la caña de azúcar en el municipio Úrsulo Galván, entre las cuales hay algunas del componente ecológico como tamaño de parcela; del componente tecnológico como rendimiento, método de determinación de qué y cómo fertilizar, y método de siembra; así como del componente socioeconómico como tenencia de la tierra, la comunidad, la asistencia técnica en lo social y el tiempo de pre-liquidación en lo económico. Cabe destacar que el componente socioeconómico fue el que tuvo mayor relevancia en el proceso productivo de caña de azúcar, seguido del componente ecológico. En lo tecnológico, a pesar de haberse incluido 65 variables, no tuvieron significancia estadística, lo que indica que las actividades que realiza el productor son muy semejantes.

Con respecto a la variable rendimiento del componente ecológico, que es la que más interesa en el proceso productivo, el análisis de regresión múltiple mostró 26 variables significativas correspondientes en orden de importancia por la cantidad a los componentes tecnológico, socioeconómico y ecológico, con coeficientes de determinación (r^2) muy bajos, los cuales oscilaron entre 0.05 y 0.17. Resultados que solo en lo tecnológico concuerdan con Figueroa et al. (2015), quienes indican que a nivel municipal el rendimiento del cultivo de caña de azúcar se les atribuye a factores de manejo del cultivo, ambientales, de los servicios disponibles y aspectos sociales, entre los cuales, los más importantes fueron el manejo que se le da al cultivo, seguido por los daños derivados del ambiente.

Conclusiones

1. Las variables que resultaron significativas en el agrosistema cañero del municipio Úrsulo Galván, Veracruz fueron: tamaño de parcela en el componente ecológico; rendimiento, método de determinación de qué y cómo fertilizar, y método de siembra en el componente tecnológico, y tenencia de la tierra, la comunidad, la asistencia técnica en lo social y el tiempo de pre-liquidación en el componente socioeconómico.
2. El rendimiento resultó ser una variable que no depende de las características del productor de caña de azúcar del municipio Úrsulo Galván, Veracruz, considerando los componentes ecológico, tecnológico y socioeconómico del agrosistema.

Literatura citada

- Aguilar, R. N. 2014. Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova Scientia* 6(2):125-161.
- Anderson, D. R., D. J. Sweeney and T. A. Williams. 2001. Estadística para administración y economía (No. 311 A54Y). International Thomson.
- Armida, A. L. 2010. Factores socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos que influyen en la producción del agroecosistema caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Chontalpa, Tabasco. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, Manlio F. Altamirano, Ver., México. 43 p.
- Arribas, M. 2004. Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas Profesión* 5(17):23-29.
- Catena, M. A., H. M. Trujillo M. y M. M. Ramos A. 2003. Análisis multivariado: un manual para investigadores. Biblioteca Nueva. Barcelona, España.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2009. Plan director para la modernización integral del riego del Distrito de Riego 035, La Antigua, Veracruz. 142 p.
- Figuroa, R. K. A., A. M. T. García G., Y. Mayett M., F. Hernández R. y B. Figuroa S. 2015. Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *REMEXCA* 6(6):1345-1358.
- Frías-Navarro, D. y P. Soler M. 2012. Prácticas del análisis factorial exploratorio (AFE) en la investigación sobre conducta del consumidor y marketing. *Suma Psicológica* 19(1):45-58.

Leano, B. M. A. 2013. Cadena agroalimentaria de la caña de azúcar en el estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Ver., México. 72 p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2013. Impactos caña de azúcar. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf> [consultado el 13 de abril de 2016].

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2016. Caña de azúcar un valioso alimento. <http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/cana-de-azucar-un-valioso-alimento> [consultado el 14 de junio de 2017].

EVALUACIÓN DE SEIS GENOTIPOS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN COAHUILA

María del Carmen de Loera Hernández⁴³, David Sánchez Aspeytia^{40*}, Moisés Ramírez Meraz⁴¹, Ulises Santiago López⁴² y Mario Ernesto Vázquez Badillo⁴³

Resumen

En México, hay gran necesidad de contar con mayor número de variedades mejoradas de chiles que contribuyan a solucionar las demandas y los problemas de producción, calidad y necesidades del mercado, y que presenten características de adaptación, producción, precocidad, tolerancia a factores adversos como resistencia a plagas y enfermedades y calidad de fruto que el mercado demanda. La obtención de nuevos cultivares se puede realizar mediante la selección de individuos dentro de poblaciones, a través de introducciones o la realización de cruzamientos con el propósito de ampliar la variabilidad e incrementar las posibilidades de selección de plantas sobresalientes en el proceso de mejoramiento genético. En el Campo Experimental Saltillo del INIFAP localizado en la zona sureste de Coahuila, se evaluaron seis genotipos de chile habanero de coloración naranja en condiciones de invernadero, con la finalidad de seleccionar al menos un genotipo sobresaliente en cuanto a sus características, rendimiento y adaptación. El genotipo HN-5 se destacó entre los demás en cuanto a rendimiento, considerando sólo cuatro cortes. Por lo anterior, es posible afirmar que se puede producir chile habanero bajo el sistema de producción de agricultura protegida en la región sureste de Coahuila como una alternativa para los productores de hortalizas.

Palabras clave: descripción varietal, rendimiento, comportamiento agronómico

Introducción

En México solamente existen 12 variedades de chile habanero registradas en el Catálogo Nacional de Variedades Nacionales, lo que corresponde al 32.4% de las 37 variedades

⁴⁰Campo Experimental Saltillo. INIFAP. *aspeytia.david@inifap.gob.mx

⁴¹Campo Experimental Las Huastecas. INIFAP.

⁴²Campo Experimental San Luis. INIFAP.

⁴³UAAAN. Depto. Fitomejoramiento.

registradas de distintas especies. De las 12 variedades de chile habanero, nueve fueron liberadas por el Centro de Investigaciones y Ciencias de Yucatán (75%), mientras que los tres restantes (25%) corresponden a variedades liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En total, el INIFAP es la institución que ha generado mayor número de variedades de chile con el 51%.

El 80% de la producción de chile habanero se comercializa como fruto fresco y el 20% restante se dirige a la elaboración de salsas, pastas y deshidratados. Se exporta principalmente a Estados Unidos de América, Japón, Corea del Sur, Italia y Alemania.

De acuerdo con los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014), en los últimos años (2002-2012), la producción de chile habanero en México se ha concentrado en 17 estados, destacándose los estados de Yucatán y Tabasco, localizados en el sureste del país.

Por lo anterior en el Campo Experimental Saltillo del INIFAP (CESAL), localizado en la zona sureste del estado de Coahuila se evaluaron seis genotipos de chile habanero de coloración naranja en condiciones de invernadero, con la finalidad de seleccionar al menos uno con características agronómicas y de rendimiento sobresalientes.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el invernadero del CESAL, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coah., a 101°01'59" de longitud oeste, 25°20'41" de latitud norte, a una altitud de 1,812 m. La región tiene clima seco BsoKW (e), con un verano cálido, presencia de lluvias y temperaturas extremas, con una temperatura media anual de 19°C, un clima semifrío, semihúmedo y una precipitación pluvial media anual de 214 mm (García, 1986)

Antes de la siembra, las semillas de chile habanero fueron inmersas en una solución de ácido giberélico con una concentración de 75 ppm durante 18 h. Posteriormente, el 14 de abril de 2016, se realizó la siembra en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato el peatmoss. Se aplicó un riego al momento de la siembra y las charolas se colocaron en el invernadero para la germinación y desarrollo de las plántulas. El trasplante se realizó el 1 de junio de 2016; las plántulas se colocaron en bolsas de mezcla de tierra-perlita en relación de 9:1. La distancia entre plantas fue de 0.5 m entre planta y 1 m entre hileras para obtener una densidad de 20,000 plantas ha⁻¹. El manejo del cultivo consistió en la aplicación de riegos, fertilización, productos químicos para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, podas y deshierbe. El riego se aplicó mediante el sistema por goteo, proporcionado dos riegos por día (uno en la mañana y el otro por la tarde), equivalentes a 600 mL d⁻¹ para las etapas fenológicas vegetativas del cultivo; el número de riegos se

incrementó a tres por día en las etapas de fructificación, siendo equivalentes a 900 mL d⁻¹. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde los tratamientos correspondieron a seis genotipos, y se consideró una muestra de tres plantas por repetición. Las variables evaluadas fueron: longitud de tallo, diámetro del fruto, grosor de pericarpio, número de semillas, longitud del fruto, grosor del pedúnculo y rendimiento, considerando cuatro cortes. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias [Tukey ($p \leq 0.05$)] mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los cuadrados medios de las variables cuantitativas de los genotipos de chile habanero. Se puede observar que en la fuente de variación de repeticiones o bloques se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las variables de longitud de tallo y para el diámetro del fruto. A su vez, en la fuente de variación de genotipos se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables de grosor de pericarpio y número de semillas. En cambio, las variables longitud del fruto y grosor del pedúnculo, presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Para la variable rendimiento no hubo diferencias significativas entre los genotipos.

Cuadro 1. Análisis de varianza para los descriptores cuantitativos en los genotipos de chile habanero producidos bajo condiciones de invernadero en el CESAL del INIFAP en 2016.

F.V.	G.L.	LT	LF	DF	GPD	GPR	SEM	REN
BLOQ	4	228.70*	0.085	0.18*	0.00402	0.00133	95.47	10240.04
GENOT.	5	7.93	0.64*	0.31	0.00037**	0.00753*	929.47**	16886.79
ERROR. EXP.	15	51.65	0.21	0.09	0.00057	0.00256	145.68	8266.14
C.V. (%)		42.51	12.66	10.66	10.03	15.55	32.22	20.77
MEDIA		16.901	3.63	2.86	0.24	0.333	34.27	437.64

*Significativo, **Altamente significativo, LT = Longitud de tallo, LF = Longitud de fruto, DF = Diámetro de fruto, GPD = Grosor del pedúnculo, GPR = Grosor del pericarpio, SEM = Número de semillas.

Los coeficientes de variación obtenidos en las variables cuantitativas se consideran variables, ya que estos oscilaron entre 8.88 y 42.51%. Los mayores valores se registraron en las variables de longitud de tallo con 42.5%, número de semillas con 32.22% y rendimiento con 20.77%. Estas variaciones con valores altos se deben principalmente a la gran variabilidad que existió entre los genotipos evaluados y tipo de variable medida. El resto de las variables registraron valores inferiores a 20%.

Comparación de medias

Para la variable longitud de tallo se observa que todos los genotipos son estadísticamente iguales entre sí, sobresaliendo los genotipos HN-7 y HN-3-29, con longitudes de tallo de 19.25 cm y 17.0 cm, respectivamente. Ambos tuvieron longitudes de tallo mayores a la del genotipo Jaguar, cuya longitud de tallo fue de 16.85 cm (Cuadro 2). Para la variable longitud del fruto se presentaron dos grupos estadísticos; en el primer grupo sobresale el genotipo Jaguar, cuyos frutos midieron en promedio 4.33 cm, siendo el valor más alto en relación a los demás genotipos. Por su parte, en la variable diámetro del fruto, no hubo diferencia estadística entre genotipos. El genotipo Jaguar sobresalió en esta variable con un diámetro de fruto promedio de 3.11 cm; a su vez, el diámetro del fruto de los genotipos HN-4-59 y HN-5 fue de 2.59 cm. Ramírez et al. (2012), indicaron que el genotipo Jaguar tiene una longitud de 3.8 a 5.5 cm y 2.5 a 3 cm de diámetro, reuniendo las características solícitas en la norma mexicana para chiles frescos.

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables cuantitativas de los genotipos de chile habanero producidos bajo condiciones de invernadero en el CESAL del INIFAP en 2016.

Genotipo	Variables cuantitativas					
	LT	LF	DF	GPD	GPR	SEM
HN-4-59	16.75 a	3.69 ab	2.59 a	0.22 b	0.28 a	35.58 ab
HN-6	13.86 a	3.14 b	2.53 a	0.22 b	0.28 a	35.54 b
HN-3-29	17.0 a	3.44 ab	2.86 a	0.23 b	0.35 a	27.58 b
HN-5	16.75 a	3.63 ab	2.59 a	0.23 b	0.33 a	26.83 b
HN-7	19.25 a	3.49 ab	2.63 a	0.20 b	0.31 a	18.5 b
Jaguar	16.85 a	4.33 a	3.11 a	0.30 a	0.38 a	62.75 a

LT = Longitud de tallo, LF = Longitud de fruto, DF = Diámetro de fruto, GPD = Grosor del pedúnculo, GPR = Grosor del pericarpio, SEM = Número de semillas.

Para el grosor del pericarpio, la media de los genotipos fue de 0.221 cm., mientras que el testigo Jaguar presentó un grosor de 0.30 cm, significativamente mayor que el resto de los genotipos. Para esta variable, el genotipo HN-7 tuvo el menor grosor del pericarpio con 0.20 cm.

Para la variable de grosor del pedúnculo no se detectaron diferencias estadísticas entre los genotipos, aunque sí diferencias numéricas, siendo el testigo Jaguar el genotipo con mayor grosor del pedúnculo con 0.38 cm; a su vez, HN-4-59 y HN-6 mostraron los valores más bajos con 0.28 cm para ambos genotipos. El genotipo Jaguar presentó los valores más altos para la variable de número de semillas, con 62.75 semillas por fruto, siendo estadísticamente superior al resto de los genotipos, excepto a HN-4-59 que produjo 35.58 semillas por fruto.

El genotipo con mayor rendimiento fue HN-5 con 10,127 kg ha⁻¹, mientras que los genotipos con menores rendimientos fueron HN-3-29 con 7,935 kg ha⁻¹ y HN-7 con 7,485 kg ha⁻¹.

Conclusiones

1. Los genotipos de chile habanero HN-5 y Jaguar se consideran sobresalientes.
2. El cultivo de chile habanero bajo el sistema de producción de agricultura protegida es factible de realizarse satisfactoriamente en la región sureste de Saltillo, Coah., implementando estrategias para prevenir los daños por bajas temperaturas, mantener un buen sistema de humedad relativa que sea benigna al cultivo y con un buen sistema de fertirrigación.

Literatura citada

García, E. 1986. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 1a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F. 246 p.

Ramírez, M. M., G. Arcos C., H. Mata V. y E. Vázquez G. 2012. Jaguar, variedad de chile habanero para México. Folleto Técnico No. 28. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tam., México. 35 p.

SIAP. 2014, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx.

CALIDAD DE FRUTO EN POBLACIONES NATIVAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* var. *Ceraciforme*)

Jesús Guillermo Hernández-Martínez⁴⁴, Rafael Delgado-Martínez^{44*}, Mario Rocandio-Rodríguez⁴⁵, Alejandro Carreón-Pérez⁴⁴, Héctor Rodríguez-Morán⁴⁴, Wilberth Alfredo Poot-Poot⁴⁴ y Ricardo Lobato-Ortiz⁴⁶

Resumen

México es el principal exportador a nivel mundial de tomate, obligando a la cadena productiva a mantener una calidad constante de fruto con el fin de mantenerse como principal proveedor de los países de América del norte, así como abrir nuevos nichos de mercados que generen mayores entradas y ganancias, las poblaciones nativas de tomate se presentan como un recurso en favor de la calidad de fruto, pero antes de proponer estrategias de conservación y aprovechamiento de la especie, es necesario evaluarlas en campo y laboratorio. Con el objetivo de identificar características de calidad de fruto, se evaluaron 10 poblaciones nativas de tomate; de los estados de Puebla, Oaxaca e Hidalgo, entre las que están los tipos “cherry”, “ojo de venado”, “cuadrado”, “arriñonado”, “acorazonado” y se usó como testigo al híbrido “Cuauhtémoc” de tipo saladette, todas de crecimiento indeterminado, en condiciones de invernadero y fertirriego en sustrato de tezontle rojo. Las variables evaluadas fueron acidez titulable, firmeza, sólidos solubles totales y color. A excepción de la variable firmeza, todas las demás presentaron diferencias significativas. Para sólidos solubles totales, todos los genotipos superaron al testigo (híbrido Cuauhtémoc) con valores arriba de 5.6% lo que pudiera sugerir su uso en la agroindustria para la producción de salsas. En acidez titulable todas las poblaciones a excepción de “Lobato 10” superaron al testigo. En luminosidad (L*) los genotipos L6 y L5 fueron los más brillantes, lo que los vuelve atractivos para consumo en fresco. Los genotipos que presentaron mayores tonalidades rojas (a*) fueron L10 y L9 de tipo cherry lo que puede estar relacionado con la síntesis de licopeno. El análisis de componentes principales determinó que los tres primeros componentes explicaron el 91.3% de la variación

⁴⁴ Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria, Tamaulipas, C. P 87144.

⁴⁵ Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas. División del Golfo 356, Col. Libertad, Victoria, Tamaulipas, C.P 87019.

⁴⁶ Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad –Genética, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco, 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México

* rdelgado@docentes.uat.edu.mx

donde cinco variables fueron las que más explicaron, por su parte la variable firmeza fue la que menos explicó la variabilidad.

Palabras clave: acidez titulable, sólidos solubles, color

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos más importantes económica y culturalmente hablando en México y en el mundo (Candelas et al., 2006). Esto, debido a los productos derivados del fruto de esta planta, la gran derrama económica que se genera, la mano de obra que se requiere para su cultivo y el arraigo y aceptación que la sociedad le ha dado a este fruto en lo que a nivel gastronómico se refiere (Martínez-Vázquez et al., 2016), ya que puede utilizarse en una amplia variedad de platillos. A nivel mundial se cultivan casi 4 millones de hectáreas de tomate, el cual ocupa la mayor superficie cultivada con respecto a otras hortalizas (FAOSTAT, 2014). Los principales países productores son; China, Estados Unidos, India, Turquía, Egipto, Italia, Irán, Brasil y España, (FAOSTAT, 2014) los cuales conjuntan el 80% de la producción mundial (Hernandez-Leal, 2013) por su parte México, ocupa el décimo lugar a nivel mundial con una producción de 3,282,583 t (FAOSTAT, 2014) y una superficie sembrada de más de 50,000 ha (Gaspar-Peralta et al., 2012; SIAP, 2014). México es el principal exportador de este producto. Más del 90% de dichas exportaciones van dirigidas a Estados Unidos y Canadá en la cual, el primero de estos países es su principal comprador, (SAGARPA, 2016). Esto obliga a mantener un nivel de calidad constante para continuar como proveedor hacia América del norte, así como expandir el mercado a otros lugares del mundo. La calidad de tomate desde el punto de vista del consumidor comprende a factores externos como firmeza, textura y color, así como internos, entre los que están, grados bríx, acidez titulable, entre otros (Lecomte et al., 2004). En este contexto, autores como Chávez-Servia et al. (2011) han mencionado que las poblaciones nativas de tomate que se encuentran presentes en México presentan características de calidad de fruto que pueden utilizarse de manera directa o en programas de mejoramiento genético por su sabor, aroma, propiedades antioxidantes entre otras cualidades, con el fin de mejorar la calidad de fruto de la especie cultivada ya que como comenta Lecomte et al. (2004) los aspectos sensoriales de la calidad de la fruta han pasado a segundo término en los programas de mejoramiento genético, dándole mayor importancia a características como rendimiento, calibre de fruto, firmeza, ausencia de defectos físicos en la composición del fruto, resistencia a enfermedades y rendimiento de procesamiento, lo que ha provocado la disminución del sabor, situación que los consumidores de los países europeos, así como de

Estado Unidos y Australia han evidenciado desde hace más de 20 años (Kader et al., 1977; Decoene, 1995; Janse y Schols, 1995 y Ratanachinakorn et al., 1997). En este sentido, las poblaciones nativas de tomate se presentan como un recurso disponible en favor de la calidad de fruto, pero antes de proponer alternativas de aprovechamiento de la especie, es necesario evaluar la diversidad de características benéficas que presentan, para después proponer estrategias de conservación u aprovechamiento, es por lo anterior que el objetivo de este estudio fue evaluar características de calidad de fruto de 10 poblaciones nativas de tomate.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el área de invernaderos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las 10 poblaciones de tomate, más el testigo evaluados, se establecieron en charolas de poliestireno de 200 cavidades el 1o. de septiembre de 2016 y trasplantadas a los 58 días. Dichas poblaciones fueron cultivadas en invernadero en el ciclo otoño-invierno en bolsas negras con capacidad de cinco litros, llenadas de sustrato (tezontle), y se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron: firmeza, la cual se determinó midiendo la fuerza necesaria para ocasionar la ruptura de la epidermis del fruto, se utilizó un texturómetro de Chatillon (Wagner modelo FDV-30) adaptado con un puntal cónico de 2 mm. Los datos fueron registrados en Newtons (N). Se realizaron las lecturas en dos lados de la región ecuatorial de los frutos y se calculó el promedio. El color se evaluó con una escala Cielab (L^* , a^* , b^*) mediante un colorímetro (Hunter Lab, Reston Virginia Usa, modelo D-25). El componente L^* , es la luminosidad que se define como la proporción de luz transmitida por el objeto. Por su parte a^* , denota las tonalidades de verde a rojo y b^* los tonos de azul a amarillo (Arias et al., 2000). Las mediciones se tomaron en tres frutos del tercer racimo, en dos zonas ecuatoriales de cada fruto y se calculó el promedio de dichas lecturas. La acidez titulable, expresada como % de ácido cítrico, se determinó por el método de la AOAC, (1990). La muestra estuvo conformada por tres frutos en madurez fisiológica, que fueron previamente molidos y homogeneizados, se pesaron 10 g de puré a los que se les agregó 50 mL de agua destilada, se midió el volumen total y posteriormente se tomó una alícuota de 10 mL a la que se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con NaOH al 0.1 N. Los sólidos solubles totales se determinaron en el jugo de tres frutos, los cuales fueron molidos para su extracción. Los sólidos solubles se determinaron mediante un refractómetro de mano digital (Átago, modelo 100) con escala de 0 a 32% colocando una muestra de jugo sobre la celda del aparato, en cada medición se calibro con agua destilada. Los resultados se

expresan como porcentaje de sólidos solubles totales (% SST). Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza para detectar diferencias entre los tratamientos y cuando hubo significancia ($P \geq 0.05$) se realizó una comparación de media por la prueba de Tukey. Además, se realizó un análisis de componentes principales para definir las poblaciones con mejores características de calidad.

Resultados y discusión

Como se muestra en el Cuadro 1, el análisis de varianza no mostro diferencias significativas entre las poblaciones para firmeza ($P \geq 0.05$), siendo dicho factor muy relacionado con la durabilidad del fruto en anaquel y resistencia al manejo de poscosecha. Las poblaciones L5 y L8 presentaron los mayores valores con 0.15 y 0.14 N respectivamente, superando al híbrido comercial.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables de calidad fruto de poblaciones nativas evaluadas bajo condiciones de invernadero, Victoria. 2016-2017.

Genotipo (Lobato)	Sólidos solubles (%)	Acidez titulable (% de ácido cítrico)	Firmeza (N)	L*	a*	b*
L1	8.0 ab	0.72 a	0.13 a	30.18 ab	25.64 a	15.89 ab
L2	8.9 ab	0.67 ab	0.09 a	31.25 ab	23.13 a	12.38 b
L3	7.4 ab	0.66 ab	0.11 a	32.37 ab	24.85 a	14.55 ab
L4	10.4 a	0.74 a	0.10 a	31.68 ab	25.43 a	15.59 ab
L5	6.8 ab	-	0.15 a	33.65 a	24.41 a	14.05 ab
L6	7.0 ab	-	0.10 a	34.86 a	23.16 a	14.18 ab
L7	8.5 ab	0.48 ab	0.08 a	30.01 ab	27.67 a	17.55 a
L8	7.5 ab	0.35 ab	0.14 a	29.38 ab	27.95 a	15.03 ab
L9	8.5 ab	0.41 ab	0.08 a	25.59 b	35.99 a	14.97 ab
L10	7.9 ab	0.22 b	0.08 a	26.42 ab	36.70 a	16.18 ab
Testigo	5.6 b	0.24 b	0.12 a	26.62 ab	25.45 a	17.53 a
DMS	3.84	0.48	0.11	8.9	14.8	4.22
CV (%)	14.7	27.37	44.3	12.93	22.41	11.59

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación N: Newtons.

Esto difiere a lo encontrado por Vásquez-Ortiz et al. (2010) quienes señalan que las poblaciones nativas presentan menor firmeza de fruto que los genotipos mejorados. Los valores de firmeza fueron inferiores a los reportados por San Martín-Hernández et al. (2012)

quienes observaron una firmeza promedio de 1.59 N y que además mencionan que los frutos de tomate 100% comercializables deben ostentar valores de firmeza de 1.45 N y en la etapa de consumo humano 1.28 N.

Los valores obtenidos en este trabajo pueden atribuirse a la etapa de maduración, ya que los frutos se evaluaron cuando estaban en madurez completa y este proceso provoca cambios en la pared celular debido a que se incrementa la síntesis de enzimas relacionadas con el ablandamiento del fruto (Salgado, 2011). Casierra-Posada y Aguilar-Avenidaño (2008) agregan que la actividad enzimática desnaturaliza a los compuestos que aportan rigidez a los frutos y esta es mayor en frutos de madurez completa que en los que son cosechados en etapas tempranas. Además, la firmeza fue la variable que mostro el más alto coeficiente de variación (44.3%) lo que indica alta variabilidad en el comportamiento de las poblaciones. Por otro lado, para acidez titulable hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) donde todos los genotipos estuvieron por encima del híbrido (0.24), el genotipo L4 presento los mayores porcentajes de ácido cítrico (0.74), superando lo encontrado por Gaspar-Peralta et al. (2012), quienes en ocho líneas avanzadas de tomate encontraron valores máximos de 0.39% de ácido cítrico, y también superaron lo encontrado por (San Martín-Hernández et al., 2012) quien en un experimento donde evaluaron la calidad de tomate con diferentes granulometrías de tezontle reportaron valores máximos de 0.60% de ácido cítrico. Para sólidos solubles totales hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre genotipos, donde cada uno de estos superaron al híbrido comercial, quien presentó valores de 5.6%, lo que concuerda con Maldonado-Peralta et al. (2016) quienes evaluaron el potencial de rendimiento y calidad de fruto de 100 poblaciones nativas de tomate, en Texcoco Edo. de México encontrando poblaciones que superaron al testigo en porcentaje de sólidos solubles; agregando además que estos son de vital importancia porque indican el contenido de sustancias antioxidantes que contribuyen a prevenir enfermedades carcinógenas y cardiovasculares. Los valores encontrados en este estudio son similares a los reportados por Parra-Gómez et al. (2016), quienes al evaluar el potencial hortícola de 225 líneas S_3 derivadas de la cruce de dos especies de tomate, encontraron 10 líneas sobresalientes para la variable sólidos solubles ya que presentaron valores entre 8.9 a 10.2% a lo que agregan que los genotipos pueden ser una fuente de germoplasma con el fin de incrementar los SST, ampliando la base genética del tomate que se cultiva. Para el caso de este estudio todas las poblaciones nativas presentaron valores altos, mayores a 5.5 lo que sugiere su potencial utilización para la agroindustria por su sabor. El genotipo L4 de tipo acorazonado obtuvo los mayores valores 10.4%. Como menciona, Salgado (2011) es posible encontrar variabilidad en poblaciones nativas de tomate para porcentaje de sólidos solubles, ya que hay poblaciones que pueden acumular, mayor cantidad de fructuosa y sacarosa en sus frutos. Para luminosidad (L^*) la medición en la zona ecuatorial de los frutos ayudo a determinar que los genotipos L6 y L5 de

tipo riñón y cuadrado respectivamente, fueron los más brillantes ($L^* > 33$) seguidos de los genotipos de tipo acorazonado L3, L4 y L2 con 32.37, 31.6 y 31.2 respectivamente mientras que los tipos cherry (L7), y ojo de venado (L8) obtuvieron 30.0 y 29.3 respectivamente, superando al testigo, el cual obtuvo 26.62 de L^* . Estos valores son menores a los reportados por Gaspar-Peralta et al., (2012) quien encontró valores de 37.6 y 37, 3 para luminosidad en los genotipos L-105 Y L106 respectivamente. En lo que respecta a las tonalidades rojas (a^*) no hubo diferencias significativas, aunque el genotipo más sobresaliente fue L10 con 36.7 seguido de L9, L8, L7 y L1 con 35.9, 27.9, 27.6 y 25.6 respectivamente, todos estos genotipos a excepción de L8 (ojo de venado) son de tipo cherry, y superaron al testigo; el cual presento valores de 25.4 lo que puede estar relacionado a la mayor síntesis de carotenoides como el licopeno. Para las tonalidades del amarillo (b^*) hubo diferencias significativas entre genotipos, donde el híbrido presento los valores más altos (17.5) y los genotipos L2 y L5 de tipo cuadrado y acorazonado presentaron los valores más bajos con 12.3 y 14.

El análisis de componentes principales (Cuadro 2) determinó que el 91.3% de la variación se explica con los tres primeros componentes, los cuales están integrados por cinco variables. Acidez titulable y luminosidad (L^*) explicaron el CP1. Por su parte sólidos solubles totales y a^* representaron la variabilidad de CP2 y por último b^* reflejo la mayor variabilidad en el componente 3, por su parte firmeza fue la que menos apporto al análisis.

Cuadro 2. Vectores y valores propios de los primeros tres componentes principales, en relación a seis características de calidad de fruto de poblaciones nativas de tomate y un híbrido. Victoria, Tamaulipas, 2017.

Variable evaluada	CP1	CP2	CP3
Sólidos solubles	0.3242	0.5461	0.2416
Acidez titulable	0.5499	0.0687	0.1585
Firmeza	0.0578	-0.0676	-0.1669
L^*	0.5427	-0.1037	0.1774
a^*	-0.4280	0.4343	0.1257
b^*	-0.3336	-0.1993	0.9172
Valores propios	3.0098	1.7627	0.7054
Varianza explicada	0.5016	0.2938	0.1176
Varianza acumulada	0.5016	0.7954	0.9130

La dispersión de las poblaciones nativas de tomate (Figura 1) con relación a los dos primeros componentes principales muestra que a excepción de L1 todas las poblaciones de tomate se cherry se separaron de acuerdo su tipo ya que en el segundo cuadrante se encuentran estos genotipos (L10, L9 y L7). Los genotipos L5 y L6 no fueron tomados en cuenta por el ACP ya

que carecían de valores en acidez titulable por no haber producido frutos del racimo requerido para dicha variable. El testigo se posiciono en el tercer cuadrante junto con la población nativa “L8” esto debido a su similitud en cuanto a acidez titulable y firmeza, así como a sus valores de L^* , a^* y b^* . Por su parte los genotipos “L2” y “L4” se agruparon debido a su forma acorazonada, además de que presentaron los mayores valores para sólidos solubles y tuvieron valores similares en firmeza (Cuadro1) y por último en el cuadrante número cuatro se concentraron los materiales “L1 y L3” como reflejo de sus valores muy similares para las variables de color (L^* , a^* y b^*).

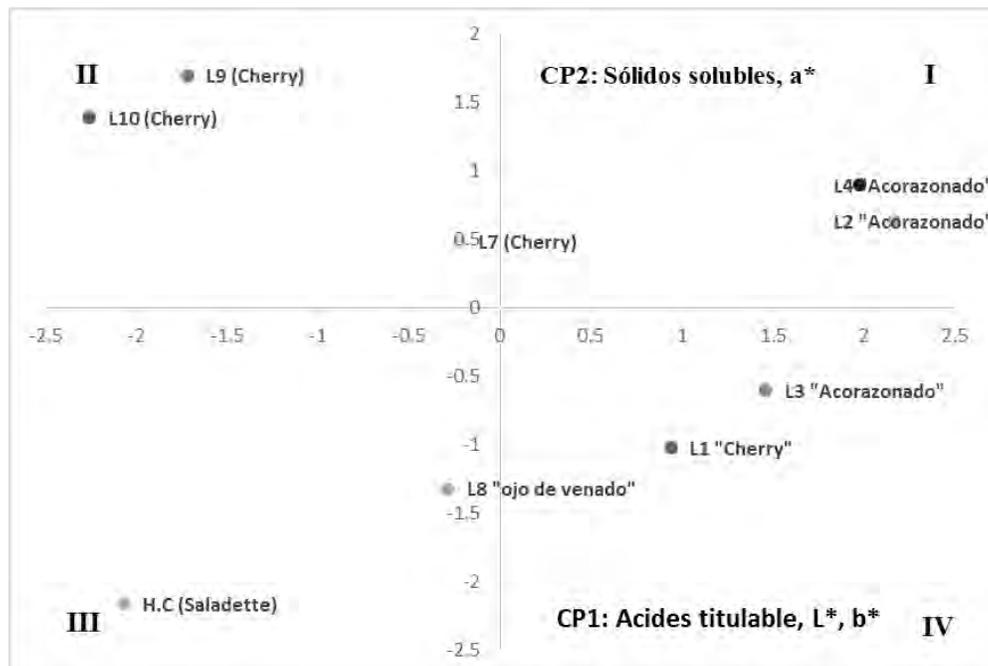


Figura 1. Dispersión de 10 poblaciones nativas de tomate y un híbrido comercial con base en los dos primeros componentes principales.

Conclusiones

Las poblaciones nativas de tomate evaluadas, expresaron características de calidad de fruto que pueden ser utilizadas de manera directa o en programas de mejoramiento genético ya que se encontraron genotipos sobresalientes en porcentaje de sólidos solubles donde alcanzaron valores arriba de 10%, superando al testigo. Presentaron similitud estadística con el híbrido para la variable firmeza, lo que sugiere su conservación y potencial aprovechamiento, debido también al mayor brillo y color rojo que presentan estos materiales, lo que puede estar relacionado a mayores concentraciones de antioxidantes, siendo benéfico a la salud humana.

Literatura citada

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D C.
- Arias, R., T. Lee, L. Logendra and H. Janes. 2000. Correlation of lycopene measure by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 48:1697-1702.
- Candelas, M., M. G. J. Alanís y F. Del Rí. 2006. Cuantificación de licopeno y otros carotenoides en tomate y polvo de tomate. *Revista Mexicana de Agronegocios* 10(19):1-11.
- Casierra-Posada, F. y O. E. Aguilar-Avenidaño. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26(2):300-307.
- Chávez–Servia, J. L., J. C. Carrillo-Rodríguez, A. M. Vera-Guzmán, E. Rodríguez-Guzmán y R. Lobato-Ortiz. 2011. Utilización actual y potencial de jitomate silvestre mexicano. SAGARPA. SINAREFI. CIIDIR. Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Texcoco, Edo. de Méx., México. 72 p.
- Decoene, C. 1995. Tomates, qu'en pensent les consommateurs. *Infos-Ctifl* 112:8-11.
- FAOSTAT. 2014. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura dirección de estadística. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. [consultado el 16 de septiembre de 2016].
- Gaspar-Peralta, P., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chavez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., y Pérez-León, I. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton* 81(1):15-22.
- Hernandez-Leal, E. 2013. Derivación de líneas de generaciones tempranas de híbridos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 95 p.
- Janse, J. and M. Schols. 1995. Une préférence pour un goût sucré et non farineux. *Groenten+ Fruit* 26:16-17.
- Kader, A. A., Stevens, M. A., Albright-Holton, M., Morris, L. L. and Algazi, M. 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(6):724-731.

- Lecomte, L., Saliba-Colomba, V., Gautier, A., Gómez-Jiménez, M. C., Duffé, P., Buret M. et al. 2004. Fine mapping of QTLs of chromosome 2 affecting the fruit architecture and composition of tomato. *Molecular Breeding* 13:1-14.
- Maldonado-Peralta, R., Ramírez-Vallejo, P., González Hernández, V. A., Castillo-González, F., Sandoval-Villa, M., Livera-Muñoz, M. et al. 2016. Riqueza agronómica en colectas mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos. *Agroproductividad* 9(12):68-75.
- Martínez-Vázquez, E. A., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala y D. Reyes-López. 2016. Heterosis de cruza entre líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39:67-77.
- Parra-Gómez, M., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, D. Reyes-López y M. J. Velazco-Alvarado. 2016. Evaluación de líneas de una cruce interespecífica de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39:59-65.
- Ratanachinakorn, B., Klieber, A. and Simons, D. H. 1997. Effect of short-term controlled atmospheres and maturity on ripening and eating quality of tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 11(3):149-154.
- SAGARPA. 2016. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- San Martín-Hernández, C., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-Leon, B. y Borges-Gómez, L. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia* 46(3):243-254.
- Salgado, L. 2011. Calidad de fruto de jitomate en acervos y poblaciones nativas de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 110 p.
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2014. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. [consultado el 14 de julio de 2014].
- Vásquez-Ortiz, R. Carrillo-Rodríguez, J. C. y Ramirez-Vallejo, P. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8:49-64.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y PRODUCTIVA DE HÍBRIDOS DE GIRASOL BAJO RIEGO Y TEMPORAL EN GUANAJUATO

Miguel Hernández Martínez^{47*}

Resumen

La evaluación de híbridos sobresalientes de girasol alto oleico, con base en su comportamiento agronómico y productivo en ambientes heterogéneos, para su recomendación comercial, es una estrategia importante para que el productor tenga la certeza de seleccionar el mejor híbrido para su siembra. Los objetivos de este trabajo fueron: a) Determinar el potencial productivo del suelo para el cultivo de girasol y b) Evaluar cinco híbridos alto oleico, bajo riego y temporal en Guanajuato, para su recomendación comercial por la empresa Syngenta. La evaluación se realizó en el ciclo primavera-verano de 2016, bajo riego en la localidad de Celaya, y bajo temporal, en la localidad de Irapuato. Bajo condiciones de riego, los híbridos Syn-3950-HO y Syn-3970 obtuvieron rendimientos de 6 y 5.9 t ha⁻¹, estadísticamente superiores, en tanto que, en temporal, los híbridos Syn-3950-HO y Syn-3965-CLHO fueron los de mayor rendimiento con 3.6 y 3.4 t ha⁻¹. El contenido de aceite y el porcentaje de aceite oleico fueron muy buenos, del 39 al 44% de aceite en el grano y de éste, del 90 a 92% fue de tipo oleico.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., aceite alto oleico, omega 9, disminución de riesgo por sequía

Introducción

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta oleaginosa que desempeña un papel fundamental en la alimentación humana y una de las principales fuentes de extracción de aceite comestible, ya que contiene en su grano más de 40% de aceite de excelente sabor y calidad. Además de lo anterior, de acuerdo con Hernández (2011) este cultivo es tolerante a heladas y sequía, por lo que representa una buena alternativa de producción en el estado de

⁴⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

* hernandez.miguel@inifap.gob.mx

Guanajuato. En esta entidad durante el periodo de 2007 a 2011 se produjeron en promedio 218.6 t de girasol, de una superficie cosechada de 123.5 ha, donde los rendimientos promedio fueron de 2.8 t ha⁻¹ (SIAP, 2016).

El gobierno federal desde 2008 a la fecha, está apoyando la siembra de oleaginosas, a través de un programa denominado Pro-Oleaginosas, en el que los productores interesados en la siembra de este cultivo, una vez inscritos en este programa, son considerados en un programa de estímulos, que al cosechar, por cada tonelada comercializada previa comprobación de venta, recibe \$1,500.00, con la finalidad de que el productor siga sembrando las oleaginosas, ya que México no es autosuficiente en la producción de granos de oleaginosas.

La producción de girasol en el estado de Guanajuato, se realiza durante el ciclo primavera-verano (P-V), en el que los rendimientos promedios estimados son de 3.0 y 2.4 t ha⁻¹, para riego y temporal, respectivamente (Hernández, 2010). Actualmente se está promoviendo la siembra de híbridos de girasol alto oleico de las empresas: Nuseed, Pioneer y Syngenta, bajo agricultura por contrato con las empresas: Pepsico, AK de Jalisco y Tron Hermanos.

En la entidad, el girasol se cultiva bajo condiciones de riego o temporal, dependiendo de la disponibilidad de agua. En cultivos establecidos bajo de riego, el agua se utiliza de pozos profundos, presas y otros cuerpos de agua disponibles en el estado, mientras que, bajo condiciones de temporal, el cultivo dispone de la precipitación pluvial que generalmente oscila entre 380 mm en la parte norte y de 500 a 600 mm de la parte centro hacia el sur del estado. Los objetivos de este trabajo fueron: determinar el potencial productivo del suelo para el cultivo de girasol y evaluar cinco híbridos alto oleico, bajo riego y temporal en Guanajuato, para su recomendación comercial por la empresa Syngenta.

Materiales y métodos

Potencial productivo

En el Cuadro 1. se muestran los requerimientos ambientales del cultivo de girasol. Una vez definidos los requerimientos, se clasificaron las áreas por su aptitud potencial (alta, media y baja), con el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) y sobreponiendo las coberturas de las variables: clima, suelo y topografía del estado de Guanajuato. Primero se determinaron las áreas que reúnen los requerimientos ambientales, y posteriormente se clasificaron de acuerdo al grado en que reúnen estos requerimientos, asignándoles una categoría. Una vez realizado esto, se sobrepuso la cobertura actualizada del uso del suelo agrícola del estado de Guanajuato (Paredes et al., 2011), por lo que, los resultados se encuentran acotados únicamente a la superficie agrícola de dicha entidad.

Cuadro 1. Requerimientos edafo-climáticos para el cultivo de girasol.

Variable	Rango	Unidad de medida
Clima	Tropicales, subtropicales y templadas	-
Precipitación durante el ciclo	600 a 1000	mm
Temperatura anual promedio	23	°C
Temperatura mínima extrema	35	°C
Temperatura máxima extrema	40	°C
Tipo de suelo	Feozem, Litosol, Castañozem, Vertisol	-
Textura del suelo	Franco arenosa, franco arcillosa	-
Profundidad de suelo	>50	cm
Salinidad/Sodicidad del suelo	Tolerante hasta 4.5	dS/m
pH	6.0 a 7.5	-
Materia orgánica	>0.5	%
CIC	>15	meq/100 g
Altitud	0 a 1900	m
Pendiente del suelo	<8	%

Fuente: Ruiz et al. (2013). CIC = Capacidad de intercambio catiónico.

Evaluación de los híbridos de girasol alto oleico en riego y temporal

Los híbridos que se evaluaron de la empresa Syngenta fueron: 1. Syn-SX15533-CLHO, 2. Syn-3970, 3. Syn-3965-CLHO, 4. Syn-3950-HO y 5. Syn-3845-HO. Los testigos que se utilizaron fueron: AG-62 (Ausi Gol de la empresa Nuseed) en riego y temporal, P63HE60 en riego y P64HH118 en temporal, los cuales se recomiendan en el estado de Guanajuato.

Localidades de evaluación en riego y temporal

La localidad de riego se ubicó en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, con sede en Celaya, Gto., y la localidad de temporal en el Campo Experimental del DICIVA, de la Universidad de Guanajuato, ubicada en Irapuato, Gto. En ambas localidades, el diseño experimental fue bloques completos al azar. En el ensayo de riego, se tuvieron ocho repeticiones y parcelas de cinco surcos de 10 m por híbrido, para cosechar el surco central. En el ensayo de temporal, se tuvieron cuatro repeticiones, con el mismo tamaño de parcela experimental. En ambos sitios experimentales, el ancho de surco fue de 76 cm.

Manejo agronómico

Bajo condiciones de riego, la siembra se realizó en el lomo de surco y en temporal se sembró en el fondo del surco, en tierra “avenida” una vez que la precipitación pluvial humedeció el terreno a una profundidad de 20 cm. En ambas condiciones, se sembró, en forma manual,

depositando dos semillas cada 20 cm, y una vez que emergieron, se aclaró a una planta, para obtener una densidad de cinco plantas por metro lineal.

Variables agronómicas

En ambos ensayos se cuantificaron las variables: días a la nacencia, días a floración al 50%, diámetro de capítulo, altura de planta, evaluación de sanidad, rendimiento de grano estimado en kilogramos por hectárea y análisis del perfil de ácidos grasos. Para rendimiento, días a floración, altura de planta y diámetro de capítulo, se realizó análisis de varianza, y en los casos en que se detectó significancia, para la separación de promedios se aplicó la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Resultados y discusión

Las áreas con mayor aptitud potencial para la producción de girasol bajo riego (Figura 1) se encuentran en la región de El Bajío, en la zona norte del estado, en los municipios de San Felipe, San Luis de la Paz, Victoria y Dolores Hidalgo, así como en Yuriria y Acámbaro en la parte sur de dicha entidad.

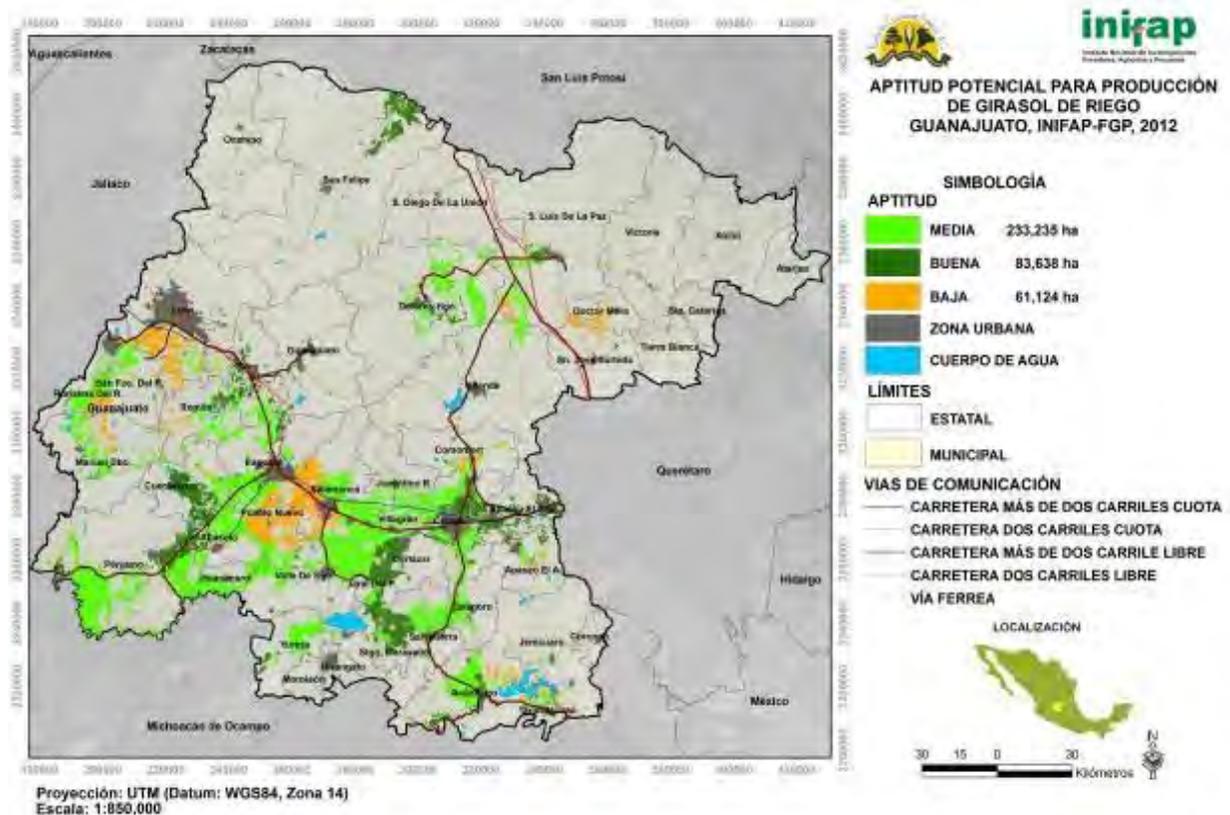


Figura 1. Zonas con aptitud potencial para girasol bajo condiciones de riego en Guanajuato. Las zonas con mayor aptitud potencial para el cultivo de girasol bajo condiciones de temporal (Figura 2), se ubican en la zona centro y sur del estado de Guanajuato y en los municipios de Silao, Cuerámaro, Abasolo, Huanímaro y Pénjamo.

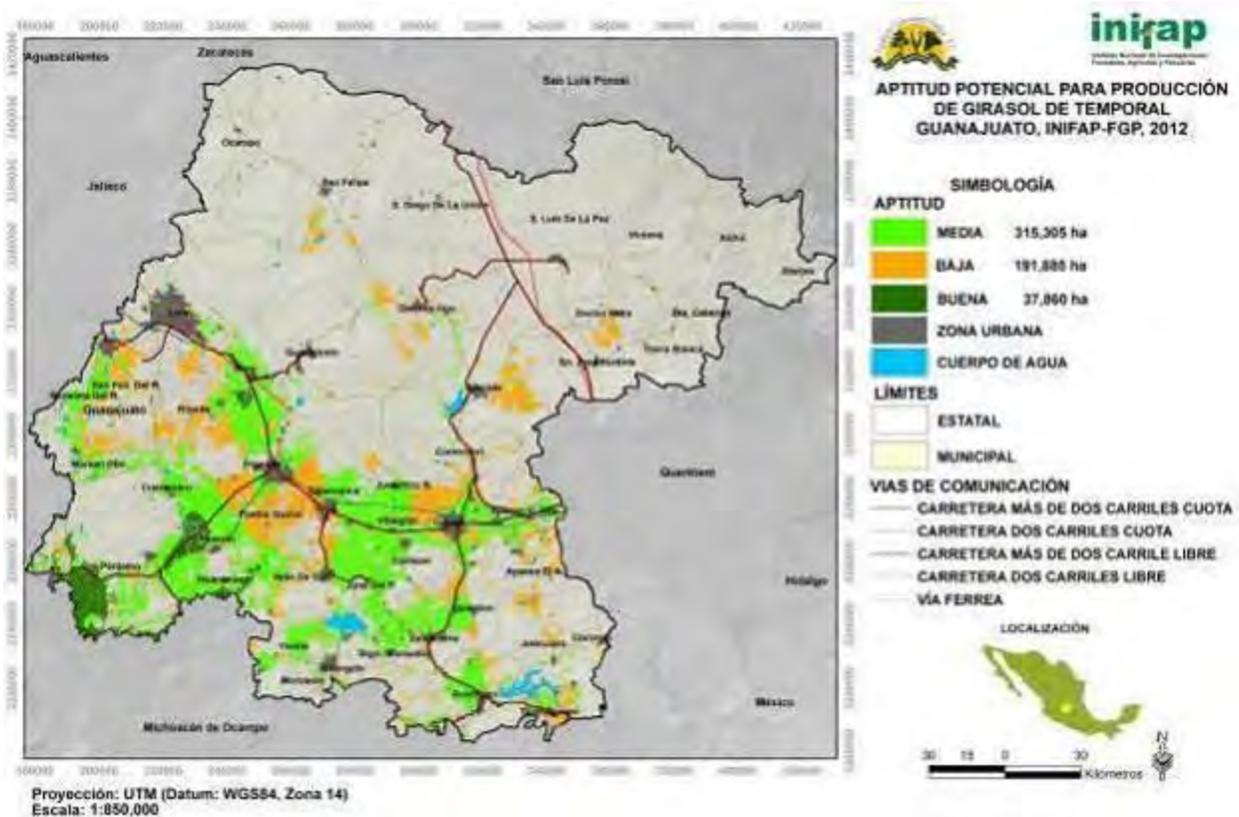


Figura 2. Zonas con aptitud potencial para girasol bajo condiciones de temporal en Guanajuato.

Evaluación bajo riego

En el Cuadro 2, se muestra que bajo condiciones de riego, los híbridos Syn 3950-HO y Syn-3970 obtuvieron rendimientos de 6 y 5.9 t ha⁻¹, respectivamente, los cuales fueron estadísticamente superiores al del resto de los genotipos. En un segundo grupo, también destacan los híbridos Syn-SX15533-CLHO, AG-62 y Syn-3965 HO, con rendimientos de 4.9, 4.8 y 4.6 t ha⁻¹. Estos altos rendimientos no se habían obtenido en Guanajuato, lo cual obedece en gran parte, al potencial genético de estos híbridos y a la aplicación de la fórmula de fertilización 150-40-00, en lugar de utilizar la fórmula recomendada 120-40-00. El incremento de 30 unidades de nitrógeno a la recomendación de la región, indica que existe respuesta de un mayor incremento en el rendimiento. La floración en los híbridos más rendidores de Syngenta ocurrió en un tiempo estadísticamente similar al del testigo AUSI GOLD 62 y superior al del testigo P 63HEGO. En general, todos los híbridos mostraron buena sanidad.

Cuadro 2. Rendimiento y características agronómicas de los híbridos evaluados bajo riego en Celaya, Gto. Ciclo primavera-verano de 2016.

Híbrido	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Días a floración al 50%	Altura (m)	Diámetro de capitulo (cm)	Nacencia (d)
SynN 3950 HO	6008 a	79 a	2.15	28	6
Syn 3970	5964 a	76 a	2.20	27.5	6
Syn SX15533CLHO	4904 b	73 b	1.95	24	5
AUSI GOLD 62 Testigo	4899 b	79 a	2.35	26	6
Syn 3965 HO	4659 b	70 bc	2.10	24.5	5
Syn 3845 HO	3838 c	68 bc	1.85	26.5	6
P 63HEGO Testigo	3800 c	66 c	1.85	25	5
Tukey 5%	480	5			

Evaluación bajo temporal

En condiciones de temporal, los híbridos Syn-3950-HO y Syn-3965-CLHO fueron los de mayor rendimiento con 3.6 y 3.4 t ha⁻¹. En un segundo grupo se ubicaron los híbridos Syn-3845-HO, Syn-3970 y el testigo P64 HH118, con rendimientos de entre 3.1 y 3.2 t ha⁻¹, los cuales fueron favorecidos por el potencial genético de éstos y una distribución adecuada de la precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo (466 mm). En cuanto a sanidad todos los híbridos fueron excelentes.

Cuadro 3. Rendimiento y características agronómicas de los híbridos evaluados bajo temporal en Irapuato, Gto. Ciclo primavera-verano de 2016.

Híbrido	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Días a floración al 50%	Altura (m)	Diámetro de capitulo (cm)	Nacencia (d)
Syn 3950 HO	3617 a	73 ab	1.85	29	5
Syn 3965 CLHO	3420 ab	67 c	1.65	25	5
Syn 3845 HO	3196 b	63 d	1.40	25.5	5
Syn 3970	3190 b	73 ab	1.77	28	5
P64 HH118 Testigo	3124 b	69 bc	2.06	24	5
Syn SX15533CLHO	2709 c	68 bcd	1.70	25	5
AUSI GOLD 62 Testigo	2473 c	74 a	1.60	26	6
Tukey 5%	342	5			

Perfil de ácidos grasos en los híbridos de Syngenta

Referente al contenido de ácidos grasos, destacan los híbridos Syn-3950-HO, Syn-3965-CLHO y Syn-SX15533-CLHO, los cuales mostraron más del 92% de aceite tipo oleico, así como los híbridos Syn-3970 y Syn-3845-HO, que obtuvieron más de 90% de aceite tipo

oleico. En general, los cinco híbridos de Syngenta, tuvieron altos porcentajes de aceite tipo oleico.

Cuadro 4. Perfil de ácidos grasos (g/100 g de aceite) en los híbridos de Syngenta.

Híbrido	Palmitico	Estearico	Oleico	Linoleico	Aceite (%)
Syn SX15533CLHO	3.04±0.05	1.10±0.10	92.2±0.25	2.66±0.05	39.9±1.05
Syn 3970	3.17±0.05	2.36±0.20	90.3±0.11	3.14±0.05	44.8±0.25
Syn 3965 CLHO	2.87±0.11	0.68±0.07	92.3±0.10	3.18±0.06	39.1±0.93
Syn 3950 HO	3.10±0.09	1.39±0.15	92.2±0.05	2.33±0.01	40.1±1.60
Syn 3845 HO	3.47±0.04	1.95±0.04	90.8±0.07	2.77±0.01	40.3±0.83

Conclusiones

1. Bajo condiciones de riego, los híbridos más rendidores fueron: Syn-3950HO y Syn-3970, con rendimientos de 6 y 5.9 t ha⁻¹, respectivamente, los cuales fueron significativamente superiores a los del resto de los genotipos.
2. En temporal, los híbridos Syn-3950-HO y Syn-3965-CLHO fueron los de mayor rendimiento con 3.6 y 3.4 t ha⁻¹.
3. Tanto en riego como en temporal, todos los híbridos mostraron su potencial genético comparable y superior a los testigos, por lo que se recomienda, evaluarse nuevamente para recomendarse ampliamente en Guanajuato.

Literatura citada

- Hernández, M. M. 2011. Componentes tecnológicos del girasol para Guanajuato. Día de Campo del CEBAJ. Cultivos de primavera-verano 2011. Memoria Técnica No. 2. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México.
- Hernández, M. M. 2010. Cultivo alternativo para riego y temporal. Ficha técnica girasol. Ficha Técnica. Fundación Produce Guanajuato.
- Paredes, M. R., A. Mandujano B., A. J. Gámez V. y H. García N. 2011. Actualización del mapa de uso del suelo agrícola en el estado de Guanajuato. REMEXCA 2(1):85-96.
- Ruiz, C. J. A., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K. F. Byerly M. y R. A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico No. 3. 3a. ed. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> [consultado el 27 de julio del 2016].

EL CULTIVO DE CHÍA EN ROTACIÓN CON TRIGO UNA ALTERNATIVA RENTABLE PARA GUANAJUATO

Miguel Hernández Martínez^{48*}

Resumen

La rotación predominante en Guanajuato es cereal-cereal, sin embargo, los bajos precios de los cereales y el ataque del pulgón amarillo al sorgo, provocó que los productores buscaran cultivos alternativos como la chía, en el ciclo primavera-verano en rotación al trigo o la cebada en el ciclo otoño-invierno. Para controlar la maleza en el cultivo de chía después de la cosecha de trigo y validar la rentabilidad de la chía bajo agricultura de conservación y condiciones de riego, en Guanajuato, se establecieron las parcelas de chía con la variedad Pinta, bajo labranza de conservación en la plataforma MasAgro del Distrito de riego número 11 en Irapuato y en tres módulos de transferencia de MasAgro en Los Conejos en Irapuato, en Los Ángeles de Arriba en Salamanca y en La Carpa, en Acámbaro. Se cuantificaron las especies de maleza y su frecuencia a los 12 días después del riego de germinación y enseguida se aplicó, en post-emergencia, el herbicida Clethodim 12.5% CE y se cuantificó su control. Se obtuvo un 95% del control de trigo como maleza predominante y se controlaron siete especies más, predominantemente zacates. Respecto a la rentabilidad de la chía, el rendimiento fluctuó de 1,128 kg ha⁻¹ en el módulo Los Conejos, Irapuato hasta 1,567 kg ha⁻¹ en los Ángeles de Arriba, Salamanca, con un rendimiento promedio de 1,307 kg ha⁻¹, un precio por tonelada de \$30,000.00 y una inversión de \$9,200.00, la relación beneficio costo fue de 4.0 y 5.3, para los sistemas tradicional y labranza de conservación, respectivamente. Se concluye que la chía resulta una excelente opción.

Palabras clave: Aceite omega 3, cosecha mecánica, relación beneficio-costos.

Introducción

⁴⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
*hernandez.miguel@inifap.gob.mx

En el Bajío de Guanajuato la rotación predominante bajo condiciones de riego es gramínea-gramínea, en el ciclo otoño-invierno se siembra trigo y cebada y en el ciclo primavera-verano se siembra maíz y sorgo, lo que conlleva a una alta tasa de degradación del suelo agrícola por la explotación intensiva producto de dicha rotación. La alta tasa de degradación de los suelos agrícolas en zonas de producción intensiva gramínea-gramínea utilizada en el Bajío, así como la subutilización del recurso agua, provoca anualmente un abatimiento del manto freático de 2 a 4 m (Castellanos, et al., 1998) en Guanajuato, razón por la cual se ha generado la necesidad de que se tome conciencia de la problemática para que se adopten tecnologías que permitan aminorar las pérdidas de suelo (De la Fuente y Peña, 1988) y agua, haciendo un uso más adecuado de estos recursos. Tomando en cuenta que los sistemas actuales de producción en el área del Bajío Guanajuatense, han propiciado la erosión de los recursos suelo (Figuroa, 1975) y agua (Chávez, 1998), algunas instituciones de gobierno, MasAgro y empresas particulares (de insumos agrícolas de bio-fertilizantes y maquinaria) han tomado la iniciativa de impulsar a la labranza de conservación, como una tecnología alternativa para aminorar los efectos de la agricultura tradicional en el suelo y agua de la zona y mejorar sus condiciones, de tal manera que permitan un uso más racional de dichos recursos.

La labranza de conservación (Aquino, 1998) tiene como principios: 1) Evitar la quema de los residuos de la cosecha, 2) No invertir el perfil del suelo y 3) Conservar suficientes residuos como mantillo (Erenstein, 1996, 1997, 1999). Una necesidad imperante en el Bajío de México es bajar costos y disminuir el consumo de agua en el cultivo de trigo (Armendáriz, 1997), por lo que la labranza de conservación es una alternativa viable que permite ahorrar de un 20 a un 30% en la inversión debido a que con este sistema no se realiza el barbecho, rastreo y nivelación del terreno (Grageda, 2002); además, si se dejan en el suelo los residuos del cultivo anterior se evita la erosión y se conserva la humedad edáfica (Tiscareño, et. al., 1999) por un período mayor de tiempo y a largo plazo se mejora la fertilidad del suelo (Tiscareño y Velázquez, 1997), la cual ha disminuido en las últimas tres décadas por la rotación cereal -cereal y la quema de residuos, así el contenido de materia orgánica ha disminuido de 2.5% a 1.5%. La rotación de cultivos es la siembra de cultivos secuenciados en un mismo terreno durante un año (o dos años), con la finalidad de conservar la fertilidad del suelo (incrementar la materia orgánica y evitar la erosión) y hacer un uso racional del agua de forma sustentable, rentable y productiva para el productor (Hernández, et al. 2013).

La rotación de cultivos sustentable, rentable y recomendable para el Bajío de México son gramínea-leguminosa (garbanzo, ebo en O-I, frijol en P-V, soya en P-V), gramínea-crucífera (canola en O-I o en P-V), gramínea-forrajes (triticale en O-I, avena en O-I, avena-ebo en O-I), gramínea-asteraceae (girasol), gramínea-lamiáceae (chía en P-V), gramínea-amarantácea (amaranto en P-V) y sus combinaciones respecto a los ciclos (Hernández, et al. 2013). El

cultivo de la chíá es una alternativa viable, por su rentabilidad, ya que el precio por tonelada es variable de \$30,000.00 a \$ 40,000.00 y es un cultivo de bajo consumo de agua, ya que requiere solamente el 60% del agua, en comparación al maíz y sorgo, lo que contribuye al ahorro de agua. El objetivo fue controlar la maleza en el cultivo de chíá después de la cosecha de trigo y validar la rotación de la chíá y su rentabilidad bajo agricultura de conservación y condiciones de riego en el ciclo P-V en Guanajuato.

Materiales y métodos

En el ciclo primavera-verano 2014, se establecieron cuatro parcelas bajo riego en una superficie de 0.20 ha por localidad, con el cultivo de chíá variedad Pinta, una en la plataforma MasAgro del Distrito de Riego núm. 11 en Irapuato (cultivo anterior trigo); las otras tres en los siguientes módulos de transferencia de MasAgro: Los Ángeles de Arriba en Salamanca (cultivo anterior trigo), en Loma de los Conejos en Irapuato (cultivo anterior cebada) y en La Carpa en Acámbaro (cultivo anterior descanso), todas bajo agricultura de conservación en el estado de Guanajuato.

Los componentes tecnológicos que se recomendaron por hectárea, para la producción de chíá en todas las parcelas fueron: densidad de siembra de 2 kilos, ancho de surco a 76 cm, siembra en el lomo del surco bajo riego, variedades "Pinta". El tratamiento de fertilización fue 40-40-00 de N-P₂O₅-K₂O, aplicado todo a la siembra, con calendario de riegos 0, 45, 75 y 110 días después de la siembra, con láminas de 12 a 15 cm por riego. La fecha de siembra en las localidades establecidas fue del 20 de mayo al 30 de junio.

Para el control de maleza de hoja angosta en chíá, en rotación después del trigo, se aplicó Clethodim 12.50% CE (Select-ultra) en dosis de 1.0 L ha⁻¹ en post-emergencia. A los 12 días después del riego de germinación se cuantificó el número de especies de maleza y su frecuencia mediante 6 muestreos al azar en un metro cuadrado. Posteriormente al siguiente día se aplicó el herbicida y a los 7 días se cuantificó de la misma forma al azar el control de maleza cuantificando las especies y su frecuencia. Las variables cuantificadas fueron: a) en la maleza, número de especies de maleza y su frecuencia (antes y después de aplicar herbicida), b) en el cultivo, días a la nacencia, días a la floración, altura de planta, días a la madurez de cosecha, rendimiento y calidad de grano. Así también se estimó la relación beneficio-costos como variable de la rentabilidad del cultivo.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestra las localidades donde se sembró chíá variedad Pinta, en la plataforma y tres módulos de MasAgro, el ciclo primavera-verano de 2014 bajo condiciones de riego, su ubicación con geo-referenciación de cada parcela, nombre del productor cooperante y cultivos establecidos por el productor.

Cuadro 1. Localidades sembradas con chíá en rotación con gramíneas bajo riego en una plataforma y tres módulos de transferencia de MasAgro, en el ciclo P-V 2014.

Plataforma o módulo	Localidad	Coordenadas de la parcela	Productor cooperante/Asociación	Cultivo en el ciclo anterior
Plataforma	Distrito de Riego Núm. 11 Alto Río Lerma, Irapuato, Gto.	N 20° 38' 41.6" W 101° 17' 45.4"	Distrito de Río Alto Río Lerma	Trigo
Módulo	Loma de los Conejos, Irapuato, Gto.	N 20° 30' 06.2" W 101° 20' 16.8"	Sr. Juan José Eliceche Arroyo	Cebada
Módulo	Los Ángeles de Arriba, Gto.	N 20° 32' 21.2" W 101° 13' 36.5"	Sr. Marcos Paramo Banda	Trigo
Módulo	La Carpa, Acámbaro, Gto.	N 20° 04' 24.9" W 100° 46' 17.2"	Sr. Paulino Pérez Sánchez	Descanso

En el Cuadro 2, se muestra el promedio de las especies de maleza y su frecuencia antes y después de la aplicación de herbicida en las cuatro localidades; se encontró que la especie dominante de maleza fue el trigo, misma que se controló en 98%, lo cual fue excelente; así como también se controlaron siete especies más: zacate bermuda, zacate de agua, zacate camalote, zacate Johnson, zacate cola de zorra, zacate pata de gallo y sorgo.

Cuadro 2. Especies de maleza presente en las cuatro localidades y promedio general de su frecuencia antes y después de la aplicación del herbicida Clethodim 12.5% CE.

Especie de maleza	Frecuencia antes	Frecuencia después	Porcentaje de control %
Zacate bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)	10	0	100
Zacate de agua (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	15	0	100
Zacate camalote (<i>Urochloa plantaginea</i>)	16	2	87.5
Zacate Johnson (<i>Sorghum halepense</i>)	6	1	83.3
Zacate cola de zorra (<i>Setaria verticillata</i>)	4	0	100
Zacate pata de gallo (<i>Eleusine indica</i>)	9	0	100
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	4	0	100
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	44	2	95.45

En el Cuadro 3, se muestra los resultados de las variables medidas en chíá variedad Pinta, en la plataforma y los tres módulos MasAgro. Los resultados indican que el rendimiento fluctuó de 1,128 kg ha⁻¹ en el módulo Loma de los Conejos en Irapuato hasta 1,567 kg ha⁻¹ en

el módulo Los Ángeles de Arriba en Salamanca. El rendimiento promedio fue de 1,307 kg ha⁻¹, con esto se demuestra que la chíá es una muy buena opción de rotación en el ciclo primavera-verano, después del trigo y de la cebada.

Cuadro 3. Variables cuantificadas para chíá variedad Pinta en las plataformas y módulos establecidos en el ciclo primavera-verano, bajo riego en Guanajuato.

Variable/Localidades	P1	M1	M2	M3	Media
Días a nacencia	5	4	5	4	4.5
Días a floración	86	84	84	86	85
Altura de planta (m)	1.68	1.82	1.94	1.84	1.80
Madurez de cosecha (días)	145	142	140	144	142.8
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	1,215	1,128	1,567	1,320	1,307

P1= Plataforma 1: Distrito de Riego Núm. 11 Irapuato, Gto.; M1= módulo Loma de Los Conejos, Irapuato; M2= módulo Los Ángeles de Arriba en Salamanca; M3= módulo La Carpa en Acámbaro.

La madurez de cosecha se alcanzó entre los 140 a los 145 días, mientras que el rendimiento puede ser considerado como excelente; además la calidad de grano también resulto excelente ya que el contenido de aceite fluctuó entre un 29% al 33% del tipo Omega 3, cumpliendo con lo que exige el mercado.

Respecto a la rentabilidad del cultivo de chíá, en el Cuadro 4, se muestra la relación beneficio/costo para los sistemas de labranza tradicional y labranza de conservación empleando el rendimiento promedio obtenido de las diferentes localidades y los costos promedios obtenidos en las plataformas y módulos. Los resultados indican que la chíá en una excelente opción para la rotación por su rentabilidad ya que la relación B/C fue de 4.0 y 5.3 para ambos sistemas de labranza tradicional y de conservación, respectivamente.

Cuadro 4. Rentabilidad, relación beneficio/costo (B/C) de la chíá, en el ciclo P-V 2014 en plataformas y módulos MasAgro.

Cultivo	Inversión Labranza tradicional	Inversión Agricultura conservación	Precio por tonelada	Rendimiento obtenido (Kg ha ⁻¹)	Rendimiento esperado (t ha ⁻¹)	Relación B/C Labranza tradicional	Relación B/C Labranza conservación
Chía	\$ 9,800	\$ 7,400	\$30,000	1,307	1.5	4.00	5.30

Conclusiones

El control químico de maleza Clethodim 12.5% CE en dosis de 1 L ha⁻¹ en chíá bajo labranza de conservación fue excelente controlando en un 95% el trigo y siete especies de maleza de hoja angosta.

El cultivo de chíá representa una excelente alternativa rentable y competitiva para rotar en el ciclo primavera-verano en el bajío de Guanajuato bajo riego, siempre que se obtenga la calidad y contenido de aceite entre un 28 a 34 % en el grano.

Literatura citada

Aquino, P. 1998. La adopción del método de siembra de trigo en surcos en el valle del Yaqui, Sonora, México. Informe Especial del Programa de Trigo No. 17b. CIMMYT. 45 p.

Armendáriz, A. 1997. Como producir trigo a menor costo. Revista Agro-síntesis. Mayo 31. p. 20-23.

Castellanos, J. Z., B. Hurtado y S. Villalobos. 1998. Cambios en la calidad del agua subterránea debido al abatimiento de los niveles piezométricos en el estado de Guanajuato. p. 137-152. In: Castellanos, J. Z., J. J. Carrillo y Y. Hernández, C. (eds.). 1998. Memoria del Simposio Internacional de Aguas Subterráneas. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. León, Gto., México.

Chávez, G. R. 1998. Estado actual del conocimiento del agua subterránea en el estado de Guanajuato. p. 19-28. In: Castellanos, J. Z., J. J. Carrillo y Y. Hernández, C. (eds.). 1998. Memoria del Simposio Internacional de Aguas Subterráneas. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. León, Gto., México.

De la Fuente, J. M. y J. J. Peña. 1988. Dinámica poblacional desnitrificante en el Bajío Guanajuatense. Rev. Lat-Amer. Microbiol. 30:335-340.

Erenstein, O. 1996. Evaluating the potencial of conservation tillage in maize-based farming systems in the mexican tropics. CIMMYT. NRG Reprint Series 96-01. México, D. F.

Erenstein, O. 1999. La conservación o de residuos en los sistemas de producción de maíz en Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco. CIMMYT. NRG Reprint Series 99-01. México, D. F.

Erenstein, O. 1997. ¿Labranza de conservación o conservación de residuos? Una evaluación del manejo de los residuos en México. CIMMYT. NRG Reprint Series 97-02. México, D. F.

Figuroa, S. B. 1975. Pérdidas de suelo y nutrientes y su relación con el uso del subsuelo en al cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados-ENA. Chapingo, México. 209 p.

Grageda, C. O. A. 2002. Influencia de la rotación de cultivos y sistemas de labranza sobre la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados. Informe Técnico CONACYT-SIGHO Clave 19980206001.

Hernández, M. M., H. D. Montes. y V. Pecina Q. 2013. Informe técnico: Cultivos alternativos para Guanajuato. CEBAJ. FGP. 30 p.

Tiscareño, L. M., V. M. Gallardo, V. M. A. Velázquez. 1997. Impacto de los métodos de labranza en agricultura de laderas. p. 107-122. In: Claverán, A. R., Velázquez, G. J., Muñoz, V. J. A., Tiscareño, L. M., Nájera, R. B. M. (eds.). Avances de investigación en labranza de conservación I. CENAPROS-INIFAP-SAGAR.

Tiscareño, L. M., Báez, G. A. D., Velázquez, V. M., Potter, K. N., Stone, J. J., Tapia, V. M. and Claverán, A. R. 1999. Agricultural research for watershed restoration in central Mexico. *Journal of Soil and Water Conservation*. 54 (4):686-692.

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN EL VALLE DE MORELIA-QUERÉNDARO

Juan Antonio Herrera González^{49*}, Víctor Manuel Coria Avalos⁴⁹ y Eulalio Venegas González⁵⁰

Resumen

El incremento de la temperatura y el dinamismo del ciclo hidrológico tienen un impacto directo sobre la fenología del maíz, ya que disminuye el rendimiento, debido a que se reducen los periodos de absorción de nutrimentos y de la actividad metabólica. Para mitigar los efectos del impacto del cambio climático en maíz, se utilizan variedades con mayores requerimientos de calor y ciclos más largos, con lo que se mejora la asimilación de nutrimentos; además, variedades que compiten en la captación de luz, agua, nutrimentos y se adapten a diversos estreses abióticos, y que puedan tolerar o hacer un uso más eficiente de estos elementos. El objetivo del estudio fue determinar la duración de etapas fenológicas, el rendimiento y características agronómicas de 18 genotipos de maíz de diferentes orígenes en el Valle de Morelia-Queréndaro, Michoacán. El experimento se estableció en 2015 y 2016 en Tarímbaro, Michoacán, a 1854 m de altitud, en la primera semana de julio, en ambos años. Los genotipos se sembraron en parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, considerando como parcela útil los dos surcos centrales. Se evaluaron diferentes etapas fenológicas, calidad de planta y mazorca y rendimiento por hectárea. Los genotipos mostraron diferencias en la ocurrencia de germinación, floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, acame de raíz, calificación de planta y mazorca, mazorcas cosechadas,

⁴⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan, Avenida Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. Tel. (553) 871-8700 Ext. 84202. *herrera.juanantonio@inifap.gob.mx

⁵⁰ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Colonia Viveros, 60170 Uruapan, Mich.

mazorcas sanas y rendimiento. Sin embargo, los genotipos no presentaron diferencias en el número de días a hoja ligulada, índice de área foliar y profundidad de raíz. H-383, H-155, H-384 y H-386 fueron los híbridos que mostraron la mejor adaptación y los mayores rendimientos, los cuales oscilaron entre 14 y 15 t ha⁻¹. Todos los genotipos presentaron la misma duración en días de las etapas fenológicas estudiadas, a excepción del número de días a floración masculina. Los genotipos: H-318, H-377, H-326, H-561, H-565, H-516, VS-561 y Sapo, presentaron rendimientos de entre 6 y 11 t ha⁻¹. Los genotipos: VS-559, Tuxpeño, Tabloncillo y VC-42 no se recomiendan para el Valle de Morelia-Queréndaro, Michoacán.

Palabras clave: Zea mays, genotipos, rendimiento

Introducción

En México, el maíz es un cultivo de gran importancia social y económica, por ser uno de los granos alimenticios básicos. En 2015 en el país se establecieron 8'100,000 ha de este cultivo, de las cuales el 93% correspondió a maíz para grano y el resto para forraje; del total, cerca del 80% se cultivaron bajo condiciones de temporal. En Michoacán, en ese mismo año se establecieron más de 460,000 ha de maíz, lo que lo situó en el noveno lugar de producción a nivel nacional (SIAP, 2017). Sin embargo, la producción de maíz se ha visto afectada, principalmente por el cambio climático, el cual puede tener efectos negativos y positivos en la agricultura, dependiendo de la localidad y la adaptación de prácticas culturales para mitigarlo (Ojeda-Bustamantes et al., 2011). El incremento de la temperatura y el dinamismo del ciclo hidrológico pueden cambiar los procesos fenológicos y de producción de maíz (Johnston et al., 2015). Por lo que la fertilización, el riego, las plagas, las enfermedades y el uso de agroquímicos juegan un papel importante en la productividad de maíz (Hatfield et al., 2011). El incremento de la temperatura tiene un impacto directo en la fenología del maíz, ya que reduce el rendimiento, debido a que los periodos de absorción de nutrientes y de la actividad metabólica son más cortos (Song et al., 2015). En la fenología del maíz, el efecto más negativo es cuando la temperatura es superior a la óptima, debido a que disminuye procesos bioquímicos como la tasa fotosintética, aumenta la respiración, el crecimiento, el desarrollo y se acorta el ciclo fenológico (Yang et al., 2004). Una alternativa, para mitigar los efectos del impacto del cambio climático en maíz, es el uso de variedades con mayores requerimientos de calor y ciclos más largos (Lin et al., 2017). Esto para incrementar el periodo de asimilación de nutrientes; además, variedades que sean competitivas en la captación de luz, agua, nutrientes, se adapten a diversos estreses abióticos (sequía y bajos niveles de nitrógeno) y que puedan tolerar o hacer un uso más eficiente de estos elementos (Al-Naggar et al., 2015). Por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la duración

de etapas fenológicas, el rendimiento y características agronómicas de 18 genotipos de maíz generados en diferentes partes de la república mexicana, bajo las condiciones del Valle de Morelia-Queréndaro, Michoacán.

Materiales y métodos

Durante la primera semana de julio de 2015 y 2016 se estableció el experimento en el predio “El Salitrillo” del municipio de Tarímbaro, Mich., a una altitud de 1854 m.

Los genotipos se establecieron a una densidad de 65,000 plantas ha⁻¹, en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y en parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, con una separación entre surcos de 0.80 m, considerando como parcela útil los dos surcos centrales. Como testigo se incluyó un criollo blanco pozolero de origen local.

Se registraron las fechas de ocurrencia de etapas fenológicas: días a germinación, días a la 5^a, 8^a y 12^a hoja ligulada, días a floración femenina y días a floración masculina. En antesis (hoja bandera) se midió el índice de área foliar y la altura de planta; antes de que los genotipos alcanzaran su madurez se midió el acame de raíz y de tallo, la calidad de planta y de mazorca (escala subjetiva de 5 categorías, donde 1 = Excelente y 5= Muy malo). En cosecha se cuantificó el número de mazorcas cosechadas, el porcentaje de mazorcas sanas y el rendimiento por parcela (kg). Posterior a la cosecha, el rendimiento de grano se estimó en kilogramos por hectárea ajustado al 12% de humedad.

Con los datos obtenidos en campo se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de medias se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2017).

Resultados y discusión

Se detectaron diferencias significativas entre genotipos en los días a germinación; los más precoces fueron el testigo y VS-559, los cuales germinaron a los nueve días en promedio. Los genotipos que tardaron más en germinar fueron: H-377, H-383, H-386 y Tuxpeño, los cuales lo hicieron a los 11 días y el resto emergió a los 10 días después de la siembra. No se encontraron diferencias significativas en los días en que los genotipos llegaron a la quinta, octava y doceava hoja ligulada, ni en los días en que ocurrió su floración femenina. La

floración masculina varió significativamente entre genotipos, VC-42 fue el genotipo más precoz con 61.7 d, el cual alcanzó su floración masculina en un tiempo significativamente similar al del testigo (71.3 d), y superior al del resto de los genotipos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Desarrollo fenológico de 18 genotipos de maíz evaluados en Tarímbaro, Michoacán. Ciclo primavera-verano de 2015 y 2016.

Genotipo	Germinación (d)	Hoja ligulada (d)			Floración femenina (d)	Floración masculina (d)
		5 ^a	8 ^a	12 ^a		
H-318	10.8 ab ^z	27.2	39.0	50.1	75.0	76.0 abc
H-377	11.3 a	25.7	38.1	51.1	80.3	81.3 abc
H-155	10.0 b	26.2	39.0	51.3	75.6	76.7 abc
H-326	10.3 b	27.2	40.3	53.6	74.6	75.2 abc
H-383	11.0 a	23.0	38.6	51.3	80.6	80.7 abc
H-561	10.5 b	26.7	40.5	52.5	81.5	80.7 abc
H-565	10.3 b	27.5	41.0	54.5	83.3	83.3 a
H-516	10.7 ab	24.7	36.1	47.6	78.8	79.3 abc
VS-559	9.7 c	26.2	38.1	50.1	74.5	74.2 abc
VC-42	10.0 b	26.5	39.1	52.1	61.6	61.7 d
VS-561	11.0 a	26.7	40.5	53.0	75.6	75.3 abc
H-384	10.7 ab	26.3	39.0	51.0	78.1	78.5 abc
H-386	11.2 a	26.2	37.5	49.6	78.3	79.0 abc
Tuxpeño	11.2 a	26.3	36.8	49.0	71.1	83.0 ab
Sapo	10.2 b	26.0	38.6	51.0	79.3	78.8 abc
Tabloncillo	10.3 b	25.3	38.8	52.0	72.8	72.0 bcd
Ancho	10.2 b	25.2	36.6	49.1	74.0	72.8 abc
Testigo	9.8 c	25.0	36.0	50.8	70.6	71.3 cd
Pr>f	0.0175	0.3374	0.435	0.4553	0.1516	<.0001

^z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, P < 0.05).

El índice de área foliar también varió significativamente entre genotipos, cuyos valores medios oscilaron entre 4.1 y 6.2. La profundidad de raíz fue similar en los genotipos con promedios de entre 24.2 y 33.2 cm. Las alturas de planta y de mazorca fueron

estadísticamente diferentes entre los genotipos. H-383, Sapo, Ancho y el testigo mostraron las plantas más altas con alturas de entre 2.7 y 2.8 m. Por su parte, el testigo también presentó la mayor altura de mazorca con 1.6 m. A su vez, el porcentaje más alto de acame de raíz lo obtuvo el genotipo VC-42, seguido del testigo y Ancho. La calificación de planta y mazorca fue diferente estadísticamente entre genotipos; H-383 obtuvo la mejor calificación de planta y H-516 la de mazorca. VC-42 obtuvo la menor calidad de planta con calificación de 4.8 y Tuxpeño la de mazorca con 4.1. El resto de los genotipos presentó valores intermedios en la calificación de planta y mazorca (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características agronómicas de 18 genotipos de maíz evaluados en Tarímbaro, Michoacán. Ciclo primavera-verano de 2015 y 2016.

Genotipo	Índice de área foliar	Profundidad de raíz (cm)	Altura de planta (m)	Altura de mazorca (m)	Acame de raíz (%)	Calificación de planta ^x	Calificación de mazorca ^x
H-318	5.1	25.2	2.3 ab ^z	1.2 ab	0.7 b	2.5 ed	2.3 de
H-377	4.9	29.3	2.1 b	1.0 b	0.0 b	2.4 ed	2.5 cde
H-155	5.1	31.7	2.6 ab	1.5 ab	1.2 b	2.8 cde	2.6 cde
H-326	5.1	28.2	2.1 b	1.0 b	1.2 b	3.4 abcde	3.0 bcde
H-383	4.5	27.8	2.8 a	1.5 ab	0.3 b	2.3 e	2.7 cde
H-561	4.6	28.2	2.4 ab	1.4 ab	0.0 b	3.3 abcde	3.1 bcde
H-565	4.9	25.5	2.3 ab	1.1 ab	0.8 b	3.5 abcde	2.9 bcde
H-516	6.2	28.7	2.3 ab	1.2 ab	2.5 b	2.9 cde	2.2 e
VS-559	4.7	24.2	2.1 b	1.0 b	1.3 b	4.4 ab	3.4 abc
VC-42	4.9	25.7	2.1 b	1.1 b	18.5 a	4.8 a	3.4 abc
VS-561	4.1	28.2	2.3 ab	1.2 ab	2.2 b	3.6 abcde	3.2 abcd
H-384	5.6	32.7	2.4 ab	1.2 ab	0.5 b	2.6 cde	2.9 bcde
H-386	6.2	31.0	2.6 ab	1.4 ab	2.2 b	3.0 bcde	2.7 cde
Tuxpeño	5.2	28.8	2.6 ab	1.4 ab	3.3 ab	4.0 abc	4.1 a
Sapo	5.7	33.2	2.7 a	1.6 ab	6.3 ab	3.6 abcde	3.2 abcd
Tabloncillo	4.1	26.8	2.5 ab	1.2 ab	2.2 b	4.4 ab	3.8 ab
Ancho	4.6	29.7	2.8 a	1.6 ab	10.0 ab	3.6 abcde	3.3 abc
Testigo	5.0	27.5	2.8 a	1.7 a	14.0 ab	3.8 abcd	3.3 abc
Pr>f	0.5232	0.3801	0.0041	0.0014	0.0053	<.0001	<.0001

^x Escala de evaluación de 1 a 5, donde 1 = Excelente y 5 = Muy malo. ^z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

El número de mazorcas cosechadas fue diferente entre genotipos ($P < 0.05$); H-155 produjo una mayor cantidad de mazorcas, la cual fue significativamente superior a la de Tuxpeño,

Sapo y Ancho. El porcentaje de mazorcas sanas también varió significativamente entre genotipos ($P < 0.05$); H-516 presentó el valor más alto con 68.7% y Tuxpeño el más bajo con 48.7%. De la misma manera, el rendimiento por parcela también fue diferente estadísticamente entre genotipos ($P < 0.05$); H-383, obtuvo al mayor rendimiento por parcela, el cual fue estadísticamente similar al de H-155, H-384, H-386, H-516, H-377 y H-318 y superior a los del resto de los genotipos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento y sanidad de mazorca de 18 genotipos de maíz evaluados en Tarímbaro, Michoacán. Ciclo primavera-verano de 2015 y 2016.

Genotipo	Número de mazorcas cosechadas	Mazorcas sanas (%)	Rendimiento por parcela (kg)
H-318	44.7 ab ^z	65.4 abcde	10.3 abcde
H-377	47.8 ab	67.5 abc	10.9 abcd
H-155	60.7 a	65.7 abcde	13.5 ab
H-326	38.0 ab	56.1 def	7.9 bcdef
H-383	48.2 ab	61.5 abcde	14.8 a
H-561	39.7 ab	59.9 abcde	7.3 cdef
H-565	42.8 ab	60.7 abcde	7.7 bcdef
H-516	51.0 ab	68.7 a	11.6 abcd
VS-559	39.3 ab	56.9 def	4.6 ef
VC-42	41.2 ab	59.5 abcde	4.2 f
VS-561	37.7 ab	57.2 def	6.1 def
H-384	54.5 ab	67.9 ab	12.9 abc
H-386	51.8 ab	66.5 abcd	12.1 abc
Tuxpeño	31.7 b	48.7 f	4.1 f
Sapo	34.5 b	57.6 bcdef	5.9 def
Tabloncillo	37.2 ab	56.0 ef	4.5 ef
Ancho	34.5 b	55.3 ef	7.7 bcdef
Testigo	35.7 ab	55.3 ef	7.4 cdef
Pr>f	0.0108	<.0001	<.0001

^z Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

En la Figura 1 se muestra que los genotipos: H-383, H-155, H-384 y H-386 obtuvieron los mayores rendimientos, con valores de entre 13,000 y 15,000 kg ha⁻¹, en tanto que los rendimientos más bajos los obtuvieron los genotipos: VS-559, Tuxpeño, Tabloncillo y VC-42,

con promedios de entre 4,000 y 5,500 kg ha⁻¹. Este comportamiento se debe en gran parte a que algunos genotipos son de origen tropical. El resto de los genotipos obtuvieron rendimientos de entre 6,400 y 11,400 kg ha⁻¹. El rendimiento medio del testigo fue de 7563 kg ha⁻¹.

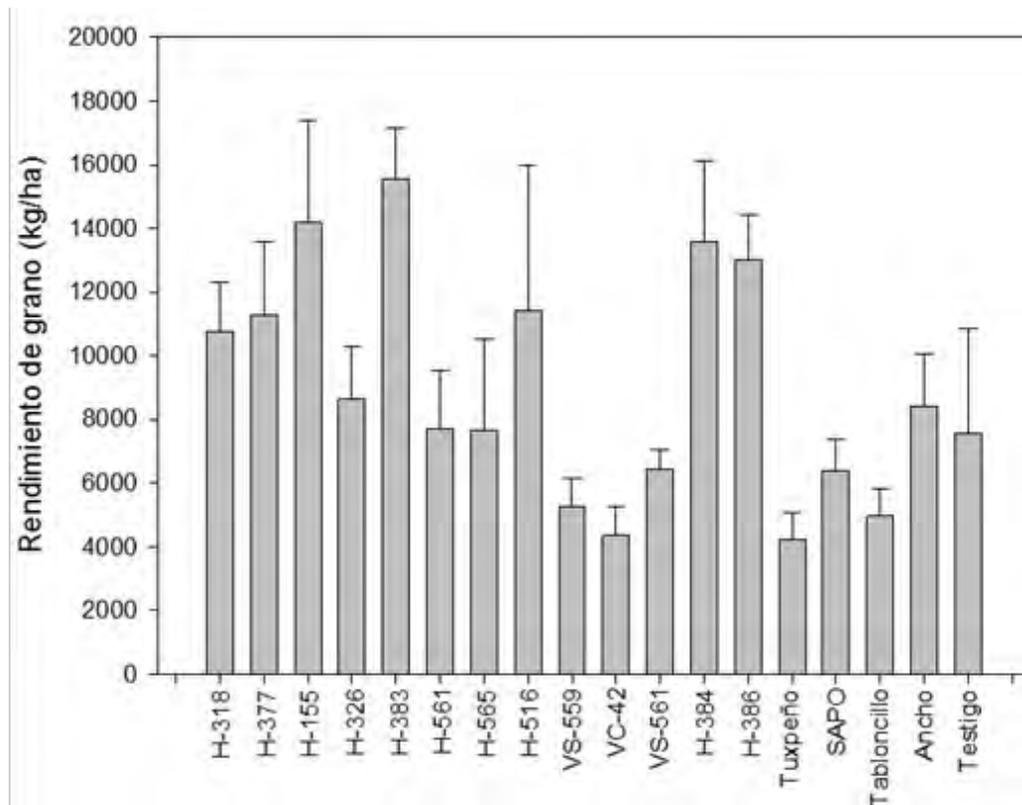


Figura 1. Rendimiento de grano de 18 genotipos de maíz evaluados en Tarímbaro, Michoacán. Ciclo primavera-verano de 2015 y 2016.

Conclusiones

1. Los genotipos presentaron la misma duración en días de las etapas fenológicas estudiadas, a excepción del número de días a floración masculina.
2. H-383, H-155, H-384 y H-386, fueron los genotipos que obtuvieron los mayores rendimientos de grano, en tanto que, VS-559, Tuxpeño, Tabloncillo y VC-42 fueron los menos rendidores, por lo que estos últimos no se recomiendan para el Valle de Morelia-Queréndaro, Michoacán.

Literatura citada

Al-Naggar, A. M. M., R. A. Shabana, M. M. M. Atta and T. H. Al-Khalil. 2015. Maize response to elevated plant density combined with lowered N-fertilizer rate is genotype-dependent. *The Crop Journal* 3(2):96-109.

Hatfield, J. L., K. J. Boote, B. A. Kimball, L. H. Ziska, R. C. Izaurralde, D. Ort, A. M. Thomson and D. Wolfe. 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agron. J.* 103(2):351-370.

Johnston, R. Z., H. N. Sandefur, P. Bandekar, M. D. Matlock, B. E. Haggard and G. Thoma. 2015. Predicting changes in yield and water use in the production of corn in the United States under climate change scenarios. *Ecological Engineering* 82:555-565.

Lin, Y., Z. Feng, W. Wu, Y. Yang, Y. Zhou and C. Xu. 2017. Potential impacts of climate change and adaptation on maize in Northeast China. *Agron. J.* 109:1476-1490.

Ojeda-Bustamantes, W., E. Sifuentes-Ibarra, M. Iñiguez-Covarrubias and M. J. Montero-Martínez. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia* 45:1-11.

SAS Institute. 2017. SAS/STAT versión 9.3 TS Level 1M2. SAS Institute. https://www.sas.com/en_us/software/sas9.html

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp [consultado el 12 de junio de 2017].

Song, Z., H. Gao, P. Zhu, C. Peng, A. Deng, C. Zheng and W. Zhang. 2015. Organic amendments increase corn yield by enhancing soil resilience to climate change. *The Crop Journal* 3(2):110-117.

Yang, H. S., A. Dobermann, J. L. Lindquist, D. T. Walters, T. J. Arkebauer and K. G. Cassman. 2004. Hybrid-maize - a maize simulation model that combines two crop modeling approaches. *Field Crops Research* 87:131-154.

CARACTERÍSTICAS ELOTERAS DE GENOTIPOS MEJORADOS DE MAÍZ

Bulmaro Coutiño Estrada^{51*}, Robertony Camas Gómez⁵¹, Rausel Camas Pereyra⁵² y Jorge Rojo Soberanes⁵³

Resumen

El cultivo de variedades e híbridos de maíz para producción de elotes es un sistema que se practica en terrenos que tienen acceso al riego, por lo que puede sembrarse todo el año y para los productores es más redituable que la producción de grano. Se evaluaron variedades mejoradas de maíz recientemente liberadas por el INIFAP, bajo condiciones de temporal en Ocozocoautla, Chiapas y con riego en Villaflores, Chiapas. En temporal no se detectaron diferencias estadísticas en las características eloterías de los genotipos V-560, V-561, V-562 y H-561, en tanto que, en condiciones de riego, sobresalió el híbrido H-561, sobre las variedades V-561 y V-560 en producción de forraje y de elotes, pero no se detectó diferencia significativa en el contenido de azúcares de los elotes.

Palabras clave: Zea mays, variedades nuevas, elotes, azúcares

Introducción

⁵¹ Investigador del INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. km 3 Carr. Ocozocoautla-Cintalapa. Ocozocoautla, Chiapas. * coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

⁵² Tesista. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Villaflores, Chis.

⁵³ Director de Coordinación y Vinculación del INIFAP en Chiapas.

En México, se siembran un gran número de variedades de maíz, pero no todas tienen las mismas características para satisfacer las diferentes demandas o necesidades del productor y del consumidor. Hay variedades que se cultivan para la producción de grano, otras para la producción de forraje, elotes, y en algunos casos, para doble o triple propósito, pero no todas tienen el mismo potencial de rendimiento. En algunas variedades cultivadas el contenido de azúcares en el grano es más alto y las mazorcas son largas, como es el caso de las variedades eloterías; en otras, los granos tienen alto contenido de proteína, pigmentos, lisina y son útiles para la industria y la alimentación humana y animal. No existen variedades eloterías mejoradas como tales, por ello, los productores de elotes siembran cualquier variedad o híbrido. En México, durante 2015, la superficie cultivada con maíz para la producción de elotes fue de 68,342 ha y la producción, tanto en siembras de riego como de temporal, fue de 853,297 t de elotes, con un rendimiento promedio de 12.6 t ha⁻¹ y un valor de la producción de \$2070'000,000 (SIAP, 2017).

En los distritos y unidades de riego del estado de Chiapas se cultivan diferentes variedades e híbridos de maíz para la producción de elotes, con los que se elaboran diversos alimentos típicos. En dicha entidad la producción de elote es muy importante, por su demanda como elote asado o hervido, a un precio hasta de \$15.00, los cuales son muy sabrosos cuando son frescos o recién cortados, o en la elaboración de esquites, tamales, panes, atoles, etc., Los productores comercializan cada elote desde \$3.00 hasta \$6.00, dependiendo de la época, la región y la distancia a los centros de consumo, lo que hace que este sistema de producción sea más rentable que el de producción de grano, ya que además del elote, se comercializa el forraje verde restante para alimentación de ganado. Los elotes no sólo se consumen y venden en el medio rural, sino que también se llevan a la central de abastos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, que es el mercado donde hay mayor demanda y mejor precio. Cuando un productor tiene la posibilidad de sembrar maíz de riego, obtiene mayor beneficio en cuanto a ingresos económicos, porque en la época de temporal se produce mucho elote en todo el estado, y por ello disminuye su precio; en condiciones de riego sucede lo contrario. En Chiapas existen zonas de riego que permiten establecer diferentes cultivos tropicales todos los meses del año.

La producción de forraje en México y en Chiapas es una actividad que se encuentra marginada por el costo que representa introducir cultivos que sean de alto valor nutritivo para los animales. El maíz posee ventajas, ya que pueden aprovecharse sus tallos y hojas, ocupa el terreno durante una corta temporada o es ensilado para utilizarse en épocas críticas de alimento para el ganado; esta actividad es esencial como fuente económica de nutrientes para la producción de leche.

Estudios sobre variedades eloterías de maíz en variedades de las razas Tuxpeño y Comiteco indicaron que los maíces de la raza Comiteco, son más dulces que los de la raza Tuxpeño

(Coutiño, 2007). Con los híbridos A-7573, H-435 y H-422 se han obtenido rendimientos experimentales de 16.0, 15.9 y 15.1 t ha⁻¹, en un solo corte o cosecha (INIFAP, 2001). La calidad de maíz dulce para el mercado fresco se evalúa de acuerdo a una apariencia fresca y uniforme, filas de granos bien formadas y uniformes, turgencia, un contenido lechoso de granos, y a la ausencia de daños y defectos como decoloración, daños de cosecha, por gusanos, insectos vivos y granos podridos (Suslow y Cantwell, 1992). El objetivo del presente trabajo fue conocer las características eloteras de un grupo de variedades mejoradas y un híbrido recientemente liberadas por el INIFAP en Chiapas.

Materiales y métodos

Durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2016, en terrenos del Campo Experimental Centro de Chiapas, ubicado en el municipio de Ocozocoautla, Chis., se establecieron parcelas demostrativas de una hectárea de las variedades: V-560, V-561 y V-562 y del híbrido H-561, en diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, con objetivo de darlas a conocer a los productores en un evento masivo en el mes de noviembre de 2016. Los días 27 y 28 de julio se realizó la siembra en forma mecanizada, a una densidad aproximada de 50,000 plantas ha⁻¹; se realizó fertilización mineral al suelo en dos aplicaciones, para cubrir la dosis 150-60-00 de N, P₂O₅ y K₂O, se controlaron químicamente las maleza y las plagas del follaje; en octubre, cuando las plantas llegaron al estado de elote, se hicieron cinco muestreos en los que se determinaron las variables: peso de elote con brácteas, peso de elote sin brácteas y contenido de azúcares solubles, por medio de un refractómetro digital Atago, en grados Brix.

En el ciclo de otoño-invierno de 2016-17, se condujeron parcelas bajo condiciones de riego, de 0.5 ha, en un predio del municipio de Villaflores, Chis., para producción de elote de las variedades V-560 y V-561 y del híbrido H-561, bajo el diseño experimental de bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde las parcelas grandes correspondieron a los genotipos y las parcelas chicas a las plantas con espiga y plantas desespigadas. Los genotipos se establecieron a una densidad de población aproximada de 50,000 plantas ha⁻¹. La siembra se realizó del 10 al 12 de diciembre del 2016. La semilla se trató con 0.75 L de Thiodicarb; para el control de la maleza se aplicaron herbicidas pre-emergentes y para controlar gusano cogollero se hicieron tres aplicaciones de insecticidas; se aplicaron seis riegos por gravedad cada 10 días y los últimos cuatro riegos, cada seis días; se fertilizó en dos ocasiones para cubrir la dosis 150-60-00 de N, P₂O₅ y K₂O; antes de la floración se desespigaron manualmente todas las plantas de cuatro surcos y se dejaron plantas con espiga en los dos surcos a cada lado; el 14 de marzo de 2017 se realizaron cinco muestreos de plantas para medir las variables: forraje verde, longitud, grosor y peso de elote

con brácteas, y longitud, grosor y peso de elote sin brácteas, así como el contenido de azúcares solubles.

Se realizó análisis de varianza de las variables cuantificadas mediante el procedimiento GLM, utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2017), y para la separación de promedios se aplicó la prueba de rango múltiple basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad de error.

Resultados y discusión

En Ocozocoautla, bajo condiciones de temporal, no se detectaron diferencias significativas entre genotipos en las tres variables cuantificadas (Cuadro 1), sin embargo, numéricamente sobresalieron el híbrido H-561 y la variedad V-561 por sus mayores pesos de elotes, así como la variedad V-562 por sus elotes ligeramente más dulces que los demás. Coutiño (2006) tampoco encontró diferencias estadísticas cuando en este mismo ambiente evaluó un grupo de variedades mejoradas por su contenido de azúcares en los elotes, con un valor máximo de 10.2°Bx en el mejor de ellos, pero coincide con los valores similares que encontró cuando evaluó un grupo numeroso de variedades de la raza Comiteco, con valores estadísticamente superiores de 13.8°Bx en la mejor variedad elotera de grano amarillo. Cuando Coutiño (2016) en Ocozocoautla comparó las características eloterías del híbrido H-561 con las del híbrido A-7573 (que es muy apreciado por los productores de elote), encontró que fueron estadísticamente iguales en la producción de elotes con un rendimiento de 13 y 17 t ha⁻¹, respectivamente, con elotes de una longitud estadísticamente similar, de 24.6 y 23.8 cm, respectivamente, y solo fue superior el híbrido H-561 en producir elotes significativamente más dulces (10.5°Bx), que el híbrido A-7573 (9.1°Bx).

Cuadro 1. Valores promedios de peso de elotes con y sin brácteas, y contenido de azúcares de genotipos de maíz evaluados en Ocozocoautla, Chis. Ciclo agrícola primavera-verano de 2016.

Genotipo	Peso con brácteas (t ha ⁻¹)	Peso sin brácteas (t ha ⁻¹)	Contenido de azúcares (°Bx)
H561	11.935	8.470	13.2
V561	11.585	7.840	12.4
V560	9.765	7.210	13.2
V562	9.450	7.070	14.3
Promedio	10.684	7.648	13.3

En Villaflores, bajo condiciones de riego, en el factor genotipos, en las variables eloterar se detectaron diferencias estadísticas en producción de forraje verde, peso de elote con brácteas, longitud de elote con brácteas, peso de elote sin brácteas y longitud de elote sin brácteas. Entre plantas con espiga (machos) y plantas desespigadas (hembras) solo se encontraron diferencias estadísticas en forraje verde. En la interacción de ambos factores, no se detectaron diferencias significativas en ninguna variable (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia detectada en variables eloterar cuantificadas en genotipos de maíz evaluados en Villaflores, Chis. Ciclo otoño-invierno de 2016-17.

Fuente de variación	Grados de libertad	Forraje verde (t ha ⁻¹)	Peso con brácteas (t ha ⁻¹)	Longitud con brácteas (cm)	Peso sin brácteas (t ha ⁻¹)	Longitud sin brácteas (cm)	Contenido azúcares (°Bx)
Repeticiones	3	18573	11069	23.8	649	4.1	4.9
Genotipos (G)	2	346909**	47973**	288.8	5443*	46.7**	5.2
Error a	6	21026	2715	9	708	4.4	2.0
Tipo planta (TP)	1	77657*	1387	1.7	34	9.3	6.3
G x TP	2	38249	1517	2.38.3	316	6.1	1.5
Error b	9	17933	2681		197	3.5	3.6

Las diferencias detectadas en la producción de forraje verde de los genotipos, se debieron principalmente a que son de diferente altura de planta, característica en la que sobresalió estadísticamente el híbrido H-561 sobre las variedades mejoradas (Cuadro 3). Esta característica es muy importante para los productores, ya que después del corte del elote, también venden el forraje verde a los ganaderos de la región, por lo que no les conviene sembrar genotipos de porte bajo de planta. Situación similar se encontró en la producción de elotes con brácteas, en la que el mejor genotipo fue el híbrido H-561 con un rendimiento de 16.7 t de elote ha⁻¹. Coutiño (2007) encontró que los maíces criollos: Jarocho de Villaflores y Jarocho de Cintalapa, fueron los que produjeron mayor cantidad de forraje verde fresco (sin elote) con 52.1 y 51.1 t ha⁻¹, pero no fueron los más dulces, ya que obtuvieron valores de 9.2 y 7.3°Bx, respectivamente, ni tampoco obtuvieron altos rendimientos de grano (5.9 y 5.4 t ha⁻¹), aunque produjeron elotes muy largos. La mayor producción de forraje verde se obtuvo con los criollos: Xala, Regional-B C5 y Criollo Amarillo Bolita con 35 t ha⁻¹.

Cuadro 3. Características eloterar de tres genotipos de maíz evaluados en Villaflores, Chis. Ciclo otoño-invierno de 2016-17.

Genotipo	Forraje verde fresco (t ha ⁻¹)	Peso con brácteas (t ha ⁻¹)	Longitud con brácteas (cm)	Peso sin brácteas (ha ⁻¹)	Longitud sin brácteas (cm)	Contenido azúcares (°Bx)
H561	60.6 a	16.7 a	44.6 a	7.9 a	22.7 a	9.4 a
V561	45.9 b	11.3 b	34.3 b	6.2 b	18.5 b	10.8 a
V560	43.7 b	13.3 b	34.1 b	6.6 b	18.6 b	9.4 a

Medias de columnas con diferente letra son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

El híbrido H-561 también produjo elotes con brácteas y pedúnculo, y sin los mismos, con longitud significativamente mayor (44.6 cm) que los de las variedades mejoradas (34.2 cm en promedio), característica muy importante para el comprador de elotes, quien desde el lote de producción fija el precio, de acuerdo al tamaño o longitud de los elotes que observa en las plantas.

El contenido promedio de azúcares en los elotes fue estadísticamente igual en los tres genotipos en Villaflores, bajo condiciones de riego, y menores a los valores obtenidos en Ocozocoautla, bajo condiciones de temporal; la variedad V-560 también se sembró en el ciclo otoño-invierno en Ocozocoautla, pero con riego por cintilla, y el valor promedio del contenido de azúcares fue de 11.5°Bx, con valores máximos de 12.3°Bx, por lo que se infiere, que el ambiente y el manejo influyen en el contenido de azúcares en los elotes; tanto el comprador de elotes como el consumidor no le dan importancia al sabor del elote.

De estudios realizados sobre selección de variedades eloterías de maíz de las razas Tuxpeño y Comiteco, Coutiño (2007) resaltó que los maíces comitecos llegan a la etapa de elote a los 140 días y los más dulces fueron el Criollo Amarillo Bolita de Amatenango del Valle, V-231A, Teopisca-A C5 y Sintético-B, con 13.8, 12.9, 12.5 y 12.5°Bx, respectivamente, mientras que de los maíces tuxpeños, los cuales llegan a la etapa de elote a los 93 días, los mejores para la producción de elotes fueron los híbridos HV-521C, H-561 y H-552C y el Criollo Amarillo de Villaflores, con 11.0, 10.3, 10.1 y 10.3°Brix, respectivamente, lo que indica que existen variedades mejoradas y variedades criollas con buenas características eloterías y de producción de forraje verde y de grano, para las regiones de riego del centro y de la Meseta Comiteca de Chiapas.

Conclusiones

Bajo condiciones de temporal, las variedades mejoradas V-560, V-561 y V-562 y el híbrido H-561 mostraron características eloterías estadísticamente similares, pero numéricamente

sobresalió el híbrido H-561 en el rendimiento de elotes, con y sin brácteas, y la variedad V-562 que produjo los elotes ligeramente más dulces que los demás.

Bajo condiciones de riego, el híbrido H-561 produjo una cantidad de forraje verde fresco y elotes de con pesos y longitudes significativamente superiores a los obtenidos por las variedades V-560 y V-561. El contenido de azúcares de los elotes fue similar en los tres genotipos.

Literatura citada

Coutiño, E. B. 2006. Formación de variedades eloterías de maíz. Informe final de resultados del proyecto. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México.

Coutiño, E. B. 2007. Selección de variedades eloterías bajo condiciones de temporal y riego en Chiapas. In: Memorias de la 2ª Reunión Nacional de Mejoradores de Maíces Criollos. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Instituto Tecnológico Roque. Celaya, Gto., México.

Coutiño, E. B. 2016. Vitrinas tecnológicas de híbridos de maíz. Informe final de resultados del proyecto. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México.

Díaz, D. V. 2015. Evaluación de variedades eloterías de maíz en Guadalupe Victoria, Villaflores, Chiapas. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chis., México.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2001. Cultivo de maíz para elote en la zona media de San Luis Potosí. Folleto para Productores No. 26. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, SLP, México.

SAS Institute. 2017. SAS/STAT versión 9.3 TS Level 1M2. SAS Institute. https://www.sas.com/en_us/software/sas9.html

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Estadísticas de producción de elote a nivel nacional. SAGARPA. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp [consultado en julio de 2017].

Suslow, T. V. and M. Cantwell. 1992. Recommendations for the maintenance of post-harvest quality of sweet corn. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, CA, USA.

PROBLEMÁTICAS PRODUCTIVAS Y DE COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS ORGÁNICOS EN COATEPEC Y XALAPA, VERACRUZ

Alicia del Pilar Silva Zamora^{54*} y Martha Elena Nava Tablada⁵⁵

Resumen

La alimentación suficiente y de calidad es básica para la existencia humana, por lo que actualmente los consumidores buscan cada vez más alimentos sanos e inocuos. Una alternativa de alimentación sana son los productos orgánicos que se caracterizan por no incluir agroquímicos en su producción. La comercialización de alimentos orgánicos ha incrementado en los últimos años, sin embargo, todavía se considera un mercado emergente. Esto debido a que la producción y comercialización presentan limitantes tanto para el incremento de la oferta como la demanda. La presente investigación aborda desde la perspectiva de los productores-vendedores y consumidores, la problemática en la producción y comercialización de los alimentos orgánicos que se expenden en el “Mercado Coatl” y el “Tianguis Agroecológico” de las ciudades de Coatepec y Xalapa, Veracruz, respectivamente. Los principales problemas productivos de los alimentos orgánicos son el bajo nivel de producción, pues se cultivan a pequeña escala; la pérdida o merma de las cosechas por plagas (dado que no se admite el uso de pesticidas químicos); y que los insumos necesarios para la producción orgánica son caros y los proveedores tienen poca disponibilidad de ellos.

⁵⁴ Centro Superior de Estudios Turísticos Jalapa.

⁵⁵ El Colegio de Veracruz.

*aliciadelpilar@hotmail.com

Los problemas de comercialización más relevantes son la baja demanda de alimentos orgánicos, debido a que su precio es mayor que los convencionales y sus beneficios son poco conocidos; la baja oferta de orgánicos (poco volumen y variedad de productos), por ello los consumidores prefieren acudir a centros comerciales donde encuentran toda clase de alimentos; falta de difusión de los productos orgánicos y escasos puntos de venta, lo que dificulta el acceso de los consumidores.

Tanto para la producción como para la comercialización, se identificó como problema la falta de apoyos gubernamentales dirigidos específicamente a los productores orgánicos.

Finalmente, los principales problemas que perciben los consumidores son, en orden de importancia: el mayor precio de los alimentos orgánicos respecto a los convencionales; la falta de información sobre los beneficios para la salud, el ambiente y la economía local que implica la compra de alimentos orgánicos; los escasos puntos de venta y la escasa difusión de éstos; así como la poca variedad de productos ofertados.

Palabras clave: certificación orgánica, sobreprecio, productos regionales y locales, agroquímicos, alimentos sanos

Introducción

La nutrición es fundamental para la subsistencia de la especie humana, pero a través del tiempo la humanidad ha enfrentado crisis alimentarias, por lo que es muy probable que en el futuro éstas se repitan y no exista comida para todos. De ahí la importancia de producir suficientes alimentos para abastecer esta necesidad social. Con el objetivo de incrementar la producción de alimentos, en la década de los años cuarenta se gestó el desarrollo de la Revolución Verde, modelo basado en la intensificación productiva sustentada en cinco pilares: mecanización, regadío, fertilizantes químicos, plaguicidas y bioingeniería genética (Ceccon, 2008).

Paralelamente al auge del modelo productivo de la Revolución Verde, se registra el incremento de enfermedades, muchas de las cuales se relacionan con el consumo de alimentos contaminados con sustancias tóxicas contenidas en los agroquímicos (Ceccon, 2008). Ante ello, han surgido alternativas como la agricultura orgánica, la cual se define como un sistema de producción y procesamiento de alimentos, productos, subproductos animales, vegetales y otros satisfactores, con un uso regulado de insumos externos, restringiendo y en su caso prohibiendo la utilización de productos de síntesis química (Ley de Productos Orgánicos, 2006).

El riesgo que implica para la salud humana el consumo de alimentos con residuos químicos tóxicos motivó un aumento en la disposición de las personas a adquirir alimentos orgánicos, los cuales se caracterizan por no incluir pesticidas, ni aditivos químicos en su proceso de producción. Sin embargo, a pesar de las evidentes ventajas que representan los alimentos orgánicos para la salud humana, su desarrollo productivo y adquisición por parte de los consumidores se ha dado en pequeña escala, pues relativamente pocas personas los compran de manera regular. Además, en los países en desarrollo la producción de la agricultura orgánica se destina primordialmente para exportación. Igualmente, muchos productos orgánicos son cultivados por grandes empresas, cuyo principal objetivo es obtener mayores ganancias, derivadas del sobreprecio que se otorga al producto por sus características “saludables”, dicho sobreprecio es aceptado y cubierto sobre todo por consumidores que tienen un nivel socioeconómico alto (Gómez et al., 2010).

En contraparte, han surgido organizaciones de productores (por ejemplo, la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos) que intentan vender directamente al consumidor mediante espacios de convivencia (mercados locales) donde se expenden alimentos orgánicos (Gómez et al., 2010).

En este contexto, la presente investigación aborda desde la perspectiva de los productores-vendedores y consumidores, la problemática en la producción y comercialización de los alimentos orgánicos que se expenden en el “Mercado Coatl” y el “Tianguis Agroecológico” de las ciudades de Coatepec y Xalapa, Veracruz, respectivamente.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el periodo 2013-2014 en el “Mercado Coatl” de Coatepec y el “Tianguis Agroecológico” de Xalapa. El presente trabajo utilizó la encuesta, por lo cual se diseñaron dos cuestionarios. El primero se aplicó a los vendedores de alimentos orgánicos en ambos mercados, muchos de los cuales son productores que venden directamente al consumidor. Este cuestionario incluyó 19 preguntas sobre: características de los vendedores; alimentos que se expenden; beneficios de los alimentos orgánicos; certificación orgánica; ingresos por venta; problemáticas y soluciones. En total fueron 26 encuestados: 13 en el “Tianguis Agroecológico” de Xalapa y el mismo número en el “Mercado Coatl” de Coatepec. Es importante mencionar que 42% de los 26 vendedores encuestados (11 personas), operan en los dos mercados, pero sólo se les aplicó una vez el cuestionario, en el primer lugar donde se les encontró. La participación de algunos vendedores en ambos mercados es posible debido a que el mercado de Coatepec funciona los sábados y el de Xalapa los domingos. El segundo cuestionario se aplicó a los consumidores de ambos mercados, consistió en 11

preguntas que abordaron temas como: características de los consumidores; alimentos que compran; beneficios de los alimentos orgánicos; problemáticas y soluciones. En este caso se eligió una muestra aleatoria de 20 personas en cada mercado (40 en total). El número de cuestionarios aplicados a consumidores se determinó al presentarse la “saturación” es decir, cuando las respuestas presentaban un patrón similar y ya no aportaban datos novedosos (Hernández et al., 2003). En cuanto a la sistematización y análisis de los datos registrados en los cuestionarios, las respuestas se capturaron en una hoja de cálculo del programa Excel y se analizaron mediante estadística descriptiva con el programa SPSS.

Resultados y discusión

Los mercados ecológicos desde la perspectiva de los productores/vendedores

El promedio de edad de los encuestados fue de 46 años; la mitad con hombres y el resto mujeres. La mayoría (69.2%) tiene un nivel de escolaridad alto, pues cursaron el bachillerato, licenciatura o posgrado; 30.8% sólo tiene estudios de educación básica (primaria o secundaria). Esto según Brenes (2003), sugiere que un mayor nivel educativo se relaciona positivamente con la participación en la agricultura orgánica, porque existe mayor conocimiento de los riesgos ambientales y de salud que implica la agricultura convencional con alto uso de agroquímicos.

Los alimentos que más se expenden en ambos mercados son de origen regional: productos envasados (salsas, café, aderezos, conservas, licores, mermeladas), frutas y verduras, carnes y embutidos, pan y derivados (galletas), lácteos (queso y yogurt) y otros (chocolate, macadamia, miel y derivados). La mayoría de las personas que comercializan productos en los mercados abordados viven en Coatepec y Xalapa, pero también 30.8% provienen de otras localidades de la región. Además, 50% de los productores-vendedores comercializa sus productos por otros medios, principalmente en su domicilio, ecotiendas e internet. Como señalan Nelson et al. (2012) y Escalona (2009), los mercados orgánicos logran estimular y promover los productos regionales y locales.

En cuanto a los beneficios que los alimentos orgánicos aportan a los consumidores, 90.1% de los productores-vendedores opinó que no contienen sustancias químicas nocivas para la salud.

En la temática de los precios, 88.5% de los encuestados consideran que los alimentos orgánicos son más caros que los convencionales y este sobrepeso se justifica debido a que la producción orgánica requiere más horas de trabajo comparada con la producción

convencional, también se menciona que al no utilizar agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas, etc.) la producción tiende a disminuir y es más difícil obtener volúmenes altos, de ello deriva el sobreprecio; sólo 3.8% menciona que el mayor precio se debe a que se incluyen los costos de certificación. Ambas opiniones coinciden con algunas de las limitantes señaladas por Brenes (2003).

El 38.5% de los productores-vendedores reportan un ingreso semanal de más de \$1000.00 y 23.1% declararon que entre \$701.00 y \$1000.00; los cuales son relativamente altos, sobre todo tomando en cuenta que a la semana trabajan uno o dos días (dependiendo si acuden a ambos mercados o sólo a uno) y por día invierten aproximadamente 6 horas en la venta. El ingreso que indicaron es bruto y no considera gastos asociados como costos de producción, envasado y transporte, necesarios para ofrecer el producto final en el mercado. Además, muchos trabajan sólo los días que se instalan los mercados, pues no tienen otro lugar donde comercializar sus productos. Por ello, 80.8% de los encuestados manifestaron que el ingreso obtenido por la comercialización de alimentos orgánicos no cubre sus gastos familiares y deben complementarlo con otras fuentes de ingreso. El restante 19.2% manifestó que la producción y comercialización de alimentos orgánicos es su forma de vida, es decir, su único ingreso y por tanto dependen totalmente de él para cubrir sus necesidades básicas.

Como menciona la Ley de Productos Orgánicos (2006:2), estos alimentos deben contar con una certificación, la cual se define como el “proceso a través del cual los organismos de certificación acreditados y aprobados constatan que los sistemas de producción, manejo y procesamiento de productos orgánicos se ajustan a los requisitos establecidos en las disposiciones de esta Ley”. Al respecto, 80.7% de los productores-vendedores en ambos mercados, no contaban con certificación al momento en que aplicó la encuesta. De los pocos productores certificados (19.3%), la mayoría mencionaron que contaban con “la certificación del mercado”, la cual se refiere a la certificación participativa que cada grupo de productores puede realizar mediante un comité interno. Sólo dos productores estaban certificados por instancias externas.

En cuanto a la razón por la que no están certificados, 38.5% no quiso responder, 26.9% mencionó que la certificación es muy cara y no pueden pagarla; 15.4% está en vías de obtener la certificación participativa; 11.5% indicó que los clientes no exigen la certificación, pues saben que producen sin agroquímicos; y para 7.7% no es importante certificarse como orgánicos, dado que les importa más la inocuidad de los alimentos y consideran sus productos como “naturales”.

Cuando se les cuestionó si el hecho de carecer de certificación desalentaba a los consumidores a comprar los productos, 69.2% respondió que no, 23.1% dijo que sí y el resto no contestó. Al preguntar el motivo de su respuesta, de los que contestaron negativamente, 55.6% explicó que los consumidores ya los conocen, les tienen confianza y saben que

producen de forma natural, sin agroquímicos, por eso no exigen la certificación; 22.2% comentó que la gente no está informada de que los productos orgánicos deben contar con certificación, por ello no preguntan, ni solicitan el sello de certificación; 11.1% indicó que sus productos no los venden como orgánicos sino como “naturales” por lo que no requieren la certificación; y el resto no contestó. Los productores-vendedores que respondieron que la carencia de certificación desanima a los consumidores, indicaron que el cliente opta por no comprar, si no cuentan con ella. En las respuestas emitidas se observa que no hay una idea unificada en relación a la importancia de la certificación y las posibles alternativas (certificación participativa).

En el apartado de apoyos institucionales, la mayoría (65.4%) indicaron que no cuentan con apoyos económicos gubernamentales para producir ni comercializar. Mientras que los que han obtenido apoyos (34.6%), solicitaron en la categoría de “proyectos especiales”, dado que no existe un rubro específico para la producción orgánica.

El principal problema que enfrentan son los bajos niveles de producción, pues cultivan a pequeña escala. En segundo lugar, se identifica la pérdida o disminución de las cosechas por plagas y enfermedades, esto debido a que no pueden utilizar pesticidas químicos y no cuentan con el asesoramiento adecuado para saber con qué sustancias o prácticas permitidas pueden realizar el control. El tercer problema identificado es que los insumos necesarios para la producción orgánica son caros y los proveedores tienen poca disponibilidad de ellos. Como posibles soluciones a los problemas de producción, 25% indicó que si tuvieran acceso a una adecuada asesoría técnica, la cantidad de producto cosechado aumentaría. También se mencionó el acceso a apoyos económicos gubernamentales destinados a la producción orgánica, mejorar las redes de productos orgánicos y el desarrollo de plaguicidas naturales por parte de las instituciones dedicadas a la investigación, entre otras soluciones.

En cuanto a los problemas de comercialización, los principales son la baja demanda de alimentos orgánicos, debido sobre todo a que tienen un mayor precio que los convencionales y poca gente tiene la capacidad adquisitiva para comprarlos e incorporarlos a su canasta básica regular, lo cual está relacionado con el bajo poder adquisitivo de los consumidores (Gómez, 2013). Otros problemas que se perciben son la baja oferta de alimentos orgánicos (poco volumen y variedad de productos), por lo que los consumidores prefieren acudir a los centros comerciales donde encuentran toda clase de satisfactores; falta de difusión de las bondades de los productos orgánicos para sensibilizar a los compradores potenciales; y escasos puntos de venta, lo que dificulta el acceso de los consumidores. Las principales soluciones propuestas son: difundir entre la población los beneficios de consumir alimentos orgánicos con el fin de incrementar su demanda; promover los mercados orgánicos que

existen en la región para que más gente acuda a comprar y que las instancias gubernamentales otorguen apoyos para la comercialización de productos orgánicos.

En lo referente a los principales obstáculos para que la personas consuman alimentos orgánicos, 37.9% mencionó el mayor precio de los orgánicos en comparación con los convencionales; 34.5% señaló el desconocimiento de la gente sobre los daños que ocasionan los alimentos convencionales debido a los residuos de agroquímicos y conservadores que contienen; y 27.6% se refirió a que la mayoría de la población desconoce la existencia de los mercados orgánicos por falta de difusión de los mismos. Respecto a las acciones que pueden implementarse para incrementar el consumo de alimentos orgánicos, 84.6% consideran que es necesario difundir y crear conciencia sobre los beneficios de comprar alimentos orgánicos (sobre todo los relacionados con la salud, cuidado del ambiente y fomento de la economía local), el resto (15.4%) se refirió a acciones para abatir los costos de producción, consecuentemente bajar los precios y hacer más accesibles los alimentos orgánicos a los consumidores.

Los mercados ecológicos desde la perspectiva de los consumidores

El promedio de edad de los consumidores encuestados fue de 37 años; 55% se encuentra entre los 20 y 40 años. En cuanto al género, 52.5% fueron mujeres y 47.5% hombres. Destaca que 65% tienen una escolaridad alta: licenciatura o postgrado. Este nivel educativo denota que las personas que acuden a estos mercados están más informadas y son más conscientes de los beneficios de los productos orgánicos, optando por esta alternativa de consumo; lo cual coincide con lo señalado por Gómez (2013), respecto a que el consumidor de estos productos por lo general posee un nivel educativo mayor al promedio. En cuanto a la ocupación, la mayoría (62.5%) son profesionistas y estudiantes, aunque también existe un porcentaje importante de amas de casa (15%). El 60% de los consumidores radican en Xalapa, 20% en Coatepec, 10% vienen de localidades en municipios cercanos (Xico, Teocelo y Emiliano Zapata); y 10% vive en ciudades más alejadas como Veracruz, Minatitlán, Córdoba y el Distrito Federal. Es decir, la mayoría de los consumidores proceden de áreas urbanas, coincidiendo con otro de los rasgos del perfil del consumidor de productos orgánicos señalados por Cea et al. (2010). Los alimentos que regularmente compran los consumidores en ambos mercados, en orden de importancia son: frutas y verduras; cereales y semillas; lácteos (queso y yogurt); pan y derivados (galletas); productos envasados (salsas, café, aderezos, conservas, licores, mermeladas); carnes y embutidos; huevos; miel y derivados. Sin embargo, a los consumidores les gustaría que se expendan más variedad de alimentos.

Referente a la frecuencia con que compran alimentos en los mercados orgánicos, 35% acuden más de tres veces al mes y 55% de una hasta tres veces. El 55% de los clientes

gastan de \$100.00 a \$300.00 cada vez que asisten al mercado y 25% menos de \$100.00, es decir, 80% de los consumidores invierte menos de \$300.00 en cada compra. Estos montos, podrían incrementarse si el consumidor tuviera a disposición mayor variedad de productos, lo cual se traduciría en un mayor beneficio económico para los productores-vendedores.

También se les preguntó a los consumidores si acostumbran comprar alimentos orgánicos en otro lugar diferente al mercado donde se les entrevistó, a lo cual 52% respondió que acude a Tiendas Ecológicas establecidas de manera permanente, 20% adquiere alimentos orgánicos en los supermercados, 16% en otro mercado ecológico y 12% compra directamente a algunos productores orgánicos.

El 55% de los encuestados consideran que el precio de los alimentos orgánicos siempre es mayor que el de los convencionales, 40% declaró que esto sucede en algunos productos, pero no en todos; mientras, una minoría (5%) son consumidores informados, conscientes de que esta diferencia es aparente, pues en realidad el sobreprecio se debe a que en el proceso de producción no incorporan agroquímicos, lo que beneficia a la salud humana y al ambiente, y esto se incluye en el precio final. Este resultado coincide con lo que afirman Mc Donnell y Yáñez (2008) respecto a que los alimentos orgánicos tienen un sobreprecio, el cual es bien aceptado, sobre todo por los consumidores informados.

Al preguntar por qué eligen comprar alimentos orgánicos en lugar de convencionales, la mayoría respondió que, por salud, en segundo lugar, porque los alimentos tienen mejor sabor y el tercer motivo se refiere a que contribuyen al cuidado del medio ambiente.

Los principales obstáculos que perciben los consumidores para la compra de alimentos orgánicos son en orden de importancia: el mayor precio de los orgánicos respecto a los convencionales; la falta de información sobre los beneficios para la salud, el ambiente y la economía local que implica la compra de alimentos orgánicos; los escasos puntos de venta y la escasa difusión de éstos; así como la poca variedad de productos ofertados.

Respecto a las acciones que pueden implementarse para incrementar el consumo de alimentos orgánicos, 41.5% considera necesario difundir entre la población la existencia de los mercados orgánicos; 35.8% se refiere a la difusión de los beneficios para la salud, el ambiente y la economía local que conlleva comprar alimentos orgánicos; 13.2% sugiere implementar más puntos de venta e incrementar la variedad de alimentos orgánicos ofertados; y 9.4% propone buscar cómo disminuir los precios para hacer más accesibles los alimentos orgánicos a los consumidores. Al respecto, Mc Donnell y Yáñez (2008), señalan que el consumidor “verde” busca varias características en los productos: buen precio, puntos de venta accesibles, calidad y variedad de la oferta y, sobre todo, seguridad en que el proceso de producción y comercialización se realiza respetando al medio ambiente.

Conclusiones

Los principales problemas productivos de los alimentos orgánicos son el bajo nivel de producción, pues se cultivan a pequeña escala; la pérdida o disminución de las cosechas por plagas y enfermedades (dado que está prohibido el uso de pesticidas químicos); y que los insumos necesarios para la producción orgánica son caros y los proveedores tienen poca disponibilidad de ellos.

Los problemas de comercialización más relevantes son la baja demanda de alimentos orgánicos, debido a que tienen un mayor precio que los convencionales y sus beneficios son poco conocidos; la baja oferta de orgánicos (poco volumen y variedad de productos), por lo que los consumidores prefieren acudir a centros comerciales donde encuentran toda clase de alimentos; falta de difusión de los productos orgánicos y escasos puntos de venta, lo que dificulta el acceso de los consumidores.

Tanto para la producción como para la comercialización, se identificó como problema la falta de apoyos gubernamentales dirigidos específicamente a los productores orgánicos.

Dado que la mayoría de los productores-vendedores que operan en los mercados estudiados, carecen de la certificación orgánica otorgada por instancias externas, el sobreprecio de los productos no se relaciona con este rubro, sino más bien con los problemas productivos.

Finalmente, los principales problemas que perciben los consumidores son el mayor precio de los alimentos orgánicos respecto a los convencionales; la falta de información sobre los beneficios para la salud, el ambiente y la economía local que implica la compra de alimentos orgánicos; los escasos puntos de venta y la escasa difusión de éstos; así como la poca variedad de productos ofertados.

Literatura citada

Brenes, L. 2003. Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 70:7-18.

Cea, V. J., C. Fernández R. y M. P. Muñoz L. 2010. Perfil de consumidor orgánico. *Trend Management*. Edición especial:46-55.

Ceccon, E. 2008. La revolución verde tragedia en dos actos. *Revista Ciencias* 1(91):21-29.

Escalona, M. A. 2009. Los tianguis y mercados locales de alimentos ecológicos en México: su papel en el consumo, la producción, y la conservación de la biodiversidad y la cultura. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 463 p.

Gómez, C. M. A., R. Schwentesius R., J. Ortigoza R. y L. Gómez T. 2010. Situación y desafíos del sector orgánico en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(4):593-608.

Gómez, A. M. 2013. Mercados locales de productos orgánicos a partir de los sistemas participativos de garantía zona centro estado de Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Edo. de Méx., México. 143 p.

Hernández S., R., C. Fernández C. y P. Baptista L. 2003. *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw Hill. México. 850 p.

Ley de Productos Orgánicos. 2006. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero del 2006.

Mc. Donnell, P. y B. M. Yañez. 2008. *Alimentos orgánicos ¿Qué quiere el consumidor verde?*. Universidad de Chile, Chile. 77 p.

Nelson, E., R. Schwentesius R., L. Gómez T. y M. A. Gómez C. 2012. Experiencias de la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos. El nacimiento de un movimiento orgánico local en México. <http://tianguisorganicos.org.mx/wpcontent/uploads/2012/07/Experiencias-REDAC.pdf> [consultado el 18 de septiembre de 2012].

POTENCIAL ANTIFÚNGICO DEL EXTRACTO DE *Equisetum arvense* L. CONTRA *Phytophthora infestans* EN CULTIVO DE JITOMATE *Solanum lycopersicum* L.

Lucia Torres Rueda^{56*}, Claudia Zaragoza Queleto⁵⁶, Silvestre García Gómez⁵⁶ y Ma. de los Ángeles González Domínguez

Resumen

El uso irracional de fungicidas químicos en las actividades agrícolas representa un riesgo severo para la salud de los consumidores y para los que aplican el producto, aunado a la resistencia que las enfermedades generan a estos productos y la inversión económica que representa para los productores. Bajo esta perspectiva resulta necesario ofrecer alternativas sustentables de control de enfermedades ocasionadas por hongos. *Equisetum arvense* posee potencial como antifungico por su alto contenido en sílice y la presencia de una saponina tóxica para los hongos llamada Equisetonina. El presente proyecto evaluó el extracto de *E. arvense* como antifungico potencial para el fitopatógeno *Phytophthora infestans* en el cultivo de jitomate. Se estableció un diseño experimental completamente al azar siendo los tratamientos: T1. Extracto de *Equisetum*, T2. Extracto de *Equisetum* + Extracto de canela, T3. Extracto de *Equisetum* + ceniza, T4. Fungicida comercial Captan 50 Plus y T5. Testigo absoluto. Se consideró como unidad experimental a dos plantas, con tres repeticiones. Las plantas fueron inoculadas por aspersion foliar a las tres semanas después del trasplante, las aplicaciones de los tratamientos se realizaron antes de la inoculación. Se evaluó la incidencia y severidad. La incidencia como porcentaje de plantas infectadas y la

⁵⁶ Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, Carr. Fed. Amozoc-Nautla Km. 122+600, Almoloni, Ocotlán, Tlatlauquitepec, Pue. CP 73907.

*lucy0988@hotmail.com

severidad como porcentaje de hojas con daño. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se encontraron diferencias significativas en la severidad de la enfermedad. El tratamiento con extracto de Equisetum resultó en menor porcentaje de hojas con daño (4.67%), seguido del extracto de Equisetum + Extracto de canela (5.17%). El uso de extracto de Equisetum arvense de modo preventivo posee un potencial antifúngico contra *Phytophthora infestans* en cultivo de jitomate, ya sea utilizado solo o en combinación con otros extractos como el de canela.

Palabras clave: Equisetum arvense, *Phytophthora infestans*, severidad, antifúngico

Introducción

Las pérdidas producidas por *Phytophthora infestans*, en México, se estiman entre 70 y 90% si no existe un control oportuno de la enfermedad. Los costos de producción aumentan hasta en el 30% por las múltiples aplicaciones de productos químicos que van de entre 6 hasta 24 aplicaciones de acuerdo a la zona y el lugar de producción, así como el manejo, condiciones climatológicas y otros factores que pudieran intervenir (Mora, 2014). Los fungicidas químicos son el método de control más utilizado en todo el mundo debido a su efectividad, sin embargo, esto trae como consecuencia altos índices de contaminación desde los mantos freáticos hasta la contaminación del aire (Zamorano y Delgadillo, 2004).

Ante la incesante búsqueda de alternativas más confiables y benéficas para el control de plagas y enfermedades en cultivos, se ha abierto un amplio panorama de investigación en torno al uso de extractos vegetales, aceites esenciales y metabolitos secundarios presentes en plantas, que constituyen hoy en día una alternativa promisoriosa para contrarrestar el efecto negativo de algunos microorganismos fitopatógenos, por su bajo costo, por ser amables con el medioambiente y la salud en general (Villa-Martínez et al., 2015).

García et al. (2015) reportan actividad fungicida de *Equisetum robustum* A. Br. contra dermatofitos de importancia médica. Mientras que Hernández (2016) menciona que la cola de caballo, *Equisetum arvense* L., puede ser utilizada como fungicida por su alto contenido de sílice y la presencia una saponina toxica llamada equisetonina. También señala que su mecanismo de acción se basa principalmente en favorecer el engrosamiento de las paredes celulares, lo que impide la penetración del hongo. Bajo este contexto la presente investigación tuvo como objetivo determinar el potencial antifúngico del extracto de *Equisetum arvense* contra *Phytophthora infestans* en el cultivo de jitomate.

Materiales y métodos

Ubicación de la investigación y elaboración del extracto

La investigación se llevó a cabo en las parcelas experimentales ubicadas en el Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, en el estado de Puebla. Se estableció un cultivo de jitomate en campo abierto en el periodo comprendido de febrero a mayo de 2017.

El material vegetal para la elaboración del extracto de Equisetum arvense se recolectó en zonas aledañas al área de investigación. Se realizó un preparado mediante cocción, como lo sugiere la metodología de Hernández (2016).

Diseño experimental y tratamientos

La unidad experimental consto de dos plantas de jitomate, los tratamientos aplicados fueron:

- T1. Extracto de Equisetum
- T2. Extracto de Equisetum + Extracto de canela
- T3. Extracto de Equisetum + ceniza de Pinus
- T4. Fungicida comercial Captan 50 Plus
- T5. Testigo absoluto

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones. La aplicación de los tratamientos se realizó a las dos semanas después del trasplante, mediante aspersión foliar. Cabe señalar que se elaboraron protecciones plásticas durante la aplicación para asegurar que no existiera contaminación entre tratamientos. Pasada una semana de la aplicación de los tratamientos se inoculo el patógeno mediante aspersión foliar de manera uniforme a todas las unidades experimentales, para provocar con ello la infección por Phytophthora infestans. Se realizaron riegos periódicos de manera uniforme, así como aplicación de composta como única fuente de fertilización.

Variables y análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron:

Incidencia: Número de plantas enfermas.

Severidad: Porcentaje de hojas con daño (No. De hojas dañadas/No. Total de hojas)*100

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) usando el programa estadístico SAS Ver. 9.0.

Resultados y discusión

Para la variable incidencia no existieron diferencias estadísticas significativas, puesto que en todas las plantas se presentaron síntomas de la enfermedad. Sin embargo, para la variable severidad (porcentaje de hojas enfermas por planta), se encontraron diferencias estadísticas significativas. Los tratamientos más efectivos en disminuir la severidad de la enfermedad fueron T1, correspondiente a la aplicación del extracto de Equisetum presentó el 4.67% de hojas con daño por *Phytophthora infestans*, seguido de T2. Extracto de Equisetum + Extracto de canela con 5.17%. Cabe destacar que T4, Fungicida comercial Captan 50 Plus presentó el mayor porcentaje de hojas dañadas con 26.6%, mientras que el testigo absoluto presentó una severidad de 15.16% de hojas dañadas (Figura 1).

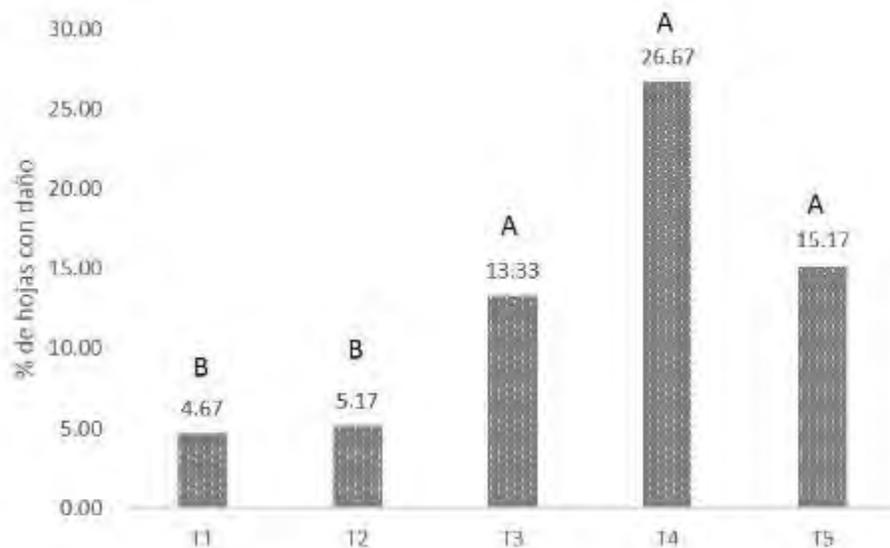


Figura 1. Porcentaje de severidad en porcentaje de hojas con daño por *Phytophthora infestans*. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

La severidad presentada de *Phytophthora infestans* bajo la aplicación del extracto de *Equisetum arvense* concuerda con los resultados obtenidos por García et al. (2015), quienes reportaron la actividad fungicida de una especie perteneciente al mismo género: *Equisetum robustum* A. Br contra dermatofitos de los géneros *Trichophyton* y *Microsporum*, ya que ambos géneros comparten características fitoquímicas, tales como: la presencia de un equisitonino de la saponina, dimetil sulfona, tiaminasa, que Hernández (2016) ha reportado como un componente con potencial antifungico.

En cuanto a T2. Extracto de *Equisetum* + extracto de canela, la adición de dicho extracto permitió mantener el efecto antifungico contra el patógeno, debido a su contenido de cinamaldehído, sustancia reportada con potencial antifungico por Camarillo et al. (2006) quienes encontraron actividad fungicida en el cultivo in vitro contra *Aspergillus flavus*,

mientras que Necha y García (2008) obtuvieron resultados favorables contra incidencia de *Fusarium* sp. mediante su aplicación.

Conclusiones

La aplicación del extracto de *Equisetum arvense* solo o mezclado con extracto de canela tiene efecto antifúngico sobre la severidad del daño causado por *Phytophthora infestans* en el cultivo de jitomate.

Literatura citada

Camarillo, E. A., Y. Quezada V., J. Moreno L., G. Sánchez H., E. Moreno M., y M. Pérez R. 2006. Actividad antifúngica de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y orégano (*Origanum vulgare* L.) y su efecto sobre la producción de aflatoxinas en nuez pecanera. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

García, H. D. G., A. Oranday C., S. Azucena V., M. J. Verde S., R. Quintanilla L., C. Leos R. et al. 2015. Actividad fungicida, antioxidante e identificación de los compuestos activos de 20 plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 46(3):73-79.

Hernández, R. T. E. 2016. Fungicida a base de cola de caballo *Equisetum arvense*. Universidad del Valle de México.

Mora, A. R. 2014. Situación de tizón tardío en México. Simposio Tizón Tardío América del XXVI Congreso bienal de la Asociación Latinoamericana de la PAPA (ALAP).

Necha, L. L. y L. García B. 2008. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. IPN. Yautepec, Mor., México.

Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M. y Martínez-Escudero, E. 2015. Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos Vegetales. *Acta Agronómica* 64(2):194-205.

Zamorano, R. Á. y F. Delgadillo S. 2004. Enfermedades del tomate y chile Bell. UAAAN. Torreón, Coah., México.

COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO CRISTALINO EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO

María de Lourdes De la Cruz González^{57*}, Juan Manuel Zavala Vargas¹ y Nicandro Ortiz Molina⁵⁷

Resumen

En Bajío el ambiente es adecuado para la producción de trigos fuertes y cristalinos. El trabajo tuvo como finalidad conocer cuáles son los genotipos que presentan mayor rendimiento con ciclo más corto, y mayor tolerancia a las royas del trigo. El trabajo se estableció en San Cayetano, municipio de Celaya, Gto. El experimento se sembró el 16 de diciembre en el ciclo OI 2016-2017, con 50 genotipos de trigos cristalinos (*Triticum turgidum* var. durum) 45 líneas experimentales y cinco testigos (Gema C2004, Mexicali C75, Yavaros 79, Altar 84 y Jupare C2001). Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, la parcela experimental constó de 4.5 m². La densidad fue de 120 kg ha⁻¹. Se aplicaron los riegos a los 0 y 35-65-85-105 días después de la siembra. Las enfermedades fueron evaluadas con lecturas de acuerdo a la escala modificada de Cobb. Las variables evaluadas días a espigamiento (DESP), Días a madurez fisiológica (MAD), Altura de planta (AP) en cm. Rendimiento de grano (RG), se obtuvo de la cosecha, de la parcela útil. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS ver.9.0. La comparación de medias entre genotipos se realizó con la prueba de Tukey. Se detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos para ROYA L, DESP, AP, RTO, lo cual indica que al menos un genotipo es diferente a los demás en estas características. En las pruebas de comparaciones de medias se observaron

⁵⁷Agroquímicos y semillas la fuerte S.A de C.V. mdelacruz@nu3.com.mx

diferencias estadísticas significativas. En la variable ROYA L. el genotipo 744 presento el mayor porcentaje de la enfermedad con 40%. En días a ESP, el mayor ciclo lo obtuvo el genotipo 735 (1A.1D 5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANE...) con 84.5 días, los genotipos más precoces fueron el 745 y 726 con 69.5 días a ESP. En MAD, todos los genotipos presentaron un ciclo estadísticamente igual. Los genotipos 717,730 y 742 fueron superiores en AP, los genotipos 709 y 737 presentaron el menor porte. El genotipo 729 (GUAYACAN INIA/GUANAY//PORRON_4/BEJAH_...) obtuvo el mayor rendimiento (7540 kg ha⁻¹). La variedad testigo Jupare C200 fue la más sobresaliente superada por los genotipos 729,714 ,720 y 747 que presentaron rendimientos superiores a las 7 t ha⁻¹.

Palabras clave: espigamiento, madurez fisiológica, royas

Introducción

El trigo es, con 220 millones de ha, el cultivo más ampliamente sembrado. El rendimiento promedio global del trigo es de 3 t ha⁻¹ y más de 100 países producen por encima de 10,000 t. El trigo muestra la más amplia adaptación geográfica, así como a un amplio rango de condiciones medioambientales y de manejo (Reynolds, et al., 2013). En el año agrícola 2017 se cosecharon 442,163 ha, con una producción de 2, 563, 934 t, con un rendimiento promedio nacional de 5.7 t ha⁻¹. El estado de Sonora aportó el 59.7% de la producción nacional, El Bajío 22.8%, Sinaloa 9.5% y Baja California con 4.1%. (SIAP, 2017). En México la región noroeste se ha caracterizado por la producción de trigo de gluten fuerte y cristalino; El Bajío, por trigos suaves; las áreas temporaleras, por trigos fuertes; y los estados con menor superficie sembrada en riego, con trigos de todos los grupos de calidad. No obstante que en El Bajío se han sembrado trigos suaves por más de 30 años, el ambiente es adecuado para la producción de trigos fuertes, en los que el porcentaje de proteína en el grano es importante; prueba de ello es la producción de trigos cristalinos cuyo contenido de proteína es mayor a 11% y rendimientos superiores a 9 t ha⁻¹ (Huerta et al., 2009). Cuando se planea liberar una nueva variedad un dato muy importante es la respuesta de la variedad al ambiente. Esta interacción se define biológicamente como la expresión fenotípica de un individuo debida al genotipo y al ambiente en el que se desarrolla. (Solís et al., 2005) Dado que las variedades que se liberan son las más productivas y estables, es importante evaluar la duración del ciclo, el rendimiento y la tolerancia a las enfermedades de los trigos cristalinos. Con base en lo anterior, el presente trabajo estuvo como finalidad conocer cuáles son los genotipos que presentan mayor rendimiento con un ciclo más corto a madurez fisiológica, y a su vez mayor tolerancia a las enfermedades más importantes del trigo, para

obtener un grupo de líneas elite con las mejores características y se elegirán como candidatas a variedades.

Materiales y métodos

El trabajo se estableció en el rancho las Margaritas ubicado en San Cayetano, municipio de Celaya, Gto. El clima característico de la región de estudio con temperaturas medias de 20°C, precipitación media anual de 450 a 650 mm, baja probabilidad de heladas en los meses de enero y febrero, y una altura de 1500 a 1800 m, tienen suelos planos y fértiles. El experimento se sembró el 16 de diciembre en el ciclo OI 2016-2017, con 50 genotipos de trigos cristalinos (*Triticum turgidum* var. durum) 45 líneas experimentales y cinco testigos (Gema C2004, Mexicali C75, Yavaros 79, Altar 84 y Jupare C2001). El objetivo de este trabajo fue comparar la fenología y el rendimiento de grano, tolerancia a Roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y la roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici Eriks.), de genotipos de trigo cristalino. Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, como parcela experimental se sembró una melga de 1.5 cm de ancho (con cuatro hileras separadas a 30 cm) y 3 m de longitud, teniéndose un área experimental de 4.5 m². Como parcela útil, se cosechó 1.8 m². La densidad fue de 120 kg ha⁻¹. Se fertilizó con la fórmula 240-60-00. La mitad del nitrógeno (N) y todo el fósforo en la siembra y la segunda mitad del N en el primer riego de auxilio, que recomienda el INIFAP. Se aplicaron los riegos a la siembra y a 35-65-85-105 días después de la siembra. Las variables evaluadas fueron enfermedades del trigo: Roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y la roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici Eriks.). Una vez que se observaron las pústulas en el cultivo se tomaron lecturas de royas, en las cuales se determinó el porcentaje de severidad de la enfermedad. Estas lecturas se tomaron de acuerdo a la escala modificada de Cobb, que incluye el grado de severidad media en porcentaje (1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100%). Las variables: días a espigamiento (DESP), que corresponde a los días desde la siembra hasta que aproximadamente el 50% de las espigas estuvieron expuestas; días a madurez (MAD), son los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas tornaron a color amarillento; altura de planta (AP) se determina cuando el grano comienza a formarse, se mide la distancia desde el suelo hasta la punta de las espiguillas (se excluyen las aristas); rendimiento de grano (RG), se obtuvo de la cosecha, de la parcela útil de 1.8 m², de los dos surcos centrales de la parcela; sensibilidad a la roya de lineal amarilla. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS ver.9.0. La comparación de medias entre variedades se realizó con la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios para Roya lineal amarilla (ROYA L.), días a espigamiento (DESP), días a madurez fisiológica (MAD), altura de planta (AP), y rendimiento de grano (RTO). Se detectaron diferencias altamente significativas entre genotipos para ROYA L, DESP, AP, RTO, lo cual indica que al menos un genotipo es diferente a los demás en estas características, la variable MAD no presentó diferencias significativas. Los coeficientes de variación fueron menores del 6% en las variables, excepto en la Roya lineal amarilla con un 28.5%, lo que muestra una alta confiabilidad en el manejo del experimento.

Cuadro 2. Cuadrados medios de Roya lineal amarilla (ROYA L.), días a espigamiento (DESP), días a madurez fisiológica (MAD), altura de planta (AP,) y rendimiento de grano en Kg ha⁻¹ (RTO), obtenidos en Celaya, Gto., durante el ciclo OI 2016-17.

F.V.	GL	ROYA L.	DESP	MAD	AP	RTO
REP	1	6.25	5.29	0.49	23.04	23104.00
GEN	49	165.43**	22.27**	0.81 n.s	46.69**	968714.94 **
ERROR	49	3.19	2.17	1.61	16.41	92441.01
C.V		28.5	1.90	0.98	4.42	5.25

F.V.= fuente de variación; G.L.=grados de libertad; REP= Repeticiones; GEN=genotipos; CV= Coeficiente de variación; **= Significancia estadística al nivel 0.01 de probabilidad.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de las pruebas de comparaciones de medias aplicados a las variables con diferencias estadísticas significativas. En este ciclo no se presentó la Roya de la hoja solo algunas trazas, las condiciones no fueron óptimas para el desarrollo de la enfermedad. En la variable Roya lineal amarilla se presentó en este ciclo un desarrollo bajo de la enfermedad solo el genotipo 744 presentó el mayor porcentaje de la enfermedad con 40%. En días a espigamiento, el mayor ciclo lo obtuvo el genotipo 735 (1A.1D 5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANE...) con 84.5 días, Altar 84 y Jupare C2001 de las variedades testigo presentaron el más largo a espigamiento con 79.5 y 79 días a espigamiento, mientras los genotipos más precoces fueron el 745 (BYBLOS/6/PLATA_6/GREEN_17/3/C...) y 726 (CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3...) con 69.5 días a espigamiento, en madurez fisiológica, todos los genotipos presentaron un ciclo estadísticamente igual. La mayor altura alcanzada por las plantas de trigo se logró con los genotipos 717,730 y 742 con 100 cm de altura, 45 de los genotipos presentaron altura estadísticamente igual entre estos genotipos Jupare C2001y

Gema C2004 (98 y 95 cm de altura), los genotipos 709 y 737 presentaron el menor porte con 83 cm de altura de planta. El genotipo 729 (GUAYACAN INIA/GUANAY//PORRON_4/BEJAH_7/3/VANRRIKSE_12/SNITAN/7/MOH...) obtuvo el mayor rendimiento (7540 kg ha⁻¹), en el siguiente grupo los genotipos 714,720 y 747 presentaron rendimientos superiores a las 7 t ha⁻¹, de las variedades testigo Jupare C2001 obtuvo el mayor rendimiento 6813 y Yavaros 79 el menor rendimiento ubicándose en el número 47 con un rendimiento de 4807 kg ha⁻¹, el genotipo 735 obtuvo el menor rendimiento (4258 kg ha⁻¹). Los resultados no coinciden con lo que diversos autores han observado; el máximo rendimiento en grano se obtiene de plantas de altura intermedia, por sobre las altas y enanas (Zapata et al., 2004). El rendimiento fue afectado por mala nivelación del terreno y riegos poco homogéneos en el ciclo del cultivo.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) Roya lineal (ROYA L), días a espigamiento (ESP), días a madurez fisiológica (MAD), de altura de planta (AP,) y rendimiento de grano en Kg ha⁻¹ (RTO) de 50 genotipos de trigo evaluados durante el ciclo OI 2016-17 en Rancho las Margaritas, en San Cayetano, Guanajuato.

Número de genotipo	ROYA L.	ESP	MAD	AP	RTO
729	0 f	76.5 b-i	129 a	93 ab	7540 a
714	10 d-e	78.0 b-h	129 a	95 ab	7259 a-b
720	5 e-f	79.0 a-f	130 a	90 ab	7048 a-c
747	20 c	72.0 h-j	130 a	95 ab	7036 a-d
705	0 f	79.0 a-f	129 a	98 ab	6813 a-e
711	5 e-f	79.0 a-f	129 a	95 ab	6641 a-f
727	0 f	75.5 c-j	129 a	90 ab	6527 a-g
723	5 e-f	72.5 g-j	130 a	95 ab	6429 a-g
742	0 f	79.0 a-f	129 a	100 a	6307 a-h
710	0 f	78.5 a-g	129 a	85 ab	6274 a-h
740	0 f	79.5 a-e	130 a	88 ab	6253 a-h
712	5 e-f	72.5 g-j	130 a	93 ab	6252 a-h
719	5 e-f	80.0 a-e	130 a	90 ab	6165 b-i
738	0 f	72.0 h-j	130 a	85 ab	6139 b-j
725	20 c	78.0 b-h	129 a	95 ab	6089 b-k
707	15 c-d	74.0 e-j	130 a	88 ab	6072 b-k
706	0 f	76.0 b-i	130 a	93 ab	6034 b-k
746	0 f	73.0 f-j	130 a	90 ab	6031 b-k

708	7.5 d-f	78.0 b-h	129 a	93 ab	5978 b-l
715	5 e-f	78.0 b-h	129 a	95 ab	5952 c-m
741	5 e-f	81.0 a-c	129 a	95 ab	5928 c-m
704	0 f	79.5 a-e	130 a	98 ab	5921 c-m
722	0 f	74.5 d-j	129 a	88 ab	5867 c-m
745	10 d-e	69.5 j	130 a	85 ab	5806 c-m
744	40 a	78.5 a-g	129 a	90 ab	5784 c-m
734	7.5 d-f	72.5 g-j	130 a	85 ab	5760 c-m

CONTINUACIÓN... Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) Roya lineal (ROYA L), días a espigamiento (ESP), días a madurez fisiológica (MAD), de altura de planta (AP,) y rendimiento de grano en Kg ha⁻¹ (RTO) de 50 genotipos de trigo evaluados durante el ciclo OI 2016-17 en Rancho las Margaritas, en San Cayetano, Guanajuato.

Número de genotipo	ROYA L.	ESP	MAD	AP	RTO
731	5 e-f	77.5 b-h	129 a	95 ab	5749 d-m
717	7.5 d-f	79.5 a-e	130 a	100 a	5744 d-m
732	5 e-f	78.5 a-g	129 a	90 ab	5682 e-m
736	0 f	78.5 a-g	130 a	95 ab	5650 e-m
701	5 e-f	78.0 b-h	129 a	95 ab	5608 e-m
713	30 b	78.5 a-g	130 a	90 ab	5591 e-m
718	0 f	79.0 a-f	131 a	90 ab	5482 f-n
730	0 f	78.5 a-g	130 a	100 a	5480 f-n
739	0 f	80.5 a-d	129 a	88 ab	5438 f-n
724	20 c	77.5 b-h	131 a	93 ab	5372 f-n
750	2.5 e-f	82.0 ab	128 a	98 ab	5371 f-n
702	5 e-f	70.5 i-j	130 a	88 ab	5366 f-n
721	0 f	81.0 a-c	131 a	85 ab	5281 g-n
733	0 f	80.0 a-e	129 a	85 ab	5269 g-n
726	10 d-e	69.5 j	130 a	98 ab	5236 g-n
749	2.5 e-f	78.5 a-g	130 a	94 ab	5058 h-n
716	20 c	76.5 b-i	131 a	95 ab	5034 h-n
748	30 b	78.0 b-h	129 a	98 ab	4929 i-n
743	0 f	79.5 a-e	130 a	85 ab	4908 i-n
728	0 f	81.5 a-c	129 a	93 ab	4865 j-n
703	5 e-f	77.5 b-h	129 a	90 ab	4807 k-n

737	0 f	73.0 f-j	129 a	83 b	4689 l-n
709	0 f	77.0 b-h	130 a	83 b	4660 m-n
735	0 f	84.5 a	129 a	85 ab	4258 n

^aMedias con la misma letra dentro de cada carácter son estadísticamente iguales.

Conclusiones

El bajo desarrollo de la enfermedad, no permitió ver cuales genotipos son más susceptibles a las enfermedades y el máximo nivel de tolerancia. La variedad testigo Jupare C200 fue la más sobresaliente pero superada por los genotipos 729,714 ,720 y 747 que presentaron rendimientos superiores a las 7 ton ha. La fecha de siembra intermedia nos permitió conocer la duración del ciclo, de los trigos y los genotipos que presentaron rendimientos superiores.

Literatura citada

Huerta, E. J., Villaseñor, M. H. E., Solís, M. E., Sánchez De la C. R., Herrera, P. P. y Ramírez, R. A. 2009. Monarca F 2007: Variedad de trigo harinero para siembras en El Bajío, Norte y Noroeste de México. Folleto Técnico Núm. 5. México. 6 p.

Reynolds, M. P., Pask, A. J. D., Mullan, D. M. y Chávez-Dulanto, P.N. (eds.). 2013. Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. CIMMYT. México, D. F. 6 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> [consultado el 26 de junio de 2017].

Solís, M. E., Herrera, P. P., Huerta, E. J., Ramírez, R. A, Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. 2005. Gema C 2004 Nueva variedad de trigo cristalino para El Bajío. Folleto Técnico Núm. 3. INIFAP. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 16 p.

Zapata, T. C., Silva, C. P. y Acevedo, H. E. 2004. Comportamiento de isolíneas de altura en relación con el rendimiento y distribución de asimilados en trigo. Agricultura Técnica 64(2):139-155.

RESPUESTA AGRONÓMICA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) A LA APLICACIÓN INDIVIDUAL Y CONJUNTA DE BIOPRODUCTOS EN CONDICIONES DE MACETAS

Alfredo Lino Brito^{58*}, Maribel Apolinar Aguilar⁵⁹, Aurelio García García⁵⁸, Camelia Rosas Máximo⁵⁸ y Diana Agustín Luna⁵⁸

Resumen

Con el objetivo de evaluar dos cepas de microalgas (*Chorela vulgaris* y *Nannochloopsis oculata*) y un biofertilizante comercial (ETS) en aplicaciones individuales y combinadas en la brotación, crecimiento y desarrollo del cultivo de papa, se llevó a cabo un experimento en áreas del Instituto Superior de Tlatlauquitepec, en condiciones de macetas. Las variables respuestas fueron: por ciento de brotación (% B), días después de sembrado (dds) en que alcanza la brotación e índice de velocidad de germinación (IVG) de los tubérculos de papa en la etapa de brotación; en crecimiento y desarrollo se midió, altura semanal hasta los 45 días después de brotados (ddb), cálculo de altura máxima y los días para obtenerla mediante análisis regresión: altura vs días, de igual manera en ese momento 45 ddb se retiraron las plantas (5/replica) y se les midió número y peso (g) de tubérculos por planta, igualmente se procedió al secado de la parte subterránea, separando las raíces de los tubérculos para el secado en estufa a 75°C durante 72 horas, para determinar peso seco (g) de ambas partes de la planta, toda la información obtenida se evaluó mediante un análisis de varianza de bloques al azar y estimación de diferencia mínima significativa (DSMn). Los resultados obtenidos demuestran que cuando se emplea la microalga (*Chorela vulgaris*) de manera

⁵⁸Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL)

⁵⁹Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala (ITAT)

*alfrelino_09@hotmail.com

aislada o en combinación con el biofertilizante se obtienen las mejores respuestas en cuanto a crecimiento y desarrollo del material en estudio, variedad ágata, aumentando el número y peso de tubérculos con el tratamiento combinado de *Chorela vulgaris* y el biofertilizante en 140 y 236% respectivamente con relación al testigo sin aplicación. Tales resultados apuntan a la necesidad de estudiar alternativas de carácter agroecológico como las propuestas, en los sistemas de producción de papa de la región.

Palabras claves: microalga *Chorela vulgaris*, microalga *Nannochloopsis oculata*, biofertilizante ETS

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.), tiene una antigüedad de ocho mil años y fue domesticada por pobladores de Perú que vivían en las proximidades del lago Titicaca (FAO, 2008).

Siendo este tubérculo, el cuarto cultivo de mayor producción en el mundo, después del arroz, el trigo y el maíz; sin embargo en los países desarrollados, Unión Europea (U.E) y los Estados Unidos de América (E.U.A), sus producciones han disminuido en promedio de un por ciento al año en los últimos 20 años (FAO, 2008); mientras que en México el cultivo de papa alcanza un valor cercano a los 11 mil mdp, cifra que lo coloca como el 7° cultivo más importante en el país, siendo su producción anual de 1.7 a 1.8 millones de toneladas (SIAP - SAGARPA, 2014).

Dentro de los estados del país, entre los mayores productores del tubérculo se encuentra el estado de Puebla, con el 8.37% de la producción nacional y el 5.7% en valor; por lo que es un producto de vital importancia para las familias campesinas del estado y de la región de Tlatlauquitepec, donde se desarrolló la investigación, cabe mencionar que la región se ubica en el distrito de Teziutlán, donde se cultiva el 77.83% de las áreas sembradas del tubérculo en el estado (SIAP - SAGARPA, 2015).

En México se calcula que existen alrededor de 900 tipos de agroquímicos y los cultivos en los que se usa el mayor volumen de estos químicos son: maíz, algodón, papa, chile, tomate, frijol, trigo, aguacate, café y tabaco, en cantidades que van desde 395 hasta 13,163 t de agrotóxicos al año, concentrándose el 80% del empleo de los agrotóxicos en 11 estados, donde se halla Puebla (Albert, 2005).

Por lo que hoy en día los sistemas de producción agrarios, más respetuosos con el medio ambiente recaban de una menor utilización de productos químicos, exigiendo tecnologías innovadoras que permitan asegurar los rendimientos y la calidad de los productos agrícolas, minimizando y quizás eliminando los efectos negativos sobre el medio ambiente.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento de dos cepas de microalgas (*Chorela vulgaris* y *Nannochloopsis oculata*) y un producto biofertilizador comercial

(ETS,) así como las combinaciones de las microalgas, con el biofertilizante, en la brotación, crecimiento y desarrollo del cultivo de papa, que permita seleccionar la mejor variante para su posterior utilización en los sistemas de producción del tubérculo en la región.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en cultivo de papa (*S. tuberosum*), variedad Ágata, durante los meses de febrero a mayo del 2017, en áreas del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL), ubicado entre los paralelos 19°38' y 20°03' de latitud Norte, los meridianos 97°23' y 97°37' de longitud Oeste, altitud de 1800 m y con un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2009).

Para el desarrollo del trabajo experimental se emplearon bolsas plásticas de color negro de 5.0 kg de capacidad, las cuales se llenaron con suelo Andosol (Cruz et al., 2007) de dicha localidad, distribuidas en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y cinco plantas por replica.

Los bioproductos empleados fueron: extractos acuosos de dos cepas de microalgas (*Chorela vulgaris* y *Nannochloopsis oculata*), obtenidas de la Academia de Acuicultura del propio ITSTL y un biofertilizante comercial de la localidad de nombre ETS, compuesto por los siguiente microorganismos e ingredientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ficha técnica del biofertilizante, según el fabricante.

Composición	Concentración
Rizobacterias fijadoras de N	1 x 10 ⁵ UFC/g
Hongos solubizadores de P	1 x 10 ⁴ UFC/g
Hongos endomicorrízicos	1 x 10 ³ UFC/g
Bacillus subtilis, B. megaterium y B. cereus var. mycoides	1 x 10 ⁶ UFC/g
Auxinas	400 ppm
Zinc	2000 ppm
Carbono orgánico	19%
Ingredientes inertes	79%
Total	100%

Las dosis de bioproductos utilizadas fueron, de 20 mL L⁻¹ de las microalgas y 5 g planta⁻¹ del biofertilizante; mientras que las aplicaciones para las microalgas fueron tres, al momento de la plantación, a la semana y 37 días después de la brotación (ddb), de los tubérculos

mientras que el biofertilizante se inoculó en siembra. Los tratamientos estudiados se muestran en el Cuadro 2.

Para determinar el efecto de los tratamientos en brotación de los tubérculos, se midió el porcentaje de germinación (considerando las semillas emergidas a la superficie de la tierra sobre el total de la muestra, %), además se calculó para cada replica y tratamiento el índice de velocidad de germinación (IVG) (Maguire, 1962), el cual se procesó según diseño de bloques al azar para análisis de varianza y separación de medias mediante diferencia mínima significativa (DSMn) de acuerdo con los métodos estadísticos para la investigación agrícola (Little y Jackson Hills, 2008), evaluándose los días hasta brotación, tomándose como tiempo límite 21 después de sembrado (dds), los tratamientos.

Cuadro 2. Esquema de los tratamientos.

Tratamientos	Leyenda
1	Testigo, Sin aplicación
2	Microalga (<i>Chorela vulgaris</i>)
3	Microalga (<i>Nannochloopsis oculata</i>)
4	Biofertilizante comercial ETS
5	Microalga (<i>Chorela vulgaris</i>) + Biofertilizante comercial ETS
6	Microalga (<i>Nannochloopsis oculata</i>) + Biofertilizante comercial ETS

Por su parte la respuesta vegetal en etapa de crecimiento y desarrollo se evaluó a través de altura semanal hasta los 45 ddb los tubérculos, momento en que todos los tratamientos habían disminuido su crecimiento, calculando la altura máxima y los días para obtenerla mediante análisis regresión: altura vs días. También en ese momento 45 ddb se extrajeron de las bolsas las plantas (5/replica) y se les midió número y peso (g), de tubérculos por planta igualmente se procedió al secado de parte subterránea, separando las raíces de los tubérculos para secado en estufa a 75°C durante 72 horas, para determinar peso seco (g) de ambas partes de la planta, toda la información obtenida se evaluó mediante un análisis de varianza de bloques al azar y estimación de diferencia mínima significativa (DSMn) de acuerdo con los métodos estadísticos para la investigación agrícola (Little y Jackson Hills, 2008).

Resultados y discusión

En el Cuadro 3 se observa que las dos cepas de microalgas presentaron efecto positivo en los días a emergencia o brotación, así como la velocidad de germinación de los tubérculos;

por su parte el biofertilizante comercial, influye negativamente en el porcentaje, los días a brotación y velocidad de emergencia de los mismos.

En los tratamientos combinados, el biofertilizante impone este efecto limitante a la brotación al emplearse en conjunto con *N. oculata*, ya que demora 21 días la emergencia, no resultando de esa manera cuando se combina el biofertilizante con la microalga *C. vulgaris*, presentando resultado similar al de la microalga aplicada individualmente.

Cuadro 3. Por ciento de brotación (% B), días después de sembrado (dds) e índice de velocidad de germinación (IVG) de los tubérculos de papa.

Tratamientos	% B	dds	IVG
Testigo, Sin aplicación	100	19	0.658bc
<i>C. vulgaris</i>	100	18	0.755a
<i>N. oculata</i>	100	18	0.706ab
ETS	80	21	0.463d
<i>C. vulgaris</i> + ETS	100	18	0.693ab
<i>N. oculata</i> + ETS	100	21	0.654bc

DSM_{0.01} = 0.0859 unidades

El efecto positivo que presentan las microalgas en los días a emergencia y velocidad de brotación de los tubérculos de papa se debe a la composición química de estos organismos, amplia variedad de sustancias promotoras del crecimiento tales como auxinas, citoquininas, giberelinas y sustancias orgánicas como aminoácidos, proteínas entre otras, que promueven la emergencia y desarrollo de los cultivos (Norrie y Keathley, 2005; García y Martel, 2017).

Mientras que el efecto de retraso que provoca el biofertilizante ETS se atribuye a que, los hongos endomicorrízicos antes de efectuar la simbiosis con las raíces de las plantas pasan por una etapa inicial, que asemeja a la de los microorganismos parásitos donde no hay intercambio de metabolitos hacia la planta, por lo cual ocurre una disminución en la velocidad de crecimiento del hospedero (Cuevas, 1998; Hernández, 2000; Pulido, 2002); otro autor en un estudio de coinoculación de hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) en semillas de tomate, encontró que los hongos endomicorrízicos (HMA) y RPCV presentaron efectos en las plantas a los 51 y 17 días respectivamente después de la germinación (Terry, 2005).

En los tratamientos coinoculados, al combinarse con *C. vulgaris* con el biofertilizante presenta resultado similar al de la microalga aplicada individualmente, por lo que esta cepa de microalga impone su efecto estimulador, resultado que no se obtiene al realizar la

combinación de ETS con la cepa *N. oculata*, tales resultados demuestran la influencia del tipo de microalga que se utilice.

El Cuadro 4, muestra la cantidad de días en que los tratamientos en estudio alcanzan la altura máxima, indicador fisiológico del inicio de la tuberización, así como la altura que logran y el análisis de regresión altura vs días y coeficiente de determinación; esta es una fase de fuerte desarrollo vegetativo, que se aminora poco antes de iniciarse la tuberización (Parsons, 2010).

Cuadro 4. Altura máxima (cm), días para alcanzarla (DDB), análisis R²: altura vs días.

Tratamientos	Días para llegar a la altura máxima	Altura máxima (cm)	Análisis de Regresión	
			Ecuación	R ²
1	35	24.76	-1.0952x ² + 10.229x + 0.881	0.9943
2	33	27.32	-1.5087x ² + 13.16x - 1.371	0.9745
3	35	24.95	-1.065x ² + 9.9496x + 1.714	0.975
4	44	27.53	-x ² + 11.736x - 6.9	0.931
5	33	26.73	-1.5693x ² + 13.86x - 3.872	0.9667
6	37	23.47	-1.0202x ² + 10.131x - 1.683	0.9682

R²= Coeficiente de determinación.

Los tratamientos a base de los bioproductos solos (2, 3 y 4), tienen efectos disímiles en cuanto a la duración de la etapa vegetativa, *C. vulgaris* acorta esta fase mientras que el biofertilizante la alarga; eso supone que la tasa de crecimiento en el primer caso y para ese período resulta mayor con la aplicación del alga, *C. vulgaris*, mientras que *N. oculata* no mejora la respuesta del testigo.

La colonización de las raíces de papa por hongos Micorrízicos Arbusculares, depende de los cultivares y especies de microorganismos involucrados (Montierro y Susana, 1983; Moreno, 1998), además estos autores indican que la infección ocurre tarde en la etapa de crecimiento, relacionando la absorción de nutrientes con la infección de raíces debe considerarse que las variedades tempranas y semi-temprana como es ágata tendrán menos beneficio que las tardías que si aprovecharan mejor la simbiosis.

Macedo (1976) y Moreno (1998) coinciden en que los cultivares tempranos de papa, requieren mayor cantidad de nutrientes al inicio del crecimiento y los tardíos al final.

Por su parte los tratamientos combinados de algas y el biofertilizante (5 y 6), también poseen respuestas diferentes, cuando el ETS se puso en coinoculación con *C. vulgaris*, esta última impuso su efecto acortador, en tanto en la combinación con *N. oculata*, el biofertilizante impone su efecto de alargamiento de la fase vegetativa.

Desde el punto de vista agronómico interesa acortar en lo posible la duración de esta etapa, garantizando un desarrollo suficiente de la vegetación (Dogliotti et al., 2011).

Estas diferencias entre los tratamientos que involucran a las microalgas, los autores consideran que se debe al origen de estas, la *C. vulgaris* es una microalga de origen terrestre, considerándose una de las primera forma de vida con un núcleo definido dentro de su membrana celular que surgió en la superficie terrestre, siendo el organismo que contiene mayor contenido de clorofila en la tierra (Zelitch, 1971); por su parte la *N. oculatta*, es de procedencia marina, empleándose en su reproducción NaCl, a razón 15 g L⁻¹ de agua, para semejar la concentración de esta sal en agua salobre (Catalá, 2013).

En el Cuadro 5 se presenta la información referente al peso seco de la parte subterránea (raíz y tubérculos) de la planta, además de los componentes del rendimiento número y peso de los tubérculos por planta.

Cuadro 5. Peso seco de parte subterránea (raíz y tubérculos), número y peso fresco de tubérculo por planta a los 45 DDB.

Tratamientos	Peso seco de raíz/planta (g)	Peso seco de tubérculos/planta (g)	Numero de tubérculos/planta	Peso fresco de tubérculos/planta (g)
1	3.28b	15.0c	10.50b	87.25b
2	4.75a	20.75b	10.75b	120.00b
3	4.40a	17.75bc	10.50b	105.75b
4	5.18a	18.0bc	9.75b	94.50b
5	5.50a	28.50a	14.00a	206.50a
6	4.69a	18.25bc	9.25b	122.50b
DSMn	1.1145** g	4.7709** g	2.9856** U	69.68** g

Para todas las variables evaluadas el análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas; para el caso del peso seco de raíz por planta todos los bioproductos utilizados solos o combinados no mostraron diferencias entre ellos, pero si con respecto al testigo.

Lo que es de gran valor para un cultivo que posee un sistema radical débil y superficial, además de presentar un rápido crecimiento desde los primeros estadios hasta el comienzo de la tuberización (Gutiérrez y Muñoz, 2009).

El resto de las variables, peso seco, número y peso fresco de tubérculos por planta presentaron diferencia altamente significativa a favor del tratamiento 5, el cual combina el empleo de la microalga *C. vulgaris* y el biofertilizante comercial ETS, evidenciando el potencial de ambos productos en combinación para el crecimiento y desarrollo del tubérculo de papa para la variedad ágata, siempre seguido por el tratamiento que empleo la cepa de *C.*

vulgaris en aplicaciones individuales, aunque estadísticamente no tuviera diferencia con el resto de los tratamientos evaluados, como efecto biológico si fue superior.

Tales resultados demuestran que la microalga *C. vulgaris* presenta activación de los microorganismos presente en el biofertilizante, además de su efecto agronómico en las plantas de papa; lo que se debe a componentes presente en las microalgas tales como: polisacáridos de reserva (manitol, fucoidan, laminarano, almidón florideo) y de pared (celulosa y hemicelulosa); macronutrientes: nitrógeno (aminoácidos), potasio, calcio, magnesio, fósforo; bioantioxidantes y activadores (polifenoles, xantofilas, carotenoides, enzimas); fitohormonas y reguladores del crecimiento (citoquininas, oligosacáridos, betaínas), además de biotoxinas, inhibidores y repelentes (compuestos aromáticos y terpenoides halogenados con actividad anti-fúngico,- bacteriano, -insectos,- ácaros, - nemátodos) de microorganismos plagas de suelo, permitiendo de esta manera el establecimiento de la flora beneficiosa (García y Martel, 2017).

Conclusiones

1. Las cepas de microalgas *C. vulgaris* y *N. oculata* estimulan la emergencia y velocidad de brotación de los tubérculos de papa.
2. La microalga *C. vulgaris* es compatible con el biofertilizante ETS.
3. La aplicación conjunta de *C. vulgaris* y el producto biofertilizador ETS tienen efecto positivo en términos de crecimiento y desarrollo del cultivo de papa, lo que justificaría la ejecución de estudios sobre su aplicación conjunta en el manejo nutrimental del cultivo.

Literatura citada

Albert, L. A. 2005. Panorama de los plaguicidas en México. Revista de Toxicología. <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>. [consultado el 5 de marzo de 2017].

Cruz, C., C. Balbontin, F. Paz, J. Etchevers y P. Krasilnikov. 2007. Los suelos de México y su geografía (i). <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/22/68351>. [consultado el 21 de junio de 2017].

Catalá, L. 2013. Contribución al estudio del crecimiento y las posibilidades del aprovechamiento termoquímico de las microalgas *Nannochloropsis gaditana* y

Nannochloropsis oculata. Memoria para optar al Grado de Doctor en Ciencias Químicas. Universidad de Alicante, Escuela Politécnica Superior. Alicante, España. 236 p.

Cuevas, F. 1998. Evaluación agronómica de la nutrición mineral con NPK la aplicación de biopreparados en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un suelo Hidromórfico Gley nodular ferruginoso. Tesis de Maestría. INCA. La Habana, Cuba.

Dogliotti, S., P. Colnago, G. Galván y L. Aldabe. 2011. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas tomate (*Lycopersicon esculentum*), papa (*Solanum tuberosum*) y cebolla (*Allium cepa*), en: Curso de Fisiología de los Cultivos. Módulo Horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. 85 p.

FAO. 2008. La economía mundial de la papa, Información proporcionada por la División de Comercio y Mercados de la FAO. www.potato.org [consultado el 5 de marzo de 2017].

García, R. G. y A. Martel. 2017. Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica. <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Usos-y-aplicaciones-de-macroalgas-microalgas-y.cid221515>. [consultado el 19 de junio de 2017].

Gutiérrez, A. y L. Muñoz. 2009. Manual técnico del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Panamá. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá. Departamento de Publicaciones. Panamá. 80 p.

Hernández, M. I. 2000. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Maestría. INCA. La Habana, Cuba. 86 p.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. La Magdalena Tlatlauquitepec, Puebla. Clave geoestadística 21095. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21043.pdf. [consultado el 19 de junio de 2017].

Little, T. M. y F. J. Hills. 2008. Métodos estadísticos aplicados a la agricultura. Editorial Trillas. México. 271 p.

Macedo, M. C. M. 1976. Absorcao de nutrientes por cultivares nacionais de batatinha *Solanum tuberosum*. Tesis Ing. Agr. Piracicaba, Brasil. 97 p.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science* 2(2):176-177.

Montierro, C. and G. Susana B. 1983. Response of a diverse group of thirty five cultivares to an insothermic environment of the Philipines. Working Paper 83-11. International Potato Center. Región VII. Philipines. 8 p.

Moreno, P. 1998. Inoculación de micorrizas MVA en papa (*Solanum tuberosum*) respuesta en el crecimiento y nutrición de plantas inoculadas en invernadero y en campo. Revista Latinoamericana de la Papa 1:84-103.

Norrie, J. and J. P. Keathley. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine plan extract applications to Thompson seedless grape production. Proceedings of Xth International Symposium on Plan Bioregulators in Fruit Production. Acta Hort. 727(1):243-248.

Parsons, D. B. 2010. Manuales para educación agropecuaria. Area: producción vegetal. Papas. Editorial Trillas. México. 57 p.

Pulido, L. 2002. Hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA, La Habana, Cuba. 148 p.

SIAP - SAGARPA. 2014. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, órgano desconcentrado de la SAGARPA, Estadística, 2014. http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/ivn_csv.aspx. [consultado el 19 de junio de 2017].

SIAP - SAGARPA, 2015. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, órgano desconcentrado de la SAGARPA, Estadística, 2015. http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/ivn_csv.aspx. [consultado el 19 de junio de 2017].

Terry, E. 2004. Microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativas para la producción ecológica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. Amalia). Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA. La Habana, Cuba. 133 p.

Zelitch, I. 1971. Photosynthesis, photorespiration and plant productivity. Academic Press. New York, USA. 348 p.

RENDIMIENTO BIOLÓGICO Y DE GRANO DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO

José Raúl Rodríguez Rodríguez^{60*}, Francisco Javier Ibarra Pérez⁶¹, Oscar Hugo Tosquy Valle⁶¹ y Ernesto López Salinas⁶¹

RESUMEN

El rendimiento biológico es la cantidad de materia seca que produce una planta, también llamada biomasa. En el crecimiento del frijol la acumulación de materia seca es la resultante del balance que ocurre entre el proceso de fotosíntesis y la respiración, mediante el aprovechamiento de la radiación solar, cuando hay una gran intercepción de esta radiación, se provoca un incremento en el área foliar, por lo que se eleva la fuente exportadora de fotosintatos, se incrementa la materia seca y como consecuencia el rendimiento ya que existe una relación muy estrecha entre la producción de grano y la cantidad de biomasa. El objetivo de este ensayo fue determinar el rendimiento biológico y de grano de cuatro genotipos de frijol: Negro Tacaná, Verdín, Negro Comapa y Negro Michigan; para ello en octubre de 2016 se estableció un ensayo en un diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, en el norte del estado de Veracruz. Se registró la precipitación pluvial (mm) y la temperatura media (°C) durante el

⁶⁰Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco.

⁶¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

* rodriguez.jose@inifap.gpb.mx

transcurso del experimento. Las variables de respuesta fueron: materia seca sin grano (kg ha^{-1}) (tallo + valvas), materia seca total (kg ha^{-1}) (tallo + valvas + rendimiento de grano), tasa de crecimiento diario de la biomasa y rendimiento de grano (kg ha^{-1}). Se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de medias se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa (0.05); también se realizaron correlaciones de las variables involucradas, para conocer el grado de asociación con el rendimiento de grano. Las variedades Verdín y Negro Tacaná tuvieron la mayor producción de materia seca total (MST), la tasa más alta de crecimiento diario de la biomasa (TCDB) y el máximo rendimiento. La MST (0.9570**) y la TCDB (0.9704**) estuvieron alta y positivamente correlacionadas con la producción de grano.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, producción diaria de biomasa, producción agronómica

Introducción

El rendimiento biológico es la cantidad de materia seca que producen las plantas, también llamada biomasa (Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1993). En el crecimiento del frijol, la acumulación de materia seca es la resultante del balance que ocurre entre el proceso de fotosíntesis y la respiración, mediante el aprovechamiento de la radiación solar; para aumentar la asimilación de esta energía, se tiene que hacer un mejor aprovechamiento de la disponibilidad de agua, nutrimentos (fertilidad del suelo), densidad de siembra, y en ocasiones hay que recurrir a la asociación de cultivos (Kohashi-Shibata, 1990; Worku et al., 2004; Escalante-Estrada et al., 2014); factores como la cantidad de radiación solar y la temperatura son más difíciles de manipular, pero pueden utilizarse genotipos que respondan bien a estas condiciones. La producción de materia seca se distribuye en los diferentes órganos de la planta, la cual durante su crecimiento convierte los productos de la fotosíntesis en la formación de hojas, tallos y raíces; con el inicio de la floración y poco después, en la etapa de formación de las vainas, empieza a utilizar mayor cantidad de sus recursos. Aunque la planta continúa realizando fotosíntesis, parece que la demanda por nitrógeno llega a ser tan grande que las hojas empiezan a morir y permiten que, en la etapa del llenado de las vainas, la removilización de fotoasimilados o nutrimentos hacia la semilla sea muy fuerte y presente condiciones favorables, para aumentar el número de vainas normales por planta (White, 1991; Andrade et al., 2009; Nascente et al., 2016). Varios investigadores señalan que cuando hay gran intercepción de radiación solar, se provoca un incremento en el área foliar, por lo que se eleva la fuente exportadora de fotosintatos (Gutiérrez-Rodríguez et al., 2004; Gómez y Frankow-Linderberg, 2005; Fageria y Santos, 2008). Lo anterior incrementa la

materia seca y como consecuencia se aumenta el rendimiento, ya que en diversos estudios se ha encontrado una relación muy estrecha entre la producción de grano y la biomasa (Castellanos et al., 1998; Chavarín et al., 2008; Rodríguez et al., 2014). Con base en lo anteriormente descrito, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la producción de materia seca, la tasa de crecimiento diario de la biomasa, el rendimiento de grano, y el grado de dependencia entre las variables registradas, en cuatro genotipos de frijol negro en el norte de Veracruz.

Materiales y métodos

En octubre de 2016 se estableció este experimento de frijol en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, en el norte del estado de Veracruz a 20°02' de latitud norte y 97°05' de longitud oeste, y una altitud de 88 m. Su clima es cálido húmedo Af(m)(e), con precipitación pluvial anual de 1743 mm y temperatura media anual de 24.0°C (García, 1987; Díaz et al., 2006). El trabajo estuvo conformado por cuatro genotipos de frijol: tres variedades comerciales recomendadas para el trópico húmedo de México (Negro Comapa, Negro Tacaná y Verdín) y un testigo regional denominado Negro Michigan. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones; cada parcela experimental estuvo formada por cuatro surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, de la cual se cosecharon los dos surcos centrales como parcela útil. La siembra se realizó a una densidad de población de 250,000 plantas por hectárea, y se condujo bajo condiciones de humedad residual. En la etapa vegetativa se realizó fertilización mineral al suelo con la fórmula 40N-40P-00K, utilizando como fuentes nutrimentales Urea (46% de N) y Fosfato Diamónico (DAP), grado 18-46-0 (López et al., 1994); se hicieron dos escardas con azadón, para mantener el cultivo libre de maleza; hubo presencia de plagas insectiles como doradillas (*Diabrotica* sp.), chicharritas (*Empoasca kraemeri*) y un poco de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), las cuales se controlaron mediante la aplicación de un insecticida a base de imidacloprid (grupo Neoncotinoides) + betacyfluthrin (grupo Piretroides), en dosis de 200 mL ha⁻¹ de producto comercial; se aplicó el fertilizante inorgánico foliar Bayfolan Forte (N-P-K y elementos menores) a 2 L ha⁻¹; además se aplicó el fungicida sistémico Promyl (benomil) en dosis de 0.5 kg ha⁻¹, como preventivo contra las enfermedades de antracnosis, mancha angular y mustia hilachosa, y el fungicida de contacto CUPRAVIT (oxicloruro de cobre) 2 kg ha⁻¹, preventivo contra roya. Durante el ciclo del cultivo se registró la precipitación pluvial (mm) directa del sitio del experimento y la temperatura

media (°C) (WWO, 2016). Las variables de respuesta fueron: producción de materia seca sin grano (kg ha⁻¹), para estimarla se tomaron 10 plantas de la parcela útil, debido a la caída de las hojas al madurar y a la dificultad de extraer del suelo el sistema radical, sólo se consideró la biomasa del tallo y las valvas de la vaina (Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1993) las plantas se colocaron en una estufa a 80°C durante 72 horas, para deshidratarlas; otra variable que se registró fue la materia seca total, la cual se obtuvo al adicionarle el rendimiento de grano a la materia seca, y se registró en kg ha⁻¹; la tasa de crecimiento de la biomasa (kg ha⁻¹ día⁻¹), se obtuvo de dividir la materia seca total entre los días a madurez; también se cuantificó el rendimiento de grano en kg ha⁻¹. Con el paquete la UANL, Versión 2.5, se realizó análisis de varianza de las variables; las medias se compararon con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (0.05); además para conocer la asociación entre las características involucradas, se hizo un análisis de correlación (Olivares, 1994).

Resultados y discusión

Las condiciones ambientales resultaron favorables para una buena expresión de la producción de materia seca (rendimiento biológico) y alta producción de grano (rendimiento agronómico). La precipitación pluvial el ciclo del cultivo fue de 326.50 mm totales y la temperatura media fue de 22.23°C (WWO, 2016). Hubo diferencias altamente significativas entre genotipos en todas las variables evaluadas. Negro Tacaná obtuvo la mayor producción materia seca sin grano (tallo + valvas), estadísticamente similar a la de Verdín y superior a la de Negro Comapa y Negro Michigan (Cuadro 1). En ese mismo Cuadro se muestra que las variedades Negro Tacaná y Verdín obtuvieron la mayor producción de materia seca total (tallo + valvas + rendimiento de grano), superando significativamente a la de los cultivares Negro Comapa y Negro Michigan; también Verdín y Negro Tacaná produjeron una mayor cantidad de biomasa por día, significativamente superior a la de las otras dos variedades; el genotipo Verdín al ser más precoz, invirtió un menor número de días en acumular la materia seca (Kohashi-Shibata, 1990; Andrade et al., 2009; Nascente et al., 2016). Con respecto al rendimiento de grano, Verdín y Negro Tacaná fueron las más productivas, superando significativamente a Negro Comapa y Negro Michigan. El mayor rendimiento biológico y de grano de Verdín y Negro Tacaná, indican una mejor adaptación a las condiciones de humedad residual en que se evaluaron las variedades (Ribeiro et al., 2003).

Cuadro 1. Producción de materia seca sin grano, materia seca total, tasa de crecimiento diario de biomasa total y el rendimiento de grano de cuatro genotipos de frijol. Ciclo otoño-invierno 2016-2017. Campo Experimental Ixtacuaco-INIFAP.

Genotipos	MS	MST	TCB	RG
-----------	----	-----	-----	----

		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ día ⁻¹	kg ha ⁻¹	
Verdín		909.25ab	2733.25a	35.49a	1824a
Negro Tacaná		983.25a	2737.25a	33.37a	1754a
Negro Comapa		886.25 b	2463.25 b	30.41 b	1577 b
Negro Michigan		772.25 c	2236.25 b	27.60 b	1350 c
Promedio		887.75	2514.00	31.456	1582
	ANVA	**	**	**	**
	CV (%)	5.77	5.95	5.87	6.05
	DMS (0.05) †	81.947	239.074	2.955	157.40

MS= Materia seca; MST= Materia seca total; TCB= Tasa de crecimiento diario de la biomasa; RG= Rendimiento de grano; †= Valores medios con la misma letra en cada columna, son estadísticamente similares.

En el Cuadro 2 se muestra que todas las variables estudiadas estuvieron correlacionadas positivamente entre ellas (Castellanos et al., 1998; Gutiérrez-Rodríguez et al., 2004; Chavarín et al., 2008); una mayor producción de materia seca sin grano y total, así como una mayor tasa de crecimiento diario de biomasa, condicionaron a un mayor rendimiento de frijol, lo que explica la mayor producción de grano obtenida por las variedades Verdín y Negro Tacaná.

Cuadro 2. Correlación entre las características de frijol evaluadas de cuatro genotipos de frijol. Ciclo otoño-invierno 2016-2017. Campo Experimental Ixtacuaco-INIFAP.

Características	MST	TCB	RG
Materia seca (MS)	0.7460**	0.6406**	0.5207*
Materia seca total (MST)		0.9747**	0.9570**
Tasa de crecimiento diario de biomasa (TCB)			0.9704**

*= significativo; **= altamente significativo; RG= Rendimiento de grano.

Conclusiones

1. Las variedades Verdín y Negro Tacaná mostraron la mejor adaptación a las condiciones de humedad residual del norte de Veracruz.
2. Estos genotipos de frijol tuvieron una mayor producción de materia seca sin grano, materia seca total y tasa de crecimiento diario de biomasa.
3. Las características anteriores estuvieron correlacionadas entre ellas, e influyeron positivamente en el rendimiento de grano.

Literatura citada

Andrade, C. A., C. A. Scapim, A. Braccini e D. Martorelli. 2009. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. *Acta Scientiarum. Agronomy* 31(4):683-688.

Castellanos, J., J Peña-Cabriales, V. Badillo, A. Aguilar-Santelises, J. Acosta-Gallegos y A. Rodríguez-Guillén. 1998. Características agronómicas del frijol asociadas a la capacidad de fijación N₂ en el centro de México. *TERRA* 6(4):351-357

Chavarín, I., R. Lépiz y J. López. 2008. Fenología y acumulación de materia seca en variedades de frijol de diferente hábito de crecimiento. p. 25-30. In: *Avances de la Investigación Científica en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)*. Universidad de Guadalajara, México.

Díaz, P. G., J. A. Ruiz C., M. A. Cano G., V. Serrano A. y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.

Escalante, E. J. A. y J. Kohashi-Shibata. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 84 p.

Escalante-Estrada, J. A., T. Rodríguez-González y J. A. Escalante-Estrada. 2014. Tasa de crecimiento de biomasa y rendimiento de frijol en función del nitrógeno. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 2(1):1-8.

Fageria, N. and A. Santos. 2008. Yield physiology of dry beans. *Journal of Plant Nutrition* 31:983-1004.

García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4^a ed. UNAM. México, D. F. 130 p.

Gómez O. and B. Frankow-Linderberg. 2005. Yield formation in Nicaraguan landraces of common bean compared to bred cultivars. *Journal of Agricultural Science* 143(5):369-375.

Gutiérrez-Rodríguez, M., J. A. Escalante-Estrada, T. Rodríguez-González y M. Reynolds. 2004. Índices de reflectancia y rendimiento en frijol con aplicaciones de nitrógeno. *Terra Latinoamericana* 22:409-416.

- Kohashi-Shibata, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 44 p.
- López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores Núm. 7. SARH. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- Nascente, A., M. Carvalho and P. Rosa. 2016. Growth, nutrient accumulation in leaves and grain yield of super early genotypes of common bean. *Pesquisa Agropec. Trop. Goiana* 46(3):292-300.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (programa de cómputo) versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.
- Ribeiro, N., L. Hoffmann Jr., M. Stroschein and S. Possebon. 2003. Genotype x environment interaction in common bean yield and yield components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 3(1):27-34.
- Rodríguez, R. J. R., O. H. Tosquy V. y E. López S. 2014. Producción de materia seca de frijol en cinco fechas de siembra durante el ciclo otoño-invierno en el norte de Veracruz. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3):465-470.
- White, J. 1991. Conceptos básicos de la fisiología de frijol. p. 43-56. In: López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). *Frijol: Investigación y producción*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Worku, W., A. Skjelvagb and H. Gislerrdb. 2004. Responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to photosynthetic irradiance levels during three phenological phases. *Agronomie EDP Sciences* 24(5):267-274.
- WWO (World Weather Online). 2016. Martínez de la Torre Historical Weather, México. <https://www.worldweatheronline.com/v2/historical-weather.aspx?> [consultado el 16 de mayo de 2017].

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO

José Raúl Rodríguez Rodríguez^{62*}, Oscar Hugo Tosquy Valle⁶³, Francisco Javier Ibarra Pérez⁶³ y
Ernesto López Salinas⁶³

Resumen

El rendimiento del frijol común es la resultante de diversos factores de la producción que interactúan con el ambiente y determinan su comportamiento productivo. Varias características son deseables en los cultivares que utilizamos. Algunos de estos factores son manipulables por el hombre como la selección de variedades, las plantas por hectárea, la fecha de siembra, etc.; todas ellas modifican las condiciones circundantes, para favorecer el desarrollo de la planta y para que ésta exprese su máximo potencial de producción. El objetivo del presente trabajo fue identificar genotipos de frijol negro de alto rendimiento, bajo condiciones de humedad residual para la zona norte del estado de Veracruz. En octubre de 2016 se estableció un ensayo uniforme de rendimiento de genotipos de frijol en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP. Se evaluaron 12 líneas avanzadas de frijol negro y dos

⁶² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco.

⁶³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

*rodriguez.jose@inifap.gpb.mx

testigos regionales (Negro Comapa y Negro Grijalva) liberados para el trópico húmedo de México. Se utilizó el diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones. Se registró la precipitación pluvial (mm) y la temperatura media (°C) ocurridas durante el ciclo del cultivo. Las variables medidas fueron: días a floración media, días a madurez fisiológica, producción de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano. Los datos se analizaron estadísticamente y para la comparación de medias se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 0.05. Se realizaron análisis de correlación, para determinar el grado de asociación de las diferentes variables con el rendimiento. El genotipo Negro Citlali /XRAV 187-3-1-8, fue el más precoz, mostró el mayor número de vainas por planta y el mayor rendimiento de grano. Los valores de la correlación asociados con el mayor rendimiento fueron los días a madurez fisiológica ($r = -0.5480^*$) y el número de vainas por planta ($r = 0.8895^{**}$).

Palabras clave: Phaseolus vulgaris, precocidad, componentes del rendimiento

Introducción

El rendimiento del frijol común es la resultante de muchos factores que interactúan con el ambiente y determinan el comportamiento de cada genotipo. Varias características son deseables en los cultivares que utilizamos (Rodríguez y Orellana, 1990; Singh, 2001; Ribeiro et al., 2003). Algunos aspectos son manipulables por el hombre como la selección de variedades, número de plantas por hectárea, fecha de siembra, etc.; todas ellas tendientes a modificar las condiciones circundantes, para favorecer el desarrollo, y que la planta exprese su máximo potencial de producción (Kohashi-Shibata, 1990). Uno de los factores que se puede aprovechar es la madurez fisiológica; generalmente los genotipos más tardíos en madurar tienen mayor producción (CIAT, 1989); debido a que los materiales precoces tienen limitaciones, como la reducción de la fotosíntesis, bajo potencial de producción y poca acumulación de materia seca total, lo cual provoca un menor número de puntos reproductivos, y por lo tanto, menor rendimiento (Mduruma et al., 1998; Rodríguez y Orellana, 1990), sin embargo, algunas variedades arbustivas rinden bien aunque tengan un período de floración más corto, lo cual puede ayudarles a escapar a factores adversos y reducir los riesgos por exposición prolongada a ciertos factores limitantes como la sequía (Rosas, 2003; Vizgarra et al., 2012; Rodríguez-Rodríguez et al., 2014). Ya se dijo que el rendimiento del frijol es inducido por una serie de factores que influyen entre otras cosas en el número de vainas por planta, que es una de las características más estrechamente relacionada con la producción de grano; lo más importante es mantener un buen equilibrio entre todos los

componentes que influyen en obtener una buena cosecha (Mebrahtu et al., 2001; Salehi et al., 2008; Morojele et al., 2016). En muchos estudios se ha intentado seleccionar uno sólo de los componentes, para incrementar el rendimiento, pero han fracasado, debido a que en el frijol existe un fenómeno denominado “compensación de componentes”, y al aumentar la magnitud de alguno de ellos, los otros se reducen, ya que la planta trata de mantener un equilibrio en el rendimiento; por ejemplo un aumento en el número de vainas, puede provocar una reducción en el número de granos por vaina, o en el peso del grano (White, 1991). El objetivo de este ensayo fue identificar genotipos de frijol negro de alto rendimiento, bajo condiciones de humedad residual para el norte de Veracruz.

Materiales y métodos

Durante el ciclo otoño-invierno, en el mes de octubre de 2016 se estableció un ensayo uniforme de rendimiento de genotipos de frijol en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, en el municipio de Tlapacoyan, en el norte de Veracruz, a 20°02'45" de latitud norte y 97°05'45.4" de longitud oeste, y una altitud de 88 m. Su clima es cálido húmedo Af(m)(e), con precipitación pluvial anual de 1743 mm y temperatura media anual de 24°C (García, 1987; Díaz et al., 2006). Se evaluaron 12 líneas experimentales, junto con las variedades comerciales Negro Comapa y Negro Grijalva (testigos regionales). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones y parcelas de tres surcos de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, de la cual se cosechó el surco central como parcela útil. Los genotipos se sembraron a una densidad de 250,000 plantas por hectárea, y se condujeron bajo condiciones de humedad residual. En la etapa vegetativa del cultivo se realizó fertilización mineral al suelo con la fórmula 40N-40P-00K, utilizando como fuentes nutrimentales urea (46% de N) y fosfato diamónico (grado 18-46-0) (López et al., 1994); se hicieron dos escardas manuales para mantener el cultivo libre de maleza. Hubo presencia de plagas insectiles como: doradilla (*Diabrotica* sp.), chicharrita (*Empoasca kraemeri*) y mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), por lo cual se aplicó un insecticida a base de imidacloprid (grupo Neoncotinoides) + betacyfluthrin (grupo Piretroides), en dosis 200 mL ha⁻¹ de producto comercial. Se registró la precipitación pluvial (mm) y la temperatura promedio (°C) (WWO, 2016), ocurridas durante el ciclo del cultivo, y el número de días en que cada genotipo llegó a las etapas fenológicas de floración y madurez fisiológica, cuando el 50% de las plantas llegaron a cada fase; en la época de cosecha se cuantificó el número de vainas por planta (registrando el promedio de 10 plantas con competencia completa), el número promedio de

granos por vaina (registrado en 20 vainas de la parte media de la planta) y para definir el tamaño de semilla se tomó el peso de 100 granos (g), Para calificar la reacción de los genotipos a la incidencia de enfermedades, se utilizó la escala de 1 a 9 del CIAT, (1987) en donde: 1 significa la mayor resistencia, y 9 es la mayor susceptibilidad. El grano cosechado de cada parcela se limpió, pesó y transformó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Con los datos de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza, y en los casos en que se detectó significancia, para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad de error (DMS, 0.05); también se realizaron correlaciones simples, para determinar el grado de asociación de las diferentes variables, con el rendimiento de frijol (Olivares, 1994).

Resultados y discusión

Durante el ciclo del cultivo ocurrió una precipitación total de 326.5 mm, de los cuales, 185.31 (56.7%) cayeron antes de la floración, 129.63 (39.7%) durante la formación y el llenado de vainas, y los 11.56 mm restantes (3.6%), después de la madurez fisiológica. La temperatura media fue de 22.23°C (WWO, 2016), es decir, las condiciones ambientales resultaron favorables para una buena expresión del rendimiento, ya que según Rosas, (2003); Ruíz-Corral et al. (2013), son necesarios de 300 a 500 mm de precipitación bien distribuidos en el ciclo, y una temperatura media entre 18 y 24°C. Hubo una ligera incidencia del hongo de la Mustia hilachosa (*Tanathephorus cucumeris*), pero no afectó significativamente el rendimiento, ni hubo reacción diferencial de los genotipos a esta enfermedad, todos tuvieron calificaciones de entre 1 y 2, (daño menor al 5%) (CIAT, 1987). Hubo diferencias altamente significativas, en los días a madurez fisiológica y rendimiento de grano, y significativas en la cantidad de vainas por planta. No se encontró significancia en los días a floración media, número de granos por vaina y peso de 100 semillas. El Cuadro 1, muestra que en madurez fisiológica se tuvo una variación de 76.3 a 83.6 días. Negro Citlali/XRAV 187-3-1-8, fue el genotipo que mostró el menor tiempo en alcanzar su madurez, significativamente inferior al del resto.

La precocidad puede representar un mecanismo de “escape” de las plantas a los periodos de sequía, que comúnmente ocurren en las siembras de humedad residual en el estado de Veracruz (Frahm et al., 2004). En cuanto al número de vainas por planta, se tuvo una variación desde 10.6 hasta 26.5 vainas. En este componente del rendimiento, la línea Negro Citlali/XRAV 187-3-1-8 obtuvo la mayor cantidad, estadísticamente similar, a la obtenida por las líneas Jamapa Plus/XRAV-3-1-8, Jamapa Plus/XRAV-3-4-4 y Papaloapan/SEN 46-3-7,

pero superior al resto de los genotipos. Esta característica está fuertemente ligada al rendimiento (Valderrama et al., 1997; Mebrahtu et al., 2001; Salehi et al., 2008). La remobilización de asimilados, relación fuente-demanda, el número de vainas por planta y la interacción con las condiciones ambientales, tuvieron un efecto positivo en el genotipo Negro Citlali/XRAV 187-3-1-8, que obtuvo el mayor rendimiento (Kohashi-Shibata, 1990; Mebrahtu et al., 2001; Ribeiro et al., 2003), el cual fue estadísticamente semejante al de otros seis genotipos, incluida la variedad Negro Grijalva, y superior, a los demás. En general, se logró alta producción, con diferencias genéticas en las líneas de frijol (Mebrahtu et al., 2001; Morojele et al., 2016). Los resultados obtenidos señalan que se puede lograr buen rendimiento, aún cuando un determinado genotipo, tenga una madurez precoz (Rodríguez y Orellana., 1990; Rosas, 2003; Rodríguez-Rodríguez et al., 2014).

Cuadro 1. Días a madurez fisiológica, vainas por planta y rendimiento de grano de 14 genotipos de frijol evaluados en Tlapacoyan, Ver. Ciclo otoño-invierno de 2016-2017.

Genotipos	Madurez fisiológica (días después de siembra)	Vainas por planta	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Negro Citlali/XRAV 187-3-1-8	76.3 d	23.5a	1875.6a
Jamapa Plus/XRAV-3-1-8	82.6ab	21.8ab	1775.3ab
Jamapa Plus/XRAV-3-4-4	79.3 c	17.9abc	1759.3ab
Papaloapan/SEN 46-3-7	82.3ab	17.2abc	1755.3ab
Negro Citlali/XRAV 187-3-1-6	81.0 bc	17.1 bcd	1729.3ab
Negro Grijalva	82.3ab	16.0 bcde	1723.6ab
Papaloapan/SEN 46-6-6	82.3ab	15.8 bcde	1645.3abc
Jamapa Plus/XRAV-3-1-2	81.3 bc	13.3 cde	1609.0 bcd
Papaloapan/SEN 46-7-11	79.6 c	15.2 cde	1609.0 bcd
Papaloapan/SEN 46-7-7	83.6a	14.2 cde	1602.6 bcd
Negro Citlali/XRAV 187-3-14-7	83.6a	15.1 cde	1537.6 bcd
Negro Citlali/XRAV 187-3-16-7	83.0ab	15.0 cde	1472.6 cd
Negro Comapa	81.3 bc	10.8 cde	1443.6 cd
Negro Citlali/XRAV 187-3-14-6	83.0ab	10.6 e	1374.6 d
PROMEDIO	81.6	16.0	1636.7
ANVA	**	*	**
CV (%)	1.64	23.47	8.75
DMS (0.05)†	2.2480	6.303	240.27

†= Valores medios con la misma letra en cada columna, son estadísticamente similares.

El Cuadro 2, señala que los días a madurez fisiológica se relacionaron significativa y negativamente con el rendimiento de grano ($r=-0.5480^*$), en general, los genotipos más precoces fueron los más rendidores, esto no concuerda con lo que señalan algunos autores, que indican, que la tendencia normal es que entre más largo sea el ciclo es mayor el rendimiento; no obstante, en varios estudios se han identificado genotipos de frijol con un ciclo más corto de madurez, pero con alto rendimiento (Rosas, 2003; Rodríguez-Rodríguez et al., 2014; Tosquy et al., 2014). A su vez, la cantidad de vainas por planta estuvo alta y positivamente correlacionada con una mayor producción de frijol ($r=0.8895^{**}$), lo cual coincide con lo señalado por Mebrahtu et al. (2001) y Bhushan et al. (2007), en el sentido de que ésta variable es uno de los componentes más importantes del rendimiento de grano.

Cuadro 2. Significancia detectada en los análisis de correlación realizados entre el rendimiento y las variables cuantificadas en el Ensayo Uniforme de Rendimiento. Tlapacoyan, Ver. Ciclo otoño-invierno 2016-2017.

Característica	Días a floración	Días a madurez	Número de vainas por planta	Granos por vaina	Peso de 100 granos
Rendimiento	0.1036 ns	-0.5480*	0.8895**	0.1772 ns	0.3730 ns

ns= no significativo; *= signifiactivo; **= altamente significativo.

Conclusiones

1. Negro Citlali/XRAV 187-3-1-8, fue el genotipo más productivo, aunque su rendimiento fue estadísticamente similar al de otras cinco líneas recombinantes y al testigo regional Negro Grijalva.
2. Este cultivar también mostró el menor tiempo en alcanzar la madurez fisiológica y el mayor número de vainas por planta.
3. Los valores que se asociaron con la mayor producción fueron negativamente los días a madurez fisiológica ($r=-0.5480^*$), y positivamente el número de vainas por planta ($r=0.8895^{**}$).

Literatura citada

Bhushan, K., B. Singh, R. Dubey and H. Ram. 2007. Correlation analysis for seed yield in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Pantnagar Journal of Research 5(1):104-106.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1989. Progreso en la investigación y producción de frijol común. Publicación CIAT. No. 23. Cali, Colombia. 462 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. A. van Schoonhoven y Marcial Pastor-Corrales (comps.). Cali, Colombia 56 p.
- Díaz, P. G., J. A. Ruiz C., M. A. Cano G., V. Serrano A. y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Veracruz (período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 292 p.
- Frahm, M., J. C. Rosas, N. Mayek-Pérez, E. López-Salinas, J. A. Acosta-Gallegos and J. Kelly. 2004. Breeding beans to resistance to terminal drought in the lowlands tropics. *Euphytica* 136:223-232.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª. ed. UNAM. México, D. F. 130 p.
- Kohashi-Shibata, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 44 p.
- López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores Núm. 7. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- Mduruma, Z., S. Nchimbi-Msolla, S. Reuben and R. Misangu. 1998. Evaluation of maturity characteristics and of yield components of high protein bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties in Morogoro, Tanzania. *Tanzania J. Agric. Sc.* 1(2):131-140.
- Mebrahtu, T., T. Andebrhan and A. Mohamed. 2001. Environmental effects on yield and agronomic traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Virginia Journal of Science* 52(1):35-43.
- Morojele, M., R. Phupu and L. Sefume. 2016. Variability in yield and yield components among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Global Journal of Agricultural Research* 4(5):1-9.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (programa de cómputo) versión 2.5. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.

Ribeiro, N., L. Hoffmann Jr., M. Stroschein and S. Possebon. 2003. Genotype x environment interaction in common bean yield and yield components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 3(1):27-34.

Rodríguez, R. y C. Orellana. 1990. Mejoramiento del rendimiento y la precocidad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agronomía Mesoamericana* 1:15-19.

Rodríguez-Rodríguez, J. R., E. López-Salinas y O. H. Tosquy-Valle. 2014. Genotipos de frijol negro y su tolerancia a la sequía terminal en Veracruz. México. p. 79-88. In. *Memorias 3er. Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas*. Chapingo, Texcoco. Edo. de México.

Rosas, J. C. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. *Ciencia y Producción Agropecuaria*. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 2a. ed. Imprenta Litocom. Tegucigalpa, Honduras. 57 p.

Ruíz-Corral, J. A., G. Medina, I. González, H. Flores, G. Ramírez, C. Ortiz et al. 2013. Requerimientos agroecológicos de los cultivos. Libro Técnico No. 3. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.

Salehi, M., M. Tajik and A. Ebadi. 2008. The study of relationship between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with Multivariate Statistical Methods. *American-Eurasian J. Agric. & Environment Sci.* 3(6):806-809.

Singh, S. P. 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. *Crop Science* 41:1659-1675.

Tosquy, V. O. H., E. López S., N. Francisco N., J. Acosta G. y B. Villar S. 2014. Genotipos de frijol negro y opaco resistente a sequía terminal. *REMEXCA* 5(7):1205-1217.

Valderrama, S., C. Núñez y A. Duarte. 1997. Evaluación de 26 genotipos de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de vega del río Arauca. *Agronomía Colombiana* 24(2):127-137.

Vizgarra, O., C. Espeche y D. Ploper. 2012. TUC 300: nueva variedad de poroto negro de ciclo corto para el Noroeste Argentino. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 89(2):37-46.

White, J. 1991. Conceptos básicos en fisiología de frijol. p. 43-60. In: López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). *Frijol: Investigación y producción*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.

WWO (World Weather Online). 2016. Martínez de la Torre Historical Weather, México. <https://www.worldweatheronline.com/v2/historical-weather.aspx?> [consultado el 15 de mayo de 2017].

USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE MALANGA (*Colocasia esculenta* L. Schott) CON RIEGO PRESURIZADO EN TABASCO, MEXICO

Rutilo López López^{64*} y Miguel Ángel Ramírez Guillermo⁶⁴

Resumen

La escasa información y el desconocimiento sobre el manejo del agua en el cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) ocasiona un bajo uso eficiente del agua. El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación hidráulica de los sistemas de riego (aspersión y goteo) utilizados en el cultivo de malanga para conocer sus coeficientes de uniformidad (CU) y determinar el uso eficiente del agua a partir de las láminas de riego aplicadas al cultivo de malanga en el municipio de Cunduacán, Tabasco. Se evaluaron hidráulicamente los métodos de aspersión con cañones y goteo con cintas para determinar la eficiencia con la que se está manejando y la uniformidad con la que se está aplicando el agua de riego. Se tomaron datos de rendimiento del cultivo de 2012 a 2016 y las láminas de riego aplicadas al cultivo de acuerdo con la bitácora del productor cooperante para obtener los valores de productividad del agua. El sistema de riego por aspersión resultó con un

⁶⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

* lopez.rutilo@inifap.gob.mx

Coefficiente de Uniformidad de Christiansen del 64%, menor que 80%, valor mínimo que se considera como uniformidad de riego aceptable, esto significa que la distribución espacial del agua sobre el terreno no es satisfactoria. Como resultado de la evaluación del sistema de goteo, se obtuvo que el sistema tiene un $CU_{25\%}$ de 89.9%, lo que indica una buena uniformidad de distribución. Con base en los resultados obtenidos se concluye el sistema de riego por aspersión con cañones tuvo un coeficiente de uniformidad menor que el aceptable y el sistema de goteo tuvo una uniformidad de distribución aceptable. Los rendimientos del cultivo son similares en ambos métodos de riego y el sistema de goteo tuvo un ligero incremento en el Uso Eficiente del Agua a partir de láminas de riego con dosis pequeñas y mayor frecuencia.

Palabras clave: riego por aspersión, riego por goteo, evaluación hidráulica

Introducción

La malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) pertenece a la familia de las Aráceas con amplia distribución en las zonas tropicales y subtropicales (Lebot, 2009). Es un cultivo importante en términos energéticos, las partes utilizables son los tallos subterráneos tuberosos, que contienen entre un 15 y un 39% de carbohidratos, 2-3% de proteína y un 70-77% de agua y un valor nutritivo comparable al de las papas, y probablemente de mayor digestibilidad. Un uso secundario es el consumo de las hojas tiernas. Kaushal et al. (2015) mencionan que los cormos subterráneos contienen desde un 70 a 80% de almidón. Sin embargo, el cultivo es subutilizado en gran parte del mundo, debido a la falta o escasa información sobre el manejo agronómico y uso eficiente del agua (Uyeda et al., 2011; Mabhaudhi et al., 2013).

La producción mundial de malanga en el 2013 fue de poco más de 10 millones de toneladas. El principal productor es Nigeria, seguido de China, Ghana y Camerún (FAOSTAT, 2015). El cultivo de malanga requiere condiciones de clima cálido y húmedo, con mucha radiación solar. En México se cultiva en la zona tropical de Oaxaca, Veracruz y Tabasco. Se reportan otros ensayos con buen potencial productivo en Tamaulipas y Sinaloa, donde en este último Estado reportan rendimientos de 38.8 t ha^{-1} de malanga en condiciones de riego y peso promedio del tubérculo de 1.4 kg. El ciclo del cultivo de la malanga varía según las condiciones ambientales, por ejemplo, en el sur de Sinaloa, la duración es de 11 a 12 meses cuando el cultivo se establece en invierno, y de 9 a 10 meses cuando la siembra es en verano (Pérez, 2011), similar a lo que ocurre en Tabasco.

La disponibilidad de agua es un factor limitante para la producción agrícola y una amenaza en la seguridad y producción alimentaria. Por tal motivo, es importante que el agua se utilice

de manera racional mediante la aplicación de láminas de riego basadas en la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y métodos de riego eficientes que optimicen el agua de riego.

Sivan (1995) estudió la tolerancia a la sequía de dos variedades de malanga, así como de la *Xanthosoma sagittifolium* y observó que la conductancia estomática, el número de hojas y el área foliar de ambos cultivares disminuyeron en respuesta al estrés hídrico. En un estudio separado, Sahoo et al. (2006) sometieron un híbrido de malanga al estrés hídrico usando polietilenglicol (PEG) y observaron diferencias significativas en los parámetros de crecimiento, la altura de planta, el número de hojas y el área foliar, así como la reducción del rendimiento en respuesta al estrés hídrico. Por otra parte, Uyeda et al. (2011) evaluaron la respuesta de tres variedades comerciales de malanga a cinco niveles de riego. Encontraron que las tasas basadas en la evapotranspiración de referencia (ET_o), la aplicación de 150% de ET_o maximiza el rendimiento de cormos. Sahoo et al. (2006) concluyeron que el desarrollo de variedades tolerantes a la sequía en malanga es posible. Uyeda et al. (2011) mencionaron que las variedades de malanga pueden adaptarse en la producción con limitaciones hídricas. Como tal, es necesario evaluar las respuestas de las variedades locales de malanga al estrés hídrico y determinar su uso eficiente de agua en diferentes regímenes hídricos. Tal información permitiría la promoción de la malanga en áreas de temporal con lluvias limitadas, pero con acceso a riego.

Mabhaudhi et al. (2013) en un estudio para evaluar el crecimiento, el rendimiento y la eficiencia del uso del agua de tres variedades criollas de malanga en diferentes regímenes hídricos (30, 60 y 100% de la ET_c) donde se usó riego por goteo aplicándose tres veces por semana. Concluyeron que las variedades criollas de malanga mostraron una emergencia lenta y desigual. La conductancia estomática fue 4 y 23% menores que 60 y 30% de ET_c, respectivamente, comparado con el 100% de ET_c. Los parámetros de crecimiento de las plantas (altura de la planta, número de hojas e índice de área foliar (IAF)) disminuyeron entre el 5 y 19% al 60 y al 30% de ET_c, respectivamente, comparada con el 100% ET_c. El rendimiento de malanga fue de 15 y 46 % mayor en riego óptimo con respecto al 60 y 30% ET_c, respectivamente. No obstante, la eficiencia del uso del agua se mantuvo relativamente sin cambios (0.22-0.24 kg m⁻³) en diferentes regímenes hídricos.

El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación hidráulica de los sistemas de riego (aspersión y goteo) utilizados en el cultivo de malanga para conocer sus coeficientes de uniformidad (CU) y determinar el uso eficiente del agua a partir de las láminas de riego aplicadas al cultivo de malanga en el municipio de Cunduacán, Tabasco.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en una superficie de una hectárea con la Asociación de Productores de malanga de la Ranchería Morelitos (Cumuapa 1ª. Sección) del municipio de Cunduacán, Tabasco, ubicado geográficamente a los 18°01'23.2" LN y 93°01'11.2" LO. El clima de la zona es identificado como cálido húmedo. Según la clasificación de Koeppen modificado por E. García (2004) es: Am (f)w''(i')g, donde Am, significa que es un clima cálido-húmedo tropical con lluvias abundantes en verano, f, significa que ocurre un porcentaje de lluvias invernales mayor del 10.2 con respecto a la precipitación total anual, w'', significa que existe una estación seca y corta en primavera, i', significa que existe en el área una diferencia de temperatura entre la máxima y la mínima de aproximadamente 6°C, y g indica que el mes más caliente es antes del solsticio de verano.

Los suelos son Fluvisoles éutricos que se caracterizan por tener una saturación de bases igual o mayor que 50%, entre 20 y 50 cm de profundidad, tienen buena permeabilidad, son profundos, de texturas medias o medias sobre gruesas, de poco desarrollo (presentan únicamente horizontes A y C diferenciados por el grosor del sedimento aluvial), suficientemente ricos en nutrimentos y materia orgánica, con buena agregación, muy buena actividad biológica y buen drenaje superficial.

El objetivo principal de la evaluación de un sistema de riego es determinar la eficiencia con la que se está manejando y la uniformidad con la que se está aplicando el agua de riego. En el año 2012 se implementó un sistema semiportátil de aspersión con cañones, donde la separación entre laterales y aspersores fue de 36 x 21 m, el gasto del aspersor es de 6 L s⁻¹ a una presión de 3.5 kg cm⁻², el diámetro de mojado es de 36 m, sin embargo, para garantizar un área de mojado uniforme se utilizó dicha separación. El tiempo de riego fue de 40 minutos por posición, considerando que el intervalo de riego es de 5 días, de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo, la lámina de riego aplicada en promedio fue 5 mm por día en días completamente despejados.

La aplicación del riego se basó en la ET_c, donde los valores de la evapotranspiración de referencia (ET₀) se obtuvieron a partir de datos de evaporación de tanque de una Estación Meteorológica tradicional por el coeficiente de tanque asumido igual a 0.8 (Ec. 1).

$$ET_0 = K_t E_v \quad (1)$$

Donde K_t es el coeficiente de tanque asumido igual a 0.8 y E_v es la evaporación en mm por día.

Los valores del coeficiente de cultivo (K_c) para la malanga fueron descritos por Fares (2008) con K_c_{initial} = 1.05 (2 meses), K_c_{med} = 1.15 (4 Meses) y K_c_{late} = 1.1 (1 mes). Usando valores de K_c y ET₀, el requerimiento hídrico del cultivo (ET_c) fue calculado, usando el enfoque de coeficiente de cultivo único:

$$ET_c = K_c ET_0 \quad (2)$$

El coeficiente de uniformidad de riego fue definido por Christiansen (1942) para el riego por aspersión se usa para medir la uniformidad de la pluviometría dada por un aspersor o sistema de aspersores (Ec. 3).

$$CU_c = 100 \left(1 - \frac{\sum_1^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right) \quad (3)$$

donde:

$|x_i - \bar{x}|$ representa en valor absoluto, las desviaciones con relación a la media \bar{x} del agua captada por n pluviómetros.

Para la evaluación del sistema de riego por aspersión se utilizó el método propuesto por la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) Standard S330.1 (ASAE, 1991).

En el año 2015 se implementó un sistema de riego por goteo con cintas calibre 6000, emisores con gasto de un l h⁻¹ a una presión de 1 kg cm⁻² separados a 20 cm, con cubierta plástica plateado negro.

Para la evaluación hidráulica del sistema de riego por goteo se utilizaron criterios más exigentes y se define un coeficiente de uniformidad, CU, según la Ecuación 4:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_m} \quad (4)$$

donde: q_m es el caudal medio de todos los emisores de la instalación y q₂₅ es el caudal medio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

Dentro de las secciones que se eligieron para evaluar el procedimiento consistió en aforar durante 36 segundos, cuatro emisores de cuatro líneas regantes (con una repetición) en una unidad de riego siendo en caso de goteros, el primero, el último y dos equidistantes de la parte central. En caso de líneas regante la regla es la misma que en goteros, quedando la parte de la unidad de riego aforada como en la Figura 1.

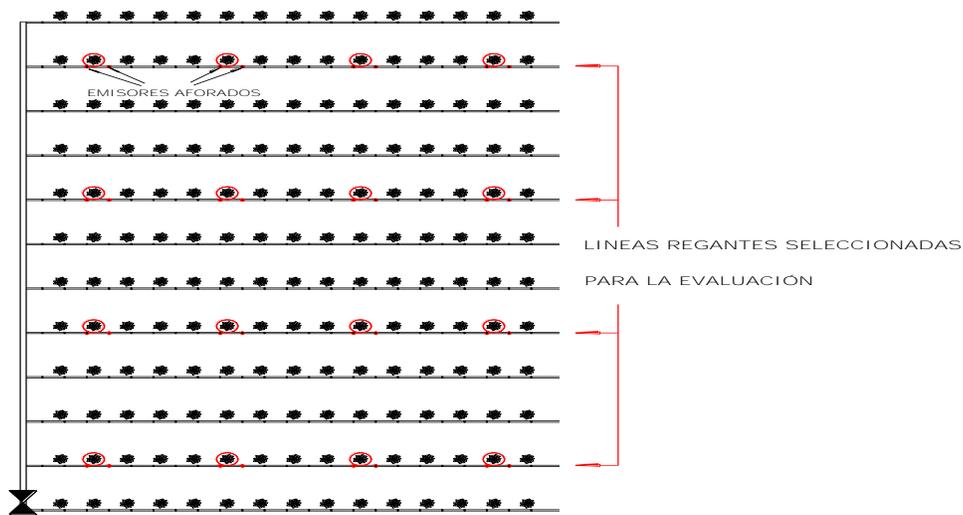


Figura 1. Líneas regantes seleccionadas para la evaluación de la unidad de riego por goteo.

Los volúmenes de agua colectados en el campo, se ordenaron de mayor a menor para obtener los valores q_{\min} , q_m y q_{\max} , para después calcular el coeficiente de uniformidad de riego de la subunidad mediante la Ec. 4

Para comparar este coeficiente se utilizaron otros dos coeficientes relacionados (Ec. 5 y 6)

$$CU = \frac{q_{\min}}{q_m} \quad (5)$$

donde: q_{\min} , es el caudal más bajo de la sección y q_m definido en la Ec. 5.

$$U_s = 100(1 - CV) = 100 \left(1 - \frac{\sigma}{q_m} \right) \quad (6)$$

donde: U_s , coeficiente de uniformidad estadística, en porcentaje;

CV , coeficiente de variación del caudal en el emisor;

σ , desviación estándar del caudal en el emisor y

q_m , media del caudal o volumen en el emisor.

Para comparar la variación del caudal con respecto al caudal de diseño se empleó la siguiente formula, de la norma NMX-O-167-SCFI-2001

$$\frac{q_d - q_m}{q_m} \leq 0.1 \quad (7)$$

donde: q_m , es el gasto medio de la muestra de emisores de una subunidad, en $L h^{-1}$ y

q_d , es la descarga (gasto) de diseño (en este caso proporcionado por el fabricante), en $L h^{-1}$

Y para compararlo con los gastos máximo y mínimo se empleó la Ec. 8 de la norma antes mencionada

$$\frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\min}} \cdot 100 \leq 12\% \quad (8)$$

donde: q_{\max} , es el gasto del 5 % máximo de la muestra de emisores, de una subunidad, en L h⁻¹ y

q_{\min} , es el gasto del 25 % mínimo de la muestra de emisores, de una subunidad, en L h⁻¹

Los datos de rendimiento del corno por ciclo agrícola, así como los tiempos de riego fueron extraídos de la bitácora del productor cooperante durante el periodo 2012 a 2016.

Resultados y discusión

Evaluación hidráulica del sistema de riego

Se evaluó la uniformidad de distribución de agua del sistema de riego por aspersión con cañones y de la cinta de riego por goteo utilizados en el cultivo de malanga, midiendo los caudales en puntos estratégicos, dentro de secciones de riego previamente seleccionadas.

Los resultados del sistema de riego por goteo se procesaron obteniendo el caudal medio (q_m), mínimo (q_{\min}), del cuarto inferior ($q_{25\%}$) y el máximo (q_{\max}) y con ellos se calcularon diversos parámetros de uniformidad del sistema (CU) y, cuyos rangos se compararon con los establecidos por las normas mexicanas. También se revisaron las características agronómicas e hidráulicas del sistema de riego mediante una evaluación agronómica y estructural del mismo. Como resultado de la evaluación se obtuvo que el sistema tiene un $CU_{25\%}$ de 89.9 %, lo que indica una buena uniformidad de distribución, sin embargo, la variación de caudal dentro de una sección de riego es mayor que la establecida por la norma NMX-O-167-SCFI-2001, lo que se atribuye a variaciones de presión a consecuencia de la falta de control de esta variable. Del análisis agronómico, se obtuvo que el sistema de riego puede satisfacer las necesidades hídricas del cultivo e incluso de cultivos con mayor demanda, mientras que, del estructural, se determinó que el sistema fue diseñado adecuadamente. Los resultados de coeficientes de uniformidad se presentan en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Resultados de la uniformidad de las secciones evaluadas.

(1) sec.	(2) q_{\min}	(3) q_{\max}	(4) q_m	(5) q_{25}	(6) $CU = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q_m}$	(7) $CU = 100 \cdot \frac{q_{\min}}{q_m}$	(8) $U_s = 100(1 - Vq)$
1	0.80	1.00	0.89	0.81	91.61	89.89	92.74
2	0.83	1.07	1.01	0.86	85.15	82.19	96.14
3	0.85	1.08	0.98	0.90	91.84	86.73	93.31

4	0.9	1.20	1.12	1.03	91.96	80.36	94.06
\bar{X}	0.84	1.08	1.00	0.90	89.99	92.22	94.06

Donde las columnas se explican a continuación: es el número de sección evaluada

- (1) caudal mínimo de la sección (1), en L h⁻¹
- (2) caudal que representa al 5 % de los caudales más altos de la sección (1), en L h⁻¹
- (3) caudal medio de la sección (1), en L h⁻¹
- (4) caudal que representa al 25 % de los caudales más bajos de la sección (1), en L h⁻¹
- (5) coeficiente de uniformidad que toma en cuenta el factor de operación del sistema, está dado de la siguiente manera 100* [(5)/(4)], en porcentaje
- (6) coeficiente de uniformidad en porcentaje que corresponde a la parte del funcionamiento hidráulico de una sección de riego.
- (7) coeficiente de uniformidad en porcentaje, el cual considera solo la variación del caudal o presión dentro de la sección evaluada.

\bar{X} es el promedio de cada columna estableciendo, así un comparativo entre las columnas y un valor promedio. De aquí se puede apreciar que el gasto medio del emisor es de 1.0 L h⁻¹, el cual es similar al que plantean los fabricantes (1 L h⁻¹).

De acuerdo con la clasificación para la columna (6), el sistema tiene una buena uniformidad. Según la clasificación propuesta por Bralts, para la columna (8) se tiene que la uniformidad es “excelente”. Comparando los tres coeficientes de uniformidad se puede decir que la cinta de riego y el sistema en general cuentan con muy buena uniformidad de aplicación.

En lo que se refiere al sistema de riego por aspersión semiportátil con cañones que se evaluó, resultó con un Coeficiente de Uniformidad de Christiansen del 64%, menor que 80%, valor mínimo que se considera como uniformidad de riego aceptable, lo cual indica que la distribución espacial del agua sobre el terreno no es satisfactoria, por tal motivo se deberán realizar ajustes en el diseño y operación del sistema. Otro aspecto importante es la velocidad del viento por las mañanas, por lo que se requiere regar preferentemente por las noches, cuando estas velocidades son bajas.

Uso eficiente del agua de riego

En el Cuadro 2 se presentan los rendimientos de corno y el uso eficiente del agua (UEA) obtenidos de 2012 a 2016 en función de las láminas de riego aplicadas al cultivo de malanga. Las láminas de riego total variaron de 99 a 111 cm durante un periodo de 7 a 8 meses por ciclo de cultivo, es notorio que en el año 2015 se obtuvo un ligero incremento del UEA mediante el sistema de goteo, sin embargo, el rendimiento del corno es similar al obtenido por sistema de aspersión en los años 2012 y 2013.

Cuadro 2. Uso eficiente del agua en el cultivo de malanga (*C. esculenta* L. Schott) con sistema de riego por aspersión en el municipio de Cunduacán, Tabasco.

Ciclo agrícola	Rendimiento de corno (kg ha ⁻¹)	Lámina total de riego (cm)	Uso eficiente del agua (kg m ⁻³)	Sistema de riego
2012	25200	108	2.33	Aspersión

2013	22400	111	2.02	Aspersión
2015	24900	99	2.52	Goteo
2016	20000	105	1.90	Aspersión

Los valores de UEA son muy superiores a los encontrados por Mabhaudhi et al., (2013), los cuales son de 1.9 a 2.33 Kg m⁻³ con sistemas de aspersión y de 2.53 kg m⁻³ con sistema de goteo, esto fue debido a las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo.

Una desventaja del sistema de riego por aspersión es que las bacterias y hongos presentes en la plantación pueden diseminarse por el agua de riego, por lo que es importante aplicar la dosis óptima requerida del riego para un mejor control, eso no ocurre con los sistemas de goteo debido a que la aplicación de la lámina de riego se realiza en la zona radical del cultivo.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el sistema de riego por aspersión con cañones tuvo un coeficiente de uniformidad menor que el aceptable y el sistema de goteo tuvo una uniformidad de distribución aceptable. Los rendimientos del cultivo son similares en ambos métodos de riego y el sistema de goteo tuvo un ligero incremento en el Uso Eficiente del Agua a partir de láminas de riego con dosis pequeñas y mayor frecuencia.

Agradecimientos

Al Fondo fiscal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuaria por el financiamiento otorgado al proyecto: Generación de tecnología para la producción sustentable de malanga (*Calocacia esculenta* L. Schott) con riego en Tabasco y Veracruz, México.

Literatura citada

ASAE Standards 1991. Standards, engineering practices and data. American Society of Agricultural Engineers. 38th. ed.

Christiansen, J. E. 1942. Irrigation by sprinkling. California Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 670. Berkeley, CA, USA.

FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Trade. <http://faostat.fao.org/site/345/default.aspx> [consultado el 17 de febrero de 2016].

Fares, A. 2008. Water management software to estimate crop irrigation requirements for consumptive use permitting in Hawaii. Final Report. University of Hawaii at Manoa. Honolulu, HI, USA.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Kööpen. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.

Kaushal, P., Kumar, V. and Sharma, K. H. 2015. Utilization of taro (*Colocasia esculenta*): a review. *J. Food Sci. Technol.* 52(1):27-40.

Lebot, V. 2009. Tropical Root and Tuber Crops: Cassava, Sweet Potato. p. 279-349. In: *Yams and Aroids*. CABI. Cambridge, UK.

Mabhaudhi, T., Modia, T. A and Beletse, G. Y. 2013. Response of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) landraces to varying water regimes under a rainshelter. *Agricultural Water Management* 121:102-112.

Pérez, V. L. 2011. Rendimiento y adaptabilidad del cultivo de malanga. Centro de Validación y Transferencia de tecnología de Sinaloa A. C. SAGARPA. Fundación Produce Sinaloa A. C. www.fps.org.mx/.../index.php?option [consultado el 19 de enero de 2015].

Sahoo, M. R., Madhumita, D. and Mukherjee, A. 2006. Effect of in vitro and in vivo induction of polyethylene glycol-mediated osmotic stress on hybrid taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Annals of Tropical Research* 28:1-11.

Sivan, P. 1995. Drought tolerance and the effect of potassium supply on growth of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) and tannia (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). PhD Thesis. University of Queensland.

Uyeda, J., Radovich, T., Sugano, J., Fares, A. and Paull, R. 2011. Effect of irrigation regime on yield and quality of three varieties of taro (*Colocasia esculenta*). Hanai' Ai/The Food Provider. p. 1-3. <http://www.ctahr.hawaii.edu/sustainag/news/articles/V7-Uyeda-taro.pdf>. [consultado en febrero de 2016].

EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN LA VIDA POSTCOSECHA DE FRUTOS DE MANZANO (*Malus domestica*)

Francisco Hernández Lorenzo^{65*}, Selena Ortega Gasca⁶⁵, Itsel Paola Hernández Bringas⁶⁵, Alfredo Nava Zamora⁶⁵, Román Morales Pablo⁶⁵, Javier de la Cruz Medina⁶⁶

Resumen

⁶⁵Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre. Ingeniería en Industrias Alimentarias.

⁶⁶Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos.

*fhernandez@tecmartinez.edu.mx

Los recubrimientos comestibles (RC) son definidos como sustancias que se aplican en el exterior de los alimentos de manera que el producto final sea apto para el consumo. Los RC se han utilizado durante siglos en la industria alimentaria con el objetivo principal de evitar la pérdida de humedad en los alimentos. Estos recubrimientos deben ser seguros para su consumo, aceptables para los consumidores y deben proporcionar un valor agregado al alimento. Los recubrimientos de cera sobre frutas y verduras, recubrimientos de zeína sobre caramelos y de azúcar sobre almendras son los ejemplos comerciales más comunes de recubrimientos comestibles. Éteres de celulosa (carboximetilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa y metilcelulosa) han sido usados como ingredientes en recubrimientos para frutas, verduras, carnes, almendras, productos de confitería, panadería, granos y otros productos agrícolas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un recubrimiento comestible a base de aceite esencial de noni (*Morinda citrifolia* L.) y extracto de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la vida postcosecha y actividad microbiana de frutos de manzano (*Malus domestica*). Se realizaron seis formulaciones del RC de las cuales se eligieron las dos que presentaron mayor estabilidad (no hay separación de fases) durante un periodo de 10 días. La aplicación del RC se realizó por inmersión obteniéndose tres tratamientos: testigo (sin recubrimiento), recubrimiento con aceite esencial de noni (RC-AEN) y recubrimiento con jugo de noni (RC-JM). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar y comparación de medias (Tukey $\alpha=0.05$) utilizando el software Statgraphics® Centurión XVI V.16.1.18. Durante un periodo de almacenamiento de 10 días el tratamiento RC-AEN resultó, significativamente, en menor pérdida de peso (7.8%) respecto a los demás tratamientos (testigo y RC-JN).

Palabras clave: recubrimiento comestible, inmersión, vida postcosecha, aceite esencial, mucílago

Introducción

La función de un recubrimiento comestible (RC) es mantener la calidad de los productos recubiertos al evitar la ganancia o pérdida de humedad, provocar una modificación de la textura y turgencia; retarda los cambios químicos que pueden afectar el color, aroma o valor nutricional del alimento; actúa como barrera al intercambio de gases que puede influir en gran medida en la estabilidad de los alimentos sensibles a la oxidación de lípidos, vitaminas y pigmentos, mejora la estabilidad microbiológica y aumenta la integridad mecánica en el caso de las frutas y hortalizas (Debeaufort et al., 1998).

Los RC se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios; usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutrientes, para ralentizar la migración de humedad y lípidos o el transporte de gases y solutos. Deben poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adhesividad a los alimentos y manipulación de ellos sin deterioro de las mismas y, además, deben ser totalmente neutros con respecto al color, tacto y olor del alimento (Famá et al., 2004). Los RC podrían reducir la necesidad de refrigeración y el costo de almacenamiento por el uso de atmósferas controladas (Pérez-Gago et al., 2008).

El uso de RC en aplicaciones alimentarias y en especial en productos altamente perecederos, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad). Su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Un RC se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento. Dichas soluciones formadoras del recubrimiento pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Quintero et al., 2010).

Salvia et al. (2015), estudiaron el efecto de los RC basados en nanoemulsiones con aceite esencial de limón, en varias concentraciones (0.1, 0.5 o 1% v/v) sobre los parámetros de seguridad y calidad de las manzanas Fuji frescas durante 16 días. Los RC basados en nanoemulsiones con aceite esencial de limón, exhibieron una inactivación más rápida y mayor de *Escherichia coli* durante el tiempo de almacenamiento comparado con las emulsiones convencionales e inhibieron completamente la microflora natural de las manzanas Fuji recién cortadas durante 2 semanas. El tamaño de las gotitas de las emulsiones incorporadas en los recubrimientos comestibles no tuvo influencia significativa sobre los parámetros de calidad durante el tiempo de almacenamiento.

Los atributos funcionales de los recubrimientos comestibles naturales permiten brindar una solución a los desafíos más importante en la industria alimentaria especialmente en la producción, distribución y almacenamiento de frutas y hortalizas obteniendo buenos resultados y reduciendo el impacto ambiental. Este tipo de recubrimientos comestibles son utilizados para incorporar antioxidantes o agentes microbianos etc., algunos son de manera sintética, pero otros son naturales y se da un valor agregado a sus usos y aplicaciones en alimentos específicos con un objetivo en general como la conservación y preservación de frutas y hortalizas en su almacenamiento y como inhibidores de microorganismos. Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un RC a base de aceite esencial de noni (*Morinda citrifolia* L.) y extracto de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la vida postcosecha y actividad microbiana de frutos de manzano (*Malus domestica*).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de ciencias básicas del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre y en la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA) del Instituto Tecnológico de Veracruz. La extracción del mucílago de nopal se realizó mediante la técnica utilizada por Vásquez et al. (2001). Para la elaboración del recubrimiento comestible se utilizaron 46% (v/v) de suero de leche y se dispersó carboximetilcelulosa (CMC) y mucílago de nopal al 0.5% empleando agua destilada, los aditivos tales como glicerol anhídrido (1%) y el surfactante (tween 80 a 0.6%), fueron adicionados una vez hidratado el polisacárido, posteriormente se le adiciono 250 mg de aceite esencial como agente antimicrobiano. En la elaboración del segundo RC se utilizó una formulación similar, sustituyendo el aceite esencial por jugo de noni, una vez elaborados los RC se aplicaron por el método de inmersión. Para el efecto del recubrimiento comestible en la vida postcosecha del fruto de manzano (*Malus domestica*), al inicio del experimento se midió la acidez titulable que fue 3.22, 3.28 y 3.32% para los frutos testigo, RC-AEN y RC-JN, respectivamente; y sólidos solubles totales con valores de 15.2, 14 y 13.6%, respectivamente. Los pesos iniciales fueron: 99.7 g para el tratamiento 1, 99.3 g para tratamiento 2 y 106.7 g para el tratamiento 3. El porcentaje de la pérdida de peso se midió durante los diez días del experimento con respecto al peso inicial. El recuento de coliformes totales (UFC g⁻¹) se determinó de acuerdo a la metodología propuesta en la NOM-113-SSA1-1994, para ello se colocaron en cajas Petri por duplicado 1 mL de la muestra diluida, utilizando para tal propósito una pipeta estéril. Se hicieron diluciones de 10⁻¹ hasta 10⁻⁴, utilizando una pipeta estéril diferente para cada dilución. Se vertieron 20 mL del medio RVBA fundido y mantenido a 45 ± 1.0°C en baño de agua. El inóculo se mezcló cuidadosamente con el medio. Después de que el medio se solidificó completamente en la caja, se añadió aproximadamente 4 mL del medio RVBA a 45 ± 1.0°C en la superficie del medio inoculado. Se dejó solidificar, se invirtieron las placas y se colocaron en una incubadora (Yamato®, IC403CR) para cultivo de células a 35°C, durante 24 ± 2 horas. Después del periodo especificado para la incubación, se contaron las colonias (Sol-Bat®, Q-20).

La pérdida fisiológica de peso (%) y recuento total de coliformes (UFC g⁻¹), se analizaron a través de un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar realizando comparación de medias (Tukey $\alpha=0.05$) utilizando el software Statgraphics® Centurión XVI V.16.1.18.

Resultados y discusión

Extracción de mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y aceite esencial de noni (*Morinda citrifolia* L.)

En la extracción del mucilago se obtuvo un rendimiento de 0.6% concordando con Rodríguez-González et al. (2010), quienes obtuvieron 0.56%. El rendimiento de la extracción de aceite esencial fue de 0.75%, resultado similar a lo reportado por Vásquez et al. (2001) quienes encontraron un rendimiento de aceite esencial de jengibre del 0.8%. Se desarrollaron seis fórmulas de recubrimiento comestible donde se analizaron cualitativamente, mediante la observación a simple vista eligiéndose las dos fórmulas que no presentaron separación de fases en un periodo de 10 días.

Pérdida fisiológica de peso en frutos de manzano

Se determinó el efecto del recubrimiento comestible en la vida postcosecha del fruto de manzano (*Malus domestica*), mediante la pérdida fisiológica de peso observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos testigo y RC-AEN (Figura 1). Resultados similares fueron reportados por Alves et al. (2017), quienes mencionan una pérdida de peso del 9.5% en rodajas de frutos de manzano (cv. Golden) evaluadas durante 7 días, utilizando un RC a base de aislados de proteína de soya y ácido ferúlico. Sin embargo, estudios realizados por Guerreiro et al. (2017), indican que no hubo diferencias significativas entre los RC y el control, donde se evaluaron rodajas de frutos de manzano (Bravo de Esmolfe) durante 8 días.

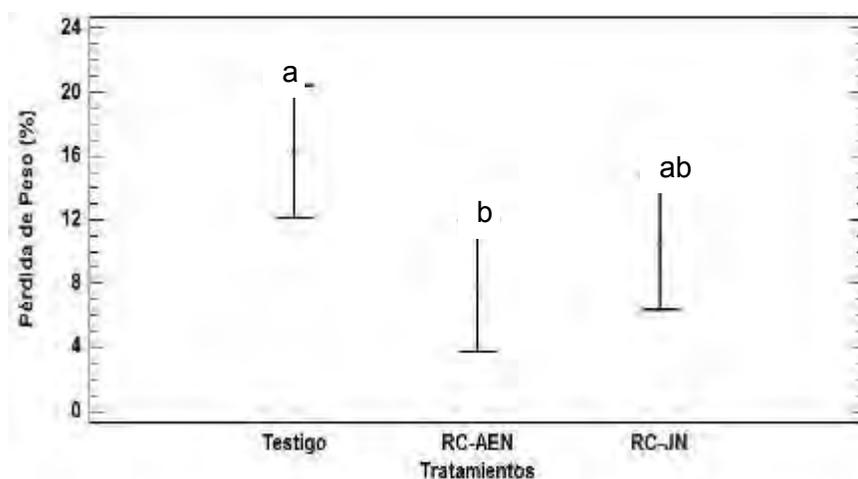


Figura 1. Pérdida fisiológica de peso en frutos de manzano (*Malus domestica*) después de 10 días de almacenamiento. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa entre medias (Tukey, $\alpha=0.05$).

Recuento total de coliformes en frutos de manzano

En la Figura 2 se observa que hubo diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la presencia de coliformes totales, siendo los frutos con RC-AEN y RC-JN los que presentaron menor carga microbiana con respecto a los frutos testigo. Con base en estos resultados, se puede decir que todos los frutos se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en la NOM-113-SSA1-1994, ya que esta establece un límite máximo de 150 UFC g⁻¹. Los resultados de este trabajo difieren con lo reportado por Guerreiro et al. (2017), quienes indican que los recuentos de microorganismos mesofílicos fueron más bajos en las muestras tratadas que en el control (2.78 Log₁₀ UFC g⁻¹), siendo los RC a base de alginato de sodio más eficientes (1.07 y 1.21 Log₁₀ UFC g⁻¹), que los de a base de pectina (1.59 y 1.34 Log₁₀ UFC g⁻¹) en los últimos días de vida útil.

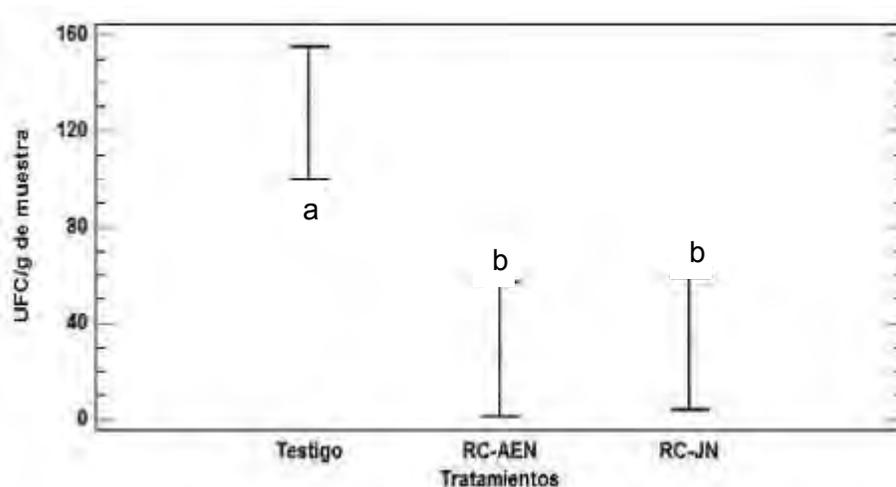


Figura 2.- Carga microbiana de coliformes totales en frutos de manzano (*Malus domestica*) después de 10 días de almacenamiento. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa entre medias (Tukey, $\alpha=0.05$).

Conclusiones

Los RC-AEN y RC-JN presentaron un efecto inhibitorio de coliformes totales, poniendo de manifiesto las ventajas de emplear este tipo de tecnología en la conservación postcosecha de frutos de manzano.

El RC-AEN presentó menores pérdidas fisiológicas de peso en frutos de manzano después de 10 días de almacenamiento, lo que sugiere que este RC presenta una estructura que permite una menor pérdida de agua.

Literatura citada

Alves, M. M., M. P. Gonçalves and C. M. R. Rocha. 2017. Effect of ferulic acid on the performance of soy protein isolate-based edible coatings applied to fresh-cut apples. *LWT-Food Science and Technology* 80:409-415.

Debeaufort, F., J. A. Quezada and A. Voilley. 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in Food Science* 38(4):299-313.

Famá, L., S. Flores, A. M. Rojas, S. Goyanes y L. Gerschenson. 2004. Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas. Influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. *Jornadas Binacionales CONAMET/SAM 2004*. La Serena, Chile.

Guerreiro, A. C., M. L. Custódia G., M. L. Faleiro, M. G. Miguel C. and M. D. Antunes C. 2017. The effect of edible coatings on the nutritional quality of "Bravo de Esmolfe" fresh-cut apple through shelf-life. *LWT-Food Science and Technology* 75:210-219.

NOM-113-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. 1994.

Pérez, G. M., M. del Rio M. y C. Rojas A. 2008. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Revista Horticultura* 207:54-57.

Quintero, C. J., V. Falguera y H. Muñoz. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* 5:93-118.

Rodríguez, G. S., H. E. Martínez F., S. G. Loaiza A. y J. L. Ornelas N. 2010. Aplicación del mucílago de nopal (*Ficus indica*) como espesante en una crema de huitlacoche (*Ustilago maydis*) en la producción de un alimento funcional, y su evaluación sensorial. p. 441-448. In: *Memoria del XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2010*. Guanajuato, Gto., México.

Salvia, T. L., M. A. Rojas G., R. Soliva F. and O. Martín B. 2015. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology* 105:8-16.

Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.18). 2010. StatPoint Technologies, Inc. USA.

Vásquez, R. O., A. Alva y J. Marreros V. 2001. Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*). Revista Amazónica de Investigación Alimentaria 1(1):38-42.

ADAPTACIÓN DE LÍNEAS RECOMBINANTES DE FRIJOL NEGRO A SUELOS ÁCIDOS DEL SUR DE VERACRUZ

Rigoberto Zetina Lezama^{67*}, Oscar Hugo Tosquy Valle⁶⁷, Ernesto López Salinas⁶⁷, Francisco Javier Ibarra Pérez⁶⁷ y Aurelio Morales Rivera⁶⁸

⁶⁷Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

⁶⁸Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara.

* zetina.rigoberto@inifap.gob.mx

Resumen

En el sur de Veracruz, México, la acidez del suelo es uno de los principales factores abióticos que reducen el rendimiento de grano y limitan la producción de frijol. El objetivo de esta investigación fue identificar líneas recombinantes de frijol negro con adaptación a suelos ácidos del sur de Veracruz y alta eficiencia productiva, con y sin aplicación de cal dolomita. En otoño-invierno de 2015-16, se establecieron dos viveros de adaptación en un suelo ácido con pH de 4.48, de Juan Rodríguez Clara, Ver. Uno de los viveros se condujo en condiciones de estrés por suelo ácido y en el otro, 44 días antes de la siembra se aplicaron 2.95 t ha^{-1} de dolomita al suelo, para alcanzar un valor de pH cercano o dentro del rango óptimo para el buen desarrollo de las plantas de frijol. Se evaluaron 50 líneas recombinantes F_{10} de frijol negro, junto con las variedades comerciales: Negro Comapa, Negro Grijalva y Negro Tacaná. Los genotipos se sembraron sin diseño experimental, en parcelas de un surco de 5 m de longitud, a una densidad de $250,000 \text{ plantas ha}^{-1}$, con los testigos sembrados sistemáticamente cada 10 entradas. Se registró la precipitación pluvial ocurrida durante el ciclo, se midió el pH del suelo a la siembra, floración y madurez de cosecha, se cuantificó el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea y se estimó el Índice de Eficiencia Relativa de Rendimiento (IERi) de cada genotipo. Durante la conducción de viveros se tuvo una precipitación total de 177.1 mm, de los cuales sólo 27.4 mm ocurrieron durante la etapa reproductiva, por lo que se obtuvieron bajos rendimientos promedio (846 y 732 kg ha^{-1} con y sin dolomita, respectivamente). En el vivero sin cal se obtuvieron valores de pH <4.69 , mientras que en el vivero con dolomita se obtuvieron lecturas >5.3 . Las líneas: Papaloapan/SEN-46-4-10, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8, Negro Papaloapan/SEN-46-3-2 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2, mostraron la mejor adaptación a las condiciones de suelo ácido y sequía en el sur de Veracruz y presentaron la mayor eficiencia de rendimiento (IER >1.82), con y sin aplicación de cal dolomita.

Palabras clave: Phaseolus vulgaris, acidez edáfica, encalado

Introducción

En el sur del estado de Veracruz, durante el ciclo otoño-invierno, bajo condiciones de humedad residual, anualmente se siembran cerca de 7,000 ha de frijol negro en suelos

ácidos de baja fertilidad, que limitan el desarrollo y la productividad de este cultivo (Morales et al., 2015).

Estas siembras se realizan en su mayoría en la zona de los Llanos de Isla y Juan Rodríguez Clara, en suelos Acrisoles y Cambisoles dístricos, de textura arenosa, con pH de la capa arable inferior a 5.0 y pobres en su contenido de materia orgánica (<1.5%), en los que se obtienen bajos rendimientos de grano, debido principalmente a deficiencias nutrimentales de las plantas, ocasionadas por la lixiviación constante de calcio, magnesio y potasio y una baja disponibilidad de fósforo (Zetina et al., 2002; 2005); cuando hay un efecto combinado de acidez edáfica y sequía que generalmente ocurre al final del ciclo del cultivo los rendimientos pueden ser menores a 300 kg ha⁻¹, (Tosquy et al., 2008).

Aunado a lo anterior, en el sur de Veracruz, la mayoría de las siembras de frijol se realizan con materiales criollos de bajo rendimiento, variedades comerciales como Negro Jamapa, así como con grano de materiales de origen desconocido, los cuales presentan una pobre adaptación a los suelos ácidos y a condiciones de deficiencia de humedad en el suelo (López et al., 2002; Tosquy et al., 2008), con lo cual se incrementan significativamente los riesgos de pérdida de rendimiento de grano y de rentabilidad de este cultivo.

El encalado con dolomita es una opción para disminuir en el corto plazo los efectos nocivos de la acidez del suelo e incrementar el rendimiento de frijol (Villar et al., 2003; López et al., 2006). En el sur de Veracruz, las respuestas más favorables en el cultivo de frijol se obtienen con aplicaciones de entre 1.25 y 3.0 t ha⁻¹ de dolomita, dependiendo de los valores de pH del suelo, textura y contenido de materia orgánica (Zetina et al., 2002; López et al., 2002; 2006). Sin embargo, el productor no realiza esta práctica, debido principalmente al alto costo del insumo y a que en áreas pequeñas la aplicación manual de cal resulta difícil, además de que existe dificultad para conseguir dolomita de buena calidad en la región (Zetina et al., 2002).

Una opción más económica y viable para el productor es disponer de variedades mejoradas que presenten adaptación a las condiciones de baja fertilidad de los suelos ácidos del sur de Veracruz. Las evaluaciones de líneas y variedades de frijol negro realizadas en esa zona de producción, han mostrado variación genética en la adaptación a las condiciones naturales de acidez edáfica, bajos contenidos de calcio, magnesio y potasio, así como en su eficiencia productiva, con y sin aplicación de mejoradores al suelo que aportan estas bases cambiables (López et al., 2006; Tosquy et al., 2008). Esta variabilidad genética puede utilizarse en la selección de progenitores para los programas de mejoramiento genético de frijol, para generar líneas con adaptación a suelos ácidos, que en un futuro puedan utilizarse como variedades comerciales. El objetivo de esta investigación fue evaluar un grupo de líneas recombinantes de frijol negro, con la finalidad de identificar las que muestren mejor adaptación a los suelos ácidos del sur de Veracruz y alta eficiencia productiva, con y sin aplicación de cal.

Materiales y métodos

Durante el ciclo otoño-invierno de 2015-16, bajo condiciones de humedad residual, se establecieron dos viveros de adaptación de genotipos de frijol negro en un suelo ácido, ubicado en terrenos del Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, en el sur de Veracruz, el cual se localiza a 18°01'6.1" de latitud norte y 95°94'1.7" de longitud oeste, a una altitud de 133 m. El clima en la localidad donde se ubicó el sitio experimental es cálido subhúmedo (Aw_0), con una precipitación pluvial anual de 1100 mm y temperatura media mensual de 24.5°C (Soto et al., 2001).

El suelo donde se establecieron los viveros es del tipo Cambisol dístrico, de textura migajón arenosa, con pH fuertemente ácido (4.48), pobre en su contenido de materia orgánica (0.86%), nitrógeno inorgánico, fósforo extraíble, calcio intercambiable y magnesio intercambiables (2, 16, 513 y 108 mg kg⁻¹ de suelo, respectivamente), medio en su contenido de potasio intercambiable (162 mg kg⁻¹ de suelo), bajo en acidez intercambiable (0.04 me 100 g⁻¹), al igual que su capacidad de intercambio catiónico (3.9 cmol⁺ kg⁻¹ de suelo) (Norma Oficial Mexicana, 2000).

En el suelo donde se estableció uno de los viveros, se aplicó por única vez 2.95 t ha⁻¹ de cal dolomita [tamaño de partícula de 0.15 mm (sólo 1% de sus partículas es retenida por la malla 100) con 36.64% de CaO y 12.6% de MgO], al voleo, en forma manual sobre la superficie del suelo e inmediatamente después se incorporó con un paso de rastra a una profundidad aproximada de 20 cm, 44 días antes de la siembra, para dar oportunidad a la reacción del material aplicado con el suelo. La dosis de cal se estimó considerando un valor de pH inicial del suelo de 4.48, mediante la ecuación $Y = 11.708 - 1.954 X$, generada por el INIFAP para los suelos ácidos del sur de Veracruz (Zetina et al., 2002), donde: X = pH inicial del suelo en agua (relación 1:2 suelo-solución) y Y = requerimiento de cal para alcanzar un pH de 6.0, requerido para el óptimo desarrollo del frijol (Ruíz et al., 2013). El otro vivero sembrado en el mismo suelo se conservó sin aplicación de cal dolomita.

En ambos viveros, se evaluaron 50 líneas avanzadas de frijol negro, derivadas de los cruzamientos: Papaloapan/SEN-46 (34 líneas), Negro Citlali/XRAV-187-3 (12 líneas) y Jamapa Plus/XRAV-187-3 (cuatro líneas), y las variedades comerciales Negro Tacaná, Negro Grijalva y Negro Comapa, liberadas por el INIFAP por su amplia adaptación en el sureste de México y mayor potencial de rendimiento que la variedad Negro Jamapa y los criollos que comúnmente se utilizan en la región (López et al., 1997; Villar et al., 2009; López et al., 2010). Los genotipos se sembraron sin diseño experimental, en parcelas de un surco

de 5 m de longitud, con una separación entre surcos de 0.70 m, a una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹, con los tres testigos sembrados sistemáticamente cada 10 entradas.

La siembra de los viveros se realizó el día 23 de octubre de 2015; se fertilizó con la dosis 40-40-30 kg (N-P₂O₅-K₂O), utilizando como fuentes nutrimentales urea, fosfato diamónico grado 18-46-0 y cloruro de potasio, las cuales se mezclaron y aplicaron en banda, cuando las plantas de los genotipos se encontraban en la etapa V3, con el segundo trifolio desarrollado. El control de malezas y plagas se realizó de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para producir frijol en el estado de Veracruz (López et al., 1994). Cabe señalar, que durante el ciclo de cultivo no hubo incidencia de enfermedades que afectaran el rendimiento de frijol. En cada vivero, durante la siembra y las etapas de floración y madurez de cosecha, se colectaron en zig - zag, seis sub-muestras de suelo, a una profundidad de 0 a 30 cm, con las cuales se conformó una muestra compuesta que se envió al Laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, en donde se determinó el pH del suelo en agua (relación 1:2 suelo solución), con un potenciómetro corning pH meter modelo 220 (Norma Oficial Mexicana, 2000).

Durante la conducción de viveros se registró la precipitación pluvial ocurrida en el sitio de experimental. La cosecha se realizó manualmente en la segunda quincena de enero de 2016. El grano obtenido de cada parcela se limpió, pesó y se le determinó su humedad con un medidor portátil Multigrain (Dickey John Corp. Auburn, Illinois, USA). El rendimiento de grano se expresó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

Los datos de rendimiento obtenidos en cada vivero se ordenaron, siguiendo el orden de entrada de cada genotipo, en el que se incluyó el promedio obtenido por los testigos regionales. El efecto de la acidez del suelo en el rendimiento de cada genotipo se estimó con el Índice de Eficiencia Relativa (IER_i) descrito por Graham (1984), que indica la respuesta promedio de cada genotipo, con y sin aplicación de cal y permite seleccionar los de mayor eficiencia productiva, mediante la ecuación: $IER_i = (Y_i / Y_i) (Y_c / Y_c)$, donde IER_i = índice de eficiencia relativa de cada genotipo; Y_i = rendimiento del genotipo i sin aplicación de cal, Y_i = rendimiento promedio sin cal, Y_c = rendimiento del genotipo i con aplicación de cal y Y_c = rendimiento promedio con cal.

Resultados y discusión

En ambos viveros de adaptación ocurrió una precipitación pluvial acumulada de 149.7 mm durante la fase vegetativa del cultivo (primeros 27 días después de la siembra), mientras que de la etapa de prefloración a la cosecha, las plantas de frijol sólo recibieron 27.4 mm de agua de lluvia, por lo que sufrieron de estrés por humedad, ya que para un adecuado desarrollo del

cultivo se requieren de al menos 300 mm de precipitación pluvial durante su ciclo fenológico, siendo convenientes de 50 a 90 mm, de la etapa de floración al llenado de vainas (Acosta et al., 2009; Ruíz et al., 2013).

En la Figura 1 se muestra que, durante el ciclo del cultivo, en el vivero no encalado se obtuvieron valores de pH fuertemente ácidos, menores a 4.69, que indican que los genotipos de frijol se desarrollaron bajo condiciones de estrés por acidez edáfica severa, mientras que en el vivero con aplicación de dolomita se obtuvieron lecturas de pH superiores a 5.3, muy cercanas al rango óptimo de 5.5 a 7.5 para un adecuado desarrollo del cultivo de frijol (Arias et al., 2007). Cabe indicar que el suelo en donde se condujeron los viveros no presenta problemas de alta saturación de aluminio, ya que su valor de 4.3%, es menor al límite crítico de 20% establecido para el cultivo de frijol (Aguirre, 2001).

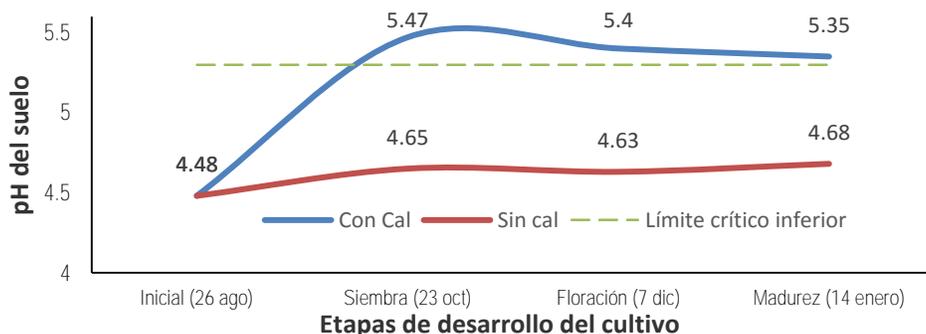


Figura 1. Valores de pH en agua, en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de frijol, en un suelo ácido, con y sin aplicación de dolomita, en Juan Rodríguez Clara, Ver.

En el Cuadro 1 se muestra que bajo condiciones de suelo encalado y sequía durante la etapa reproductiva del cultivo, nueve líneas superaron el rendimiento promedio del mejor testigo (Negro Grijalva), de las cuales: Papaloapan/SEN 46-4-10, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5, Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2, Papaloapan/SEN 46-3-2 y Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7, fueron las más productivas con rendimientos mayores a 1100 kg ha⁻¹. Sin aplicación de cal dolomítica, 17 líneas obtuvieron un rendimiento superior al de Negro Grijalva, de las cuales: Papaloapan/SEN 46-4-10, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8, Negro Papaloapan/SEN 46-3-2 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2, mostraron la mejor adaptación a las condiciones de estrés por suelo ácido y sequía, con rendimiento igual o mayor a 1000 kg ha⁻¹.

Cuadro 1. Rendimiento y eficiencia productiva de genotipos de frijol negro sobresalientes y tres testigos comerciales, en suelo ácido, con y sin aplicación de cal dolomita.

T	Genotipo	Con cal (kg ha ⁻¹)	Sin cal (kg ha ⁻¹)	Reducción (%)	IER
3	Papaloapan/SEN 46-1-10	957	811	15.3	1.25

9	Papaloapan/SEN 46-2-6	903	886	1.9	1.29
10	Papaloapan/SEN 46-2-7	800	794	0.8	1.03
12	Papaloapan/SEN 46-3-2	1111	1091	1.8	1.96
14	Papaloapan/SEN 46-3-7	1051	857	18.5	1.45
15	Papaloapan/SEN 46-4-5	937	909	3.0	1.38
16	Papaloapan/SEN 46-4-8	946	880	7.0	1.34
18	Papaloapan/SEN 46-4-10	1257	1220	2.9	2.48
24	Papaloapan/SEN 46-6-6	883	857	2.9	1.22
28	Papaloapan/SEN 46-7-8	971	774	20.3	1.21
30	Papaloapan/SEN 46 -7-10	946	886	6.3	1.35
32	Papaloapan/SEN 46 -7-12	857	800	6.6	1.11
33	Papaloapan/SEN 46-7-13	826	826	0.0	1.10
35	Negro Citlali/XRAV-187-3-1-5	1177	811	31.1	1.54
37	Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8	1226	1131	7.7	2.24
44	Negro Citlali/XRAV-187-3-14-7	1111	714	35.7	1.28
46	Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2	1134	1000	11.8	1.83
49	Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	760	869	14.3 (+)	1.07
50	Papaloapan/SEN 46-5-5	909	800	12.0	1.17
51	Negro Comapa (Testigo)	934	735	21.3	1.11
52	Negro Grijalva (Testigo)	946	774	18.2	1.18
53	Negro Tacaná (Testigo)	709	621	12.4	0.71
	Promedio	846	732	13.5	1.0

T = Tratamiento (genotipo). IER = Índice de eficiencia relativa del rendimiento de grano.

Estas cuatro líneas también obtuvieron bajos porcentajes de reducción de rendimiento (>12%) y los valores más altos de IER_i, que indican alta eficiencia productiva con y sin aplicación de dolomita, muy superiores al de los tres testigos comerciales, los cuales mostraron pobre adaptación a las condiciones de suelo ácido y sequía que prevalecieron en este ciclo de producción (Graham, 1984).

Con aplicación de dolomita, se obtuvo un rendimiento promedio de 846 kg ha⁻¹, superior en 13.5% al obtenido en condiciones naturales de suelo ácido. Este incremento es inferior a los que se han reportado en la producción de frijol en Veracruz en suelos ácidos aplicados con este mejorador de suelo (López et al., 2002; Tosquy et al., 2008), debido principalmente al estrés hídrico que sufrieron las plantas durante casi toda la fase reproductiva del cultivo, que limitó el desarrollo de los genotipos (Szilagyi, 2003; Acosta et al., 2009).

Conclusiones

Las líneas: Papaloapan/SEN-46-4-10, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8, Negro Papaloapan/SEN-46-3-2 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2, mostraron la mejor adaptación a las condiciones de suelo ácido y sequía en el sur de Veracruz y presentaron la mayor eficiencia de rendimiento, con y sin aplicación de cal dolomita.

Literatura citada

Acosta, D. E., J. A. Acosta G., C. Trejo L., J. S. Padilla R. and M. D. Amador R. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agric. Téc. Méx.* 35(4):416-425.

Aguirre, G. A. 2001. Química de los suelos ácidos, templados y tropicales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 289 p.

Arias, R. J. H., T. Rengifo M. y M. Jaramillo C. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia (MANA). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Medellín, Colombia. 170 p.

Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Adv. Plant Nutr.* 1:57-102.

López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores No. 7. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla, Ver., México. 29 p.

López, S. E., J. A. Acosta G., E. N. Becerra L., G. Fraire V., S. Orozco H. and S. Beebe. 1997. Registration of Negro Tacaná common bean. *Crop Sci.* 37(3):1022.

López, S. E., J. A. Acosta G., J. Cumpián G., O. Cano R., B. Villar S. y E. N. Becerra L. 2002. Adaptación de genotipos de frijol común en la región tropical húmeda de México. *Agric. Téc. Méx.* 28(1):35-42.

- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., E. N. Becerra L., F. J. Ugalde A. y J. Cumpián G. 2006. Adaptabilidad de genotipos de frijol resistentes a enfermedades y a suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(1):33-39.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. R. Rodríguez R., F. J. Ugalde A., A. Morales R. y J. A. Acosta G. 2010. Negro Comapa, nueva variedad de frijol para el estado de Veracruz. *REMEXCA* 5(1):715-721.
- Morales, R. A., C. López C., J. Kohashi S., S. Miranda C. y A. García E. 2015. Comparación de los componentes del rendimiento en variedades de frijol en condiciones de acidez y humedad residual del suelo en el sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana* 33(4):309-319.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC-NAT-2000. 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*, 17 de octubre de 2000. México, D. F.
- Ruiz, C. J. A., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K. F. Byerly M. y R. A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico No. 3. 3ra. ed. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.
- Soto, M., L. Gama y M. Gómez. 2001. Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3(2):31-40.
- Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulg. J. Plant Physiol. (Special Issue)*:320-330.
- Tosquy, V. O. H., E. López S., R. Zetina L., F. J. Ugalde A., B. Villar S. y J. Cumpián G. 2008. Selección de genotipos de frijol con adaptación a suelos ácidos. *Terra Latinoamericana* 26(3):227-233.
- Villar, S. B., E. López S. y J. A. Acosta G. 2003. Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2):109-114.
- Villar, S. B., E. López S. y O. H. Tosquy V. 2009. Negro Grijalva, nuevo cultivar de frijol para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 35(3):349-352.
- Zetina, L. R., A. Trinidad S., J. L. Oropeza M., V. Volke H. y L. L. Landois P. 2005. Relación bases intercambiables-rendimiento de maíz en un Cambisol dístrico con labranza, encalado y abono verde. *Terra Latinoamericana* 23(3):389-397.

Zetina, L. R., L. Pastrana A., J. Romero M. y J. A. Jiménez Ch. 2002. Manejo de suelos ácidos para la región tropical húmeda de México. Libro Técnico No. 10. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campos Experimentales Papaloapan y Huimanguillo. Veracruz, México. 170 p.

IMPACTO DEL USO DE SUELO SOBRE LA MESOFAUNA EN CAÑA Y PASTO

Félix D. Murillo Cuevas^{69*}, Héctor Cabrera Mireles⁷⁰, Jacel Adame García⁶⁹, José Antonio Fernández Viveros⁶⁹ y Luis Alberto Montes Gutiérrez⁶⁹

⁶⁹Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

⁷⁰Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC – INIFAP.

*felixdavidm@yahoo.com.mx

Resumen

El estudio se realizó en los terrenos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. Se establecieron dos parcelas de 10 m² por cada uso de suelo: caña de azúcar, pasto y suelo con vegetación nativa (sin cultivo). Se colectaron muestras a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm). El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del cambio de uso de suelo sobre la mesofauna edáfica. Considerando la profundidad total (0-30 cm) y las profundidades individuales 0-15 y 15-30 cm del muestreo, el suelo con pasto registró la menor abundancia, riqueza y diversidad de organismos y fue significativamente diferente al suelo con vegetación nativa. El suelo con caña de azúcar no mostró diferencias significativas en relación a los otros dos usos de suelo. De acuerdo con el análisis de similitud y considerando la profundidad total del muestreo, el suelo con pasto fue el que registró la menor similitud al compararlo con los otros usos de suelo. A la profundidad de 0-15 cm, los usos de suelo con menor similitud fueron el suelo con vegetación nativa y el suelo con pasto, y a la profundidad de 15-30 cm, el suelo con vegetación nativa y el suelo con caña de azúcar. Los grupos taxonómicos más abundantes a la profundidad de 0-15 cm fueron la Familia Formicidae (hormigas) en el uso de con vegetación nativa (50.1%) y con caña de azúcar (33%), y la Subclase Oligochaeta (lombrices) en suelo con vegetación nativa (39%) y con pasto (27%). A la profundidad de 15-30 cm fueron la Subclase Oligochaeta en el suelo con vegetación nativa (46.7%) y pasto (69.2%) y el Orden Isoptera (termitas) en suelo con caña de azúcar (72.7%). Aunque la expansión del cultivo de caña de azúcar y pasto en el municipio de Úrsulo Galván genera importantes ganancias para el sector productivo, nuestros resultados indican una pérdida significativa de biodiversidad debido a la expansión del uso de suelo con pasto y una tendencia importante de reducción en el suelo con caña de azúcar.

Palabras clave: artrópodos, diversidad, agroecosistema

Introducción

La agricultura moderna, que se desarrolló para aumentar la productividad y satisfacer las demandas de alimento y fibra, ha llevado a una simplificación excesiva de la diversidad en los sistemas agrícolas, aumentando la dependencia de insumos petroquímicos y disminuyendo el uso de interacciones bióticas benéficas (Altieri, 1999; Altieri, 2002). La intensificación agrícola, a través del uso de variedades de cultivos de alto rendimiento, fertilización, irrigación y pesticidas, ha contribuido en los impactos negativos de los recursos naturales con implicaciones serias para la salud y el medioambiente (Altieri et al., 2012). La

creciente fragmentación natural del hábitat, debido a cambios en el uso de suelo y altos niveles de insumos agroquímicos en los cultivos, ha causado una rápida disminución de la biodiversidad en muchos sistemas agrícolas (Bianchi et al., 2006; Farwig et al., 2009), amenazando potencialmente los servicios ambientales como la polinización, fertilización y el control biológico de plagas y enfermedades. Los cambios de uso del suelo (CUS) asociados a la producción agrícola es uno de los factores clave que afectan a la biodiversidad del suelo, con impactos negativos principalmente en las regiones tropicales (Cabrera y Zuaznábar, 2010; Cabrera-Mireles et al., 2011; Techauner y Madriñán, 2013; Desiree et al., 2014; Franco et al., 2016). En la región centro de Veracruz, México desde hace más de cincuenta años se ha dado un cambio de uso de suelo de áreas de vegetación silvestre a agrícolas y de cultivos de bajo o nulo uso de insumos a cultivos de altos niveles de insumos sintéticos como caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Plan Veracruzano de Desarrollo, 2011-2016). Municipios como Úrsulo Galván, Veracruz tienen casi el 50% de su suelo usado para el cultivo de caña de azúcar, 23% para pastizales y solo 6% para vegetación silvestre (INAP, 2013), lo que conlleva a posibles impactos negativos en la calidad de suelo. En el municipio de Úrsulo Galván el CUS en zonas de expansión de caña de azúcar consiste principalmente en la conversión de pastizales u otros cultivos como maíz y frijol a campos de caña de azúcar. También existen áreas donde se ha dado la conversión de la vegetación silvestre directamente a caña de azúcar o pasto.

Con la finalidad de documentar uno de los posibles efectos negativos asociados al cambio de uso de suelo, se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto del cambio de uso de suelo sobre la mesofauna en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.

Materiales y métodos

Se estableció el área de estudio dentro de los terrenos perteneciente al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) con coordenadas de 19°24'43.13" Norte y 96°21'32.45" Oeste, en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México. Se ubicaron tres tipos de uso de suelo, los cuales fueron: con caña de azúcar (con 30 años) variedad actual ATEMEX 96-40, pasto Mombasa (*Panicum maximum* cv. Mombasa) (con 10 años) y vegetación nativa (siempre sin cultivo), el cual consistió en un fragmento de paisaje natural característico de la zona costera. Dentro de cada área de uso de suelo se establecieron dos parcelas de 10 m² a una distancia aproximada entre sí de 15 m en caña de azúcar, 16 m en pasto y 60 m en suelo sin uso agrícola. Dentro de cada parcela en cada uno de los usos de suelo se establecieron dos puntos de muestreo, utilizando un cuadrante de 25 x 25 cm se tomaron dos muestras de suelo a dos profundidades: 0 a 15 y de 15 a 30 cm, colectando un total de cuatro muestras

por parcela, y ocho muestras por uso de suelo. Los muestreos se hicieron por uso de suelo, con separaciones de tiempo de no más de dos semanas, abarcando un periodo entre los meses febrero-marzo, el cultivo de caña de azúcar estaba en etapa de cosecha y el muestreo se realizó antes de la cosecha. Se colectaron un total de 24 muestras, ocho para cada uso de suelo y cuatro para cada profundidad, las cuales fueron llevadas a los laboratorios del ITUG para su procesamiento.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Entomología del ITUG. La extracción de los organismos del suelo fue realizada de forma manual y de manera directa utilizando charolas de plástico, pinzas entomológicas, pinceles, lupas y lentes de aumento, colectándolos directamente de las muestras de suelo. Los organismos extraídos se mantuvieron almacenados en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación y conteo bajo microscopio estereoscópico. Los organismos se identificaron a nivel de Ordenes, Clases, Subclases y algunas familias taxonómicas utilizando las claves de Triplehorn y Johnson (2005).

Se calculó la abundancia, riqueza y diversidad de organismos utilizando el programa EstimateS versión 8.2.0. Se realizó el análisis estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis para comparar los usos y profundidades del suelo, y se realizó una comparación de a pares entre las medias de los rangos de los usos de suelo utilizando el programa InfoStat versión 2013. El procedimiento usado para juzgar la significancia de las comparaciones múltiples es el descrito en Conover (1999). Se utilizó el índice de similitud de Jaccard para conocer el grado en el que dos usos de suelo son semejantes por los organismos presentes en ellas. Se calculó la abundancia y porcentaje de grupos taxonómicos por uso y profundidad del suelo.

Resultados y discusión

Se extrajeron un total de 572 organismos, de los cuales 61 fueron de suelo con pasto, 95 de suelo con caña de azúcar y 416 de suelo con vegetación nativa (Cuadro 1). Donde la mayor abundancia, riqueza y diversidad de organismos se registraron a la profundidad de 0-15 cm, siendo estadísticamente significativa la riqueza ($P=0.0333$) y la diversidad ($P= 0.0325$). En la profundidad total y profundidad de 15-30 cm del suelo se registró significancia estadística en la abundancia, riqueza y diversidad de organismos al comparar entre los usos de suelo. A la profundidad de 0-15 cm de suelo sólo la abundancia de los organismos fue significativa.

Cuadro 1. Abundancia, riqueza y diversidad de mesofauna en cada uno de los usos de suelo a dos profundidades de colecta y significancia a través del análisis de Kruskal Wallis.

Parámetros	Vegetación nativa	Caña	Pasto	P	Significancia
------------	-------------------	------	-------	---	---------------

Profundidad 0 a 15 cm	Abundancia	371	62	48	0.0163	*
	Riqueza	20	14	10	0.0691	NS
	Diversidad	1.9	1.8	1.5	0.2118	NS
Profundidad 15 a 30 cm	Abundancia	45	33	13	0.0158	*
	Riqueza	9	8	5	0.0005	**
	Diversidad	1.5	1.1	1.0	0.0293	*
Total 0 a 30 cm	Abundancia	416	95	61	0.0020	**
	Riqueza	29	22	15	0.0026	**
	Diversidad	1.9	1.9	1.5	0.0261	*

P = Probabilidad, *=Significativo ($0.005 \leq P < 0.01$), ** Altamente significativo ($P \leq 0.01$), NS= No significativo.

Considerando la profundidad total del muestreo, el suelo con pasto registró la menor abundancia, riqueza y diversidad de organismos y fue significativamente diferente al suelo con vegetación nativa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de a pares entre las medias de los rangos de los usos de suelo para las variables abundancia, riqueza y diversidad de mesofauna a la profundidad total del suelo.

Usos de suelo	Medias en rangos		
	Profundidad total de 0 a 30 cm		
	Abundancia	Riqueza	Diversidad
Vegetación nativa	18.81 a	18.88 a	17.00 a
Caña	12.31 ab	11.75 ab	13.00 ab
Pasto	6.38 b	6.88 b	7.50 b

Medias con una letra igual no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En profundidades por separado, tanto a profundidad de 0-15 como de 15-30 cm, el suelo con pasto registró la menor abundancia, riqueza y diversidad de organismos, siendo significativamente diferente al suelo con vegetación nativa (Cuadro 3). El suelo con caña de azúcar no registró diferencias significativas en relación a los otros usos de suelo (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 3. Comparación de a pares entre las medias de los rangos de los usos de suelo para las variables abundancia, riqueza y diversidad de mesofauna en los dos niveles de profundidad del suelo.

Usos de suelo	Medias en rango			
	Profundidad (0 a 15 cm) Abundancia	Profundidad de 15 a 30 cm		
		Abundancia	Riqueza	Diversidad
Vegetación nativa	10.25 a	9.50 a	10.50 a	9.75 a
Caña	5.63 ab	7.25 ab	6.25 ab	6.50 ab
Pasto	3.63 b	2.75 b	2.75 b	3.25 b

Medias con una letra igual no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La composición estructural de la comunidad de mesofauna fue diferente entre los usos del suelo. Mientras que la mayor abundancia, riqueza y diversidad de organismos edáficos se asociaron con las muestras tomadas en la vegetación nativa (suelo sin cultivo), los valores más bajos se presentaron en el suelo con pasto y caña de azúcar, lo cual ya ha sido señalado en otros trabajos en regiones productoras de caña de azúcar y pastos (Franco et al., 2016; Barros et al., 2003; Benito et al., 2004). Sin embargo, a diferencia de lo reportado en el trabajo de Franco et al. (2016), en el que señalan que existe un mayor efecto de la caña de azúcar que de pasto en la reducción de fauna edáfica, nuestros resultados señalan que para nuestras condiciones de estudio, el cultivo de pasto está teniendo un mayor efecto negativo sobre la mesofauna y que el cultivo de caña de azúcar, a pesar de sus características de producción no ha sido diferente de manera significativa al suelo con vegetación nativa.

De acuerdo al análisis ecológico de Jaccard y considerando la profundidad total del muestreo (0-30 cm), el suelo con pasto fue el que registró la menor similitud y mayor diferencia al compararlo con los otros usos de suelo (Cuadro 4). A la profundidad de 0-15 cm, los usos de suelo con menor similitud y mayor diferencia fueron el suelo con vegetación nativa y con pasto ($S = 0.19$, $D = 0.81$), y a la profundidad de 15-30 cm, el suelo con vegetación nativa y con caña de azúcar ($S = 0.09$, $D = 0.91$) (Cuadro 4).

La diferencia (disimilitud) señalada entre el suelo con vegetación nativa y con caña de azúcar por el índice de Jaccard a una profundidad de 15-30 cm llaman la atención sobre una pérdida de biodiversidad debido a la expansión del uso de suelo con caña de azúcar, a pesar de no haber registrado diferencias significativas en el análisis estadístico. Por otro lado, las mayores diferencias en relación a los organismos presentes en el suelo estuvieron dadas al suelo con pasto, lo que corrobora las diferencias significativas que presento este uso de suelo con los valores más bajos.

Cuadro 4. Índice de similitud (S) y de disimilitud (D) de Jaccard en la comparación de los usos de suelo.

Profundidad	Comparaciones de uso de suelo	Jaccard	
		Similitud (S)	Disimilitud (D)
0 a 15 cm	Vegetación nativa-Caña de azúcar	0.72	0.28
	Vegetación nativa-Pasto	0.19	0.81
	Caña de azúcar-Pasto	0.25	0.75
15 a 30 cm	Vegetación nativa-Caña de azúcar	0.09	0.91

	Vegetación nativa-Pasto	0.31	0.69
	Caña de azúcar-Pasto	0.91	0.09
	Vegetación nativa-Caña de azúcar	0.81	0.19
Total 0 a 30 cm	Vegetación nativa-Pasto	0.11	0.89
	Caña de azúcar-Pasto	0.03	0.97

El intervalo de valores va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos usos de suelo hasta 1 cuando los dos usos de suelo tienen la misma composición de especies. $D = 1 - S$, expresa diferencia, a mayor valor mayor es la diferencia.

Los grupos taxonómicos más abundantes a la profundidad de 0-15 cm fueron la Familia Formicidae (hormigas) en el uso de suelo con vegetación nativa (50.1%) y con caña de azúcar (33%), y la Subclase Oligochaeta (lombrices) en suelo con vegetación nativa (39%) y con pasto (27%) (Cuadro 5). A la profundidad de 15-30 cm fueron la Subclase Oligochaeta en el suelo con vegetación nativa (46.7%) y pasto (69.2%) y el Orden Isoptera (termitas) en suelo con caña de azúcar (72.7%) (Cuadro 5).

Como era de esperar, el suelo con vegetación nativa tuvo mayor complemento de grupos taxonómicos, debido a las funciones ecológicas que estos realizan en comparación con el suelo con pasto y caña de azúcar. La mayor abundancia de grupos depredadores como Araneae y Chilopoda se encontró bajo el suelo de la vegetación nativa (sin cultivo) que en pasto y caña de azúcar. Las hormigas y las termitas fueron los grupos más abundantes en el suelo con vegetación nativa, mismo patrón descrito en otros estudios (Silva et al., 2007; Batista et al., 2014). En el suelo con pasto se registró una abundancia importante de lombrices, lo cual pueda deberse a que los pastos cultivados a partir de fragmentos de vegetación nativa en ecosistemas tropicales generalmente pueden proporcionar hábitats de suelo adecuados para una alta abundancia de grupos específicos como lombrices (Decaens et al., 2004; Schon et al., 2015).

Cuadro 5. Abundancia de organismos por grupo taxonómico, encontrados en cada uso de suelo a diferentes niveles de profundidad. Fam.= Familia, Ord.= Orden, Subcla.= Subclase, Cla.= Clase.

	Nombre común		Sin cultivo		Caña		Pasto	
		Taxón		%		%		%
Profundidad del suelo de 0 a 15 cm	Hormigas	Formicidae (Fam.)	186	50.1	33	53.2	2	4.2
	Lombrices	Oligochaeta (Subcla.)	39	10.5	0	0.0	27	56.3
	Caracoles	Gastropoda (Cla.)	35	9.4	0	0.0	0	0.0
	Termitas	Isoptera (Ord.)	30	8.1	2	3.2	0	0.0
	Cien pies	Chilopoda (Cla.)	21	5.7	1	1.6	0	0.0
	Arañas	Araneae (Ord.)	12	3.2	5	8.1	0	0.0

	Orugas	L. Lepidoptera (Ord.)	11	3.0	1	1.6	0	0.0
	Larva escarabajo	L. Carabidae 1 (Fam.)	9	2.4	4	6.5	2	4.2
	Ácaro	Acari (Ord.)	4	1.1	0	0.0	0	0.0
	Escarabajo	Carabidae (Fam.)	4	1.1	7	11.3	2	4.2
	Cochinillas	Isopoda (Ord.)	4	1.1	2	3.2	2	4.2
	Escarabajo	Scarabaeidae (Fam.)	4	1.1	0	0.0	0	0.0
	Avispa	Hymenoptera (Ord.)	2	0.5	0	0.0	0	0.0
	Mil pies	Diplopoda (Cla.)	2	0.5	1	1.6	1	2.1
	Larva escarabajo	L. Carabidae 2 (Fam.)	2	0.5	0	0.0	0	0.0
	Pupa de mosca	P. Diptera (Ord.)	2	0.5	0	0.0	1	2.1
	Dipluros	Diplura (Ord.)	1	0.3	1	1.6	0	0.0
	Grillo	Gryllidae (Fam.)	1	0.3	0	0.0	0	0.0
	Falso escorpión	Pseudoscorpiones (Ord.)	1	0.3	0	0.0	0	0.0
	Pupa de mosca	P. Diptera 2 (Ord.)	1	0.3	0	0.0	0	0.0
	Escorpiones	Scorpiones (Ord.)	0	0.0	2	3.2	0	0.0
	Cucarachas	Blattellidae (Fam.)	0	0.0	1	1.6	1	2.1
	Escarabajo	Staphylinidae (Fam.)	0	0.0	1	1.6	1	2.1
	Hormiga león	Myrmeleontidae (Fam.)	0	0.0	1	1.6	0	0.0
	Pupa escarabajo	P. Coleoptera (Ord.)	0	0.0	0	0.0	9	18.8
Profundidad del suelo de 15 a 30 cm	Lombrices	Oligochaeta (Subcla.)	21	46.7	0	0.0	9	69.2
	Termitas	Isoptera (Ord.)	0	0.0	24	72.7	0	0.0
	Hormigas	Formicidae (Fam.)	12	26.7	2	6.1	0	0.0
	Cien pies	Chilopoda (Cla.)	3	6.7	0	0.0	1	7.7
	Caracoles	Gastropoda (Cla.)	3	6.7	0	0.0	0	0.0
	Escarabajos	Carabidae (Fam.)	2	4.4	1	3.0	0	0.0
	Mil pies	Diplopoda (Cla.)	0	0.0	0	0.0	1	7.7
	Cochinillas	Isopoda (Ord.)	0	0.0	1	3.0	0	0.0
	Pupa de moscas	P. Diptera (Ord.)	1	2.2	0	0.0	0	0.0
	Moscas	Diptera (Ord.)	1	2.2	0	0.0	0	0.0
	Arañas	Araneae (Ord.)	1	2.2	1	3.0	0	0.0
	Larva escarabajo	L. Carabidae (Fam.)	1	2.2	2	6.1	0	0.0
	Cucarachas	Blattellidae (Fam.)	0	0.0	1	3.0	0	0.0
	Larva escarabajo	L. Coleoptera (Ord.)	0	0.0	1	3.0	0	0.0
	Pupa escarabajo	P. Coleoptera (Ord.)	0	0.0	0	0.0	2	15.4

La presencia de termitas a la mayor profundidad del suelo en caña de azúcar y de lombrices en pasto, puede tener impactos positivos en la estabilidad estructural de los suelos tropicales (Jouquet et al., 2006), ya que estos intervienen en el reciclaje de nutrientes.

Los resultados obtenidos en relación a los grupos taxonómicos están influenciados por la menor diversidad de plantas en los suelos con pasto y caña de azúcar, ya que la relación positiva entre la diversidad de las plantas y la diversidad biológica del suelo está bien descrita (Hooper et al., 2005; van der Heijden et al., 2008).

Conclusiones

Aunque la expansión del cultivo de caña de azúcar y pasto en el municipio de Úrsulo Galván genera importantes ganancias para el sector productivo, nuestros resultados llaman la atención sobre una pérdida significativa de biodiversidad debido a la expansión del uso de suelo con pasto y una tendencia importante de reducción en el suelo con caña de azúcar, que se pudo notar con el índice de disimilitud a la profundidad de 15-30 cm.

Se necesitan más investigaciones para vincular esta respuesta de la mesofauna del suelo con la expansión de la caña de azúcar y pasto, y relacionar los cambios con otros indicadores de calidad del suelo, para evaluar prácticas de manejo que potencialmente puedan minimizar los efectos perjudiciales de la caña de azúcar y/o pasto en la fauna del suelo.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por financiar este trabajo a través del proyecto institucional con clave 6218.17-P.

Literatura citada

Altieri, M. A., P. Koohafkan y E. H. Gimenez. 2012. Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología* 7(1):7-18.

Altieri, M. A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture Ecosystems and Environment* 93:1-24.

Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 74:19-31.

Batista, I., M. E .F. Correia, M. G. Pereira, W. Bieluczyk, J. A. Schiavo and J. R. C. Rouws. 2014. Oxidizable fractions of total organic carbon and soil macrofauna in a crop-livestock integration system. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 38(3):797-809.

Bianchi, F. J. J. A., C. J. H. Booij and T. Tscharntke. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest

control. Proceedings of Biological Sciences. the Royal Society of London. 273(1595):1715-1727.

Cabrera, J. A. y R. Zuaznabar. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. Cultivos Tropicales 31(1):5-13.

Cabrera M., H., F. D. Murillo C., D. Ortega Z., J. A. Villanueva J. y A. A. Escobar D. 2011. Impact of mango Manila management systems on arthropods in foliage and weeds. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13:317-326.

Conover, W. J. 1999. Practical nonparametric statistics. 3ra ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA. 584 p.

Decaens, T., J. J. Jimenez, E. Barros, A. Chauvel, E. Blanchart, C. Fragoso et al. 2004. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. Agric. Ecosyst. Environ. 103(2):301-312.

Desiree, J. I., A. V. Pita, V. D. H. Floor and P. C. F. Andre. 2014. Biodiversity impacts of bioenergy crop production: a state-of-the-art review. Glob Change Biol Bioenergy 6(3):183-209.

Farwig, N., D. Bailey, F. Bochud, J. D. Herrmann, E. Kindler, N. Reusser et al. 2009. Isolation from forest reduces pollination, seed predation and insect scavenging in Swiss farmland. Landscape Ecology 24:919-927.

Franco, A. L. C., M. L. C. Bartz, M. R. Cherubin, D. Baretta, C. E. P. Cerri, B. J. Feigl et al. 2016. Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. Science of the Total Environment 563(564):160-168.

Hooper, D. U., F. S. Chapin III, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel et al. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecol. Monogr. 75(1):3-35.

INAP (Instituto Nacional de Administración Pública, A. C.). 2013. Diagnósticos Municipales PACMA. Entidad: Veracruz de Ignacio de la Llave (30), Municipio: Úrsulo Galván (191). 49 p.

Jouquet, P., J. Dauber, J. Lagerlof, P. Lavelle and M. Lepage. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. Appl. Soil Ecol. 32:153-164.

Plan Veracruzano de Desarrollo. 2011-2016. Capitulo IV Economía fuerte para el progreso de la gente. Apartado IV.2 Desarrollo Agropecuario: detonador del crecimiento. Gobierno del Estado de Veracruz. 128-133.

Schon, N. L., A. D. Mackay, R. A. Gray, M. B. Dodd and C. van Koten. 2015. Quantifying dung carbon incorporation by earthworms in pasture soils. *Eur. J. Soil Sci.* 66:348-358.

Silva, R., M. Tomazi, C. R. Pezarico, A. M. Aquino y F. M. Mercante. 2007. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesq. Agrop. Brasileira* 42:865-871.

Triplehorn, C. A. and N. F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th ed. Thomson Brooks/Cole. USA. 864 p.

Van Der Heijden, M. G. A., R. D. Bardgett and N. M. Van Straalen. 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 11(6):296-310.

**EVALUACIÓN DE VARIABLES AGROINDUSTRIALES EN HÍBRIDOS DE *Saccharum* spp.
EN EL GRULLO, JALISCO, MÉXICO**

José C. García Preciado^{71*}, María Guzmán Martínez⁷², Marcelino Álvarez Silva⁷¹ y Jeovani Francisco Cervantes Preciado⁷¹

Resumen

El estado de Jalisco se encuentra entre los tres principales productores de caña de azúcar de México. Dicho cultivo se distribuye en diversos gradientes agroclimáticos de la entidad. Por ello la importancia de fomentar e incursionar en propuestas de manejo y producción adaptadas a condiciones edafoclimáticas específicas, con el afán de aumentar la productividad del cultivo. Entre las cuales se encuentra la selección de nuevos híbridos de caña de azúcar, como una necesidad prioritaria por la poca variabilidad genética con la que actualmente se cuenta a nivel comercial. Por tal motivo, se situó un ensayo con 64 nuevos híbridos de caña de azúcar y cuatro variedades comerciales, en el municipio de El Grullo, ubicado en el área de abasto del Ingenio Melchor Ocampo S.A. de C.V., a una altura sobre el nivel de 880 m. La evaluación se realizó durante dos ciclos (planta y soca), donde se analizaron variables industriales y agronómicas mediante tres técnicas estadísticas multivariadas. Los resultados mostraron que los nuevos híbridos ATEMEX 99-27, ATEMEX 99-5, ATEMEX 99-53, ATEMEX 99-48 y ATEMEX 99-29, resultaron sobresalientes en las condiciones específicas donde se realizó el estudio.

Palabras clave: análisis multivariados, sacarosa, rendimiento, acame

Introducción

La caña de azúcar en Jalisco, representa el segundo cultivo agroindustrial de importancia por superficie sembrada y el tercer lugar en el valor económico de la producción (SIAP, 2015). Desde una percepción nacional, Jalisco ocupa el segundo puesto con una producción de 792 mil toneladas de azúcar y tercero en superficie sembrada con aproximadamente 74 mil hectáreas (CONADESUCA, 2016). Dicho cultivo se distribuye en una amplia gama de condiciones agro-climáticas, que se extienden desde las regiones costeras (300 msnm), hasta la región central del estado (1500 msnm). En la parte suroeste de dicha entidad, se

⁷¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Tecomán.

⁷² Universidad Autónoma de Guerrero.

*garcia.concepcion@inifap.gob.mx

localiza “El Grullo”, municipio que destaca por actividades económicas como la comercial, la agropecuaria y forestal, con 12.3% y 25% respectivamente de aportación (IIEG, 2016). Donde la actividad agropecuaria contempla una superficie de 3,890 hectáreas destinadas para la producción de caña de azúcar (SIAP, 2015). Pero a pesar de la relevancia del cultivo, como en la mayoría de las regiones cañeras de Jalisco, se sigue dependiendo principalmente de dos variedades comerciales: CP 72-2086 y MEX 69-290. Las cuales ocupan una proporción aproximada al 70% del total de variedades comerciales sembradas en dicho lugar (CONADESUCA, 2014). Por lo anterior, se propuso evaluar nuevos híbridos de caña de azúcar (nacionales y extranjeros) provenientes de diversos Campos Experimentales de México, en la fase prueba de adaptabilidad, en condiciones representativas de suelo y clima. Esto mediante métodos estadísticos multivariados, ya que, para la evaluación y selección de híbridos de nuevas generaciones, se requiere de la incursión de propuestas innovadoras (Sentíes-Herrera y Gómez-Merino, 2014). Los resultados de este trabajo serán de utilidad para poner a disposición de los productores e industriales, híbridos de caña de azúcar con buenas características agroindustriales para las siguientes fases de evaluación. Asimismo, contribuir para la evaluación de nuevos híbridos de caña de azúcar, como apoyo al programa de mejoramiento genético del país.

Materiales y métodos

Se seleccionaron híbridos de caña de azúcar (mexicanos y extranjeros) sobresalientes en fases intermedias del proceso de selección, provenientes de campos experimentales que conforman la estructura actual del CIDCA (Campo Experimental Tecomán y Sitio Experimental Costa de Jalisco del INIFAP, Campo Experimental Ingenio Atencingo). Estos se establecieron en septiembre del año 2010, en la localidad “Rancho Corral de Piedra” ubicada en el municipio de El Grullo, el cual pertenece a la zona de abastecimiento del Ingenio Melchor Ocampo S.A. de C.V. El clima prevaleciente en dicho lugar, presenta una temperatura media anual de 22°C, la precipitación acumulada anual es de 852 mm, a una altura sobre el nivel del mar de 880 metros y el tipo de suelo es de textura franca. El ensayo se estableció en fase de prueba de adaptación en condiciones de riego, bajo un diseño experimental bloques completamente aleatorizados sin repeticiones. La unidad experimental fue cuatro surcos de 15 m de longitud por 1.40 m de ancho, y la parcela útil fueron los dos surcos centrales. El número de híbridos evaluados fueron 68, entre ellos las variedades comerciales CP 72-2086, MEX 69-290, ATEMEX 96-40 e ITV 92-1424 como testigos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Híbridos evaluados en el Rancho Corral de Piedra, El Grullo, Jalisco, perteneciente a la zona de abasto del Ingenio Melchor Ocampo.

No.	Híbrido	Origen	No.	Híbrido	Origen
1	C3 COLMEX 05-373	México	35	MEX 69-290 T*	México
2	C12 COLMEX 05-456	México	36	C1 COLMEX 05-730	México
3	C11 COLMEX 05-520	México	37	C1 COLMEX 05-884	México
4	C2 COLMEX 05-232	México	38	C1 COLMEX 05-373	México
5	C3 COLMEX 05-129	México	39	C6 COLMEX 05-897	México
6	C5 COLMEX 05-234	México	40	C4 COLMEX 05-69	México
7	C3 COLMEX 05-107	México	41	C1 COLMEX 05-343	México
8	C3 COLMEX 05-192	México	42	C1 COLMEX 05-236	México
9	C4 COLMEX 05-520	México	43	C2 COLMEX 05-147	México
10	C1 COLMEX 05-327	México	44	C3 COLMEX 05-256	México
11	C3 COLMEX 05-448	México	45	C1 COLMEX 05-255	México
12	C1 COLMEX 05-212	México	46	C1 COLMEX 05-5	México
13	C3 COLMEX 05-484	México	47	ATEMEX 96-40 T*	México
14	C4 COLMEX 05-843	México	48	C3 COLMEX 05-66	México
15	C9 COLMEX 05-147	México	49	C1 COLMEX 05-542	México
16	C10 COLMEX 05-454	México	50	C1 COLMEX 05-47	México
17	C1 COLMEX 05-207	México	51	C7 COLMEX 05-212	México
18	C1 COLMEX 05-114	México	52	ITV 92-1424 T*	México
19	C5 COLMEX 05-192	México	53	C5 COLMEX 05-38	México
20	C1 COLMEX 05-89	México	54	C8 COLMEX 05-38	México
21	C4 COLMEX 05-633	México	55	ATEMEX 99-29	México
22	C1 COLMEX 05-437	México	56	ATEMEX 99-74	México
23	RB 85-5113	Brasil	57	RB 72-1012	Brasil
24	C5 COLMEX 05-633	México	58	CP 16-94	USA
25	C5 COLMEX 05-192	México	59	ATEMEX 99-34	México
26	C1 COLMEX 05-511	México	60	ATEMEX 99-62	México
27	CP 72-2086 T*	USA	61	ATEMEX 99-1	México
28	C3 COLMEX 05-204	México	62	ATEMEX 99-53	México
29	C5 COLMEX 05-373	México	63	ATEMEX 99-14	México
30	C5 COLMEX 05-47	México	64	ATEMEX 99-74	México
31	C8 COLMEX 05-458	México	65	ATEMEX 99-48	México
32	C3 COLMEX 05-633	México	66	ATEMEX 99-53	México
33	C9 COLMEX 05-38	México	67	ATEMEX 99-27	México
34	C3 COLMEX 05-884	México	68	ATEMEX 99-5	México

No.= Número asignado al híbrido para el análisis. T*= Testigo comercial. Origen= Lugar o país de procedencia del híbrido.

Se tomó información de variables de calidad industrial: Sacarosa (%), °Brix, pureza (%), fibra (%), azúcares reductores (%) y humedad de la fibra (%) así como las variables agronómicas: Despaje, acame, deterioro, sanidad, ahuates, población, rendimiento (t ha⁻¹), altura (m) y

diámetro (cm) de tallos (las cinco primeras son cualitativas y el resto son cuantitativas). La evaluación se llevó a cabo durante los ciclos planta y soca; en el primero los datos agronómicos solo se registraron a los trece meses de edad del cultivo y los industriales de los 12 a 16 meses. En el ciclo soca (segundo año), los datos agronómicos fueron tomados a los 12 meses y las variables industriales de los ocho a los once meses. Los datos de ambos ciclos se promediaron para todas las variables. Donde dichos resultados se analizaron con tres técnicas multivariadas: análisis de conglomerados, análisis de correlación canónica y análisis de correspondencia, con el software estadístico R® versión 3.4.0 (Team, R. C., 2015).

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de conglomerados agrupo las 16 variables (agronómicas e industriales) incluidas en el estudio, tomando en cuenta la similitud que existe entre ellas. En el Dendograma de la Figura 1, a una altura de 1.47 se tienen dos grupos de variables y a la altura de 1.2 se tienen 4 grupos de variables. Las variables que se agrupan en alturas pequeñas son las más asociadas. El Grupo 1 agrupo variables de calidad afines. Debido a que los °Brix y la sacarosa mantienen una correlación significativa y positiva, al igual con la pureza, pero con menor significancia (Chaves et al., 1983; Chaves-Solera y Calderón-Araya, 1984). El Grupo 2, agrupa a la variable acame y sanidad, y a su vez ambas se relacionan en menor grado con la altura. El Grupo 3 prácticamente contempla la relación entre el volumen que ocupa el producto económico del cultivo, que son: la población del tallo, el diámetro del tallo y la fibra con humedad. Al respecto Chaves et al. (1983) mencionan que el porcentaje de fibra en el tallo de la caña no tiene correlación con las variables del Grupo 1, pero presenta una correlación significativa (0.54), con el porcentaje de humedad del tallo. En el Grupo 4, despaje y deterioro están más asociadas, al igual que el rendimiento con los ahuates. Conformándose un subgrupo, donde el país de procedencia de los materiales, contempla una menor relación entre el rendimiento y los ahuates. Dicho análisis nos muestra la estrecha relación que representan algunas variables para la evaluación de nuevos híbridos. Ya que en el Grupo 2, se determinó una mala sanidad por que las plantas se acamaron y estas se pudiesen haber acamado por presentar mayor altura. Hay que reconocer que los criterios de evaluación con variables cualitativas son subjetivos en sus apreciaciones, por ejemplo, en el Grupo 4, se determina una estrecha relación entre despaje y deterioro. Pero si analizamos las especificaciones del Manual de Evaluación de Variedades de Caña de Azúcar (IMPA, 1983), es más fácil observar los criterios estipulados para la variable “deterioro” en los híbridos que presentaron mayor despaje.

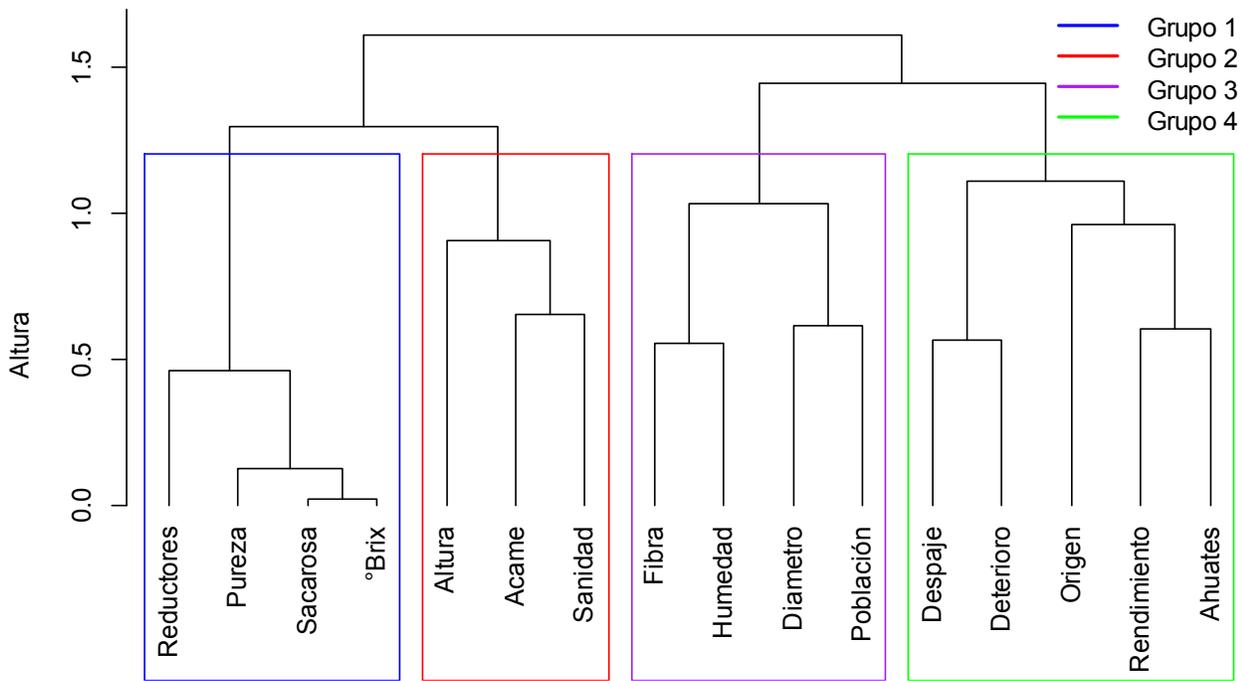


Figura 1. Agrupación de 16 variables, agronómicas e industriales de los materiales evaluados en la fase prueba de adaptación.

De modo que para no conformar especulaciones respecto a la información representada en la Figura 1, nuevamente se determinó un análisis de conglomerados solo las variables cuantitativas, mostrando dos grupos importantes (Figura 2). El Grupo 1, sacarosa y °Brix presentan mayor correlación, en el Grupo 2, fibra y humedad son las más correlacionadas. También se presentan las variables poco relacionadas, entre ellas están contenido de humedad y °Brix. Al respecto, Mujica et al. (2008), tampoco encontraron significancia entre porcentaje de humedad y °Brix en un estudio de variables de calidad en caña de azúcar. Por el contrario, en una investigación sobre el comportamiento agronómico de la caña de azúcar (*Saccharum spp. híbrido*) con fines multipropósitos en Venezuela. Se realizó un análisis de componentes principales en variables agronómicas durante dos ciclos (planta y soca), mismo que demostró una relación inversa entre las toneladas de caña por hectárea y la altura de la planta (Bastidas et al., 2012).

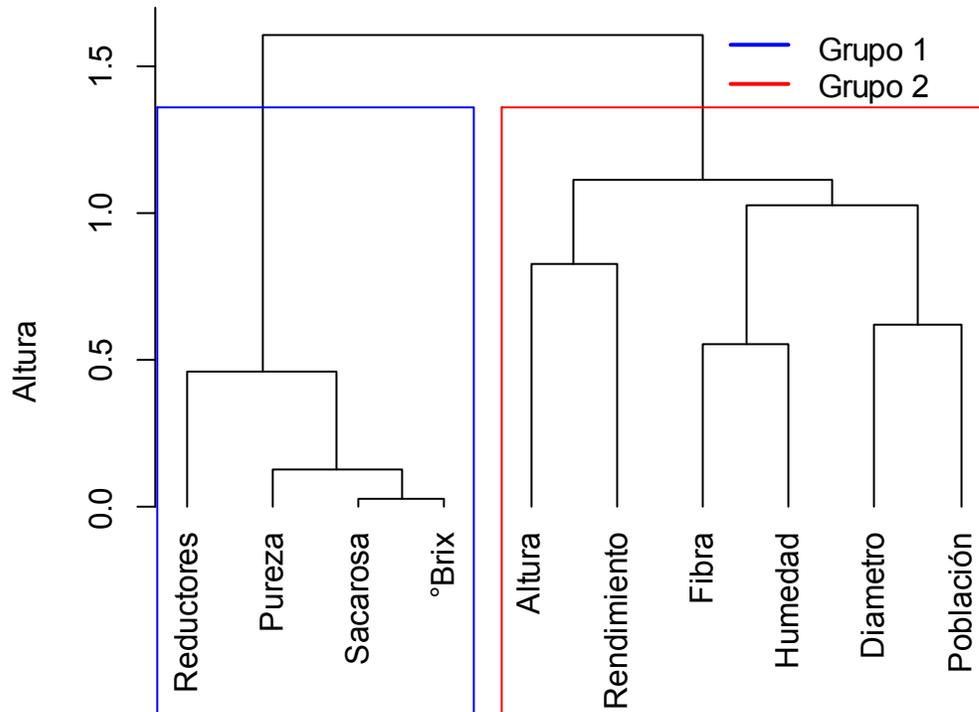


Figura 2. Agrupación variables industriales y agronómicas continuas, en híbridos de caña de azúcar en la fase prueba de adaptación.

Tomando en cuenta los resultados del análisis de conglomerados, se procedió a realizar un análisis de correlación canónica con las variables cuantitativas y un análisis de correspondencia con las variables cualitativas. Para el análisis de correlación canónica se consideraron el Grupo 1 y 2 de la Figura 2.

El primer par de variables canónicas, (U_{G1}, V_{G1}) , con mayor correlación canónica, 0.60, se tuvo en el Grupo 1, y el primer par de variables canónicas, (U_{G2}, V_{G2}) , con menor correlación canónica, 0.40, se tuvo en el Grupo 2. Ambas parejas de variables canónicas explican un 84% de la variabilidad total de los datos. En el Cuadro 2, se muestran los coeficientes estimados de (U_{G1}, V_{G1}) y (U_{G2}, V_{G2}) .

La Figura 3 muestra el comportamiento de los materiales de acuerdo a cada par de variables canónicas. Con respecto (U_{G1}, V_{G1}) , los materiales con mayor contenido en sacarosa son los que se encuentran entre el primer y cuarto cuadrante como: (ATEMEX 99-27, ATEMEX 99-5, ATEMEX 99-53 y ATEMEX 99-48). En cuanto a (U_{G2}, V_{G2}) los materiales se distribuyen de acuerdo a los de mayor contenido de humedad, porcentaje de fibra y rendimiento ($t\ ha^{-1}$) (C3 COLMEX 05-484, C1 COLMEX 05-236, C9 COLMEX 05-38 y C9 COLMEX 05-147). Etiquetando los materiales de acuerdo al grado de acame que presentan se observa lo siguiente: los cinco mejores híbridos de acuerdo a su contenido de sacarosa y el porcentaje de acame son: 67, 66, 68, 65 y 55 (Figura 3 a).

Cuadro 2. Variables canónicas con mayor correlación canónica.

Grupo 1	Variables canónicas Correlación: 0.60 PVE: 0.58		Grupo 2	Variables canónicas Correlación: 0.40 PVE: 0.26	
	U_{G1}	V_{G1}		U_{G2}	V_{G2}
Reductores	-0.76	-0.63	Fibra	0.02	0.70
Pureza	0.89	0.08	Humedad	-0.61	-0.75
Sacarosa	0.89	0.0	Altura	-0.24	0.38
°Brix	0.89	-0.08	Diámetro	0.11	-0.18
			Población	-0.44	0.52
			Rendimiento	0.06	0.05

PVE: Proporción de variabilidad explicada.

Los de mayores rendimientos ($t\ ha^{-1}$) y menor porcentaje de acame son: 42, 13, 15, 20 y 33 (Figura 3 b). Por otra parte, los mejores híbridos por su contenido de sacarosa en porcentaje, rendimiento de campo y el menor porcentaje de acame son: 67, 66, 68, 65, 55, 43, 47, 57, 61 y 63 (Figura 3), de los cuales nueve son nuevos híbridos. De estos solo un material es de origen extranjero (RB 72-1012) y uno es testigo comercial (AteMex 96-40). El análisis de correlación canónica, nos permite clasificar los mejores híbridos de acuerdo las variables que sean de nuestro interés, y responde a las evaluaciones de rutina realizadas para el programa de mejoramiento genético tradicional en caña de azúcar (IMPA, 1983).

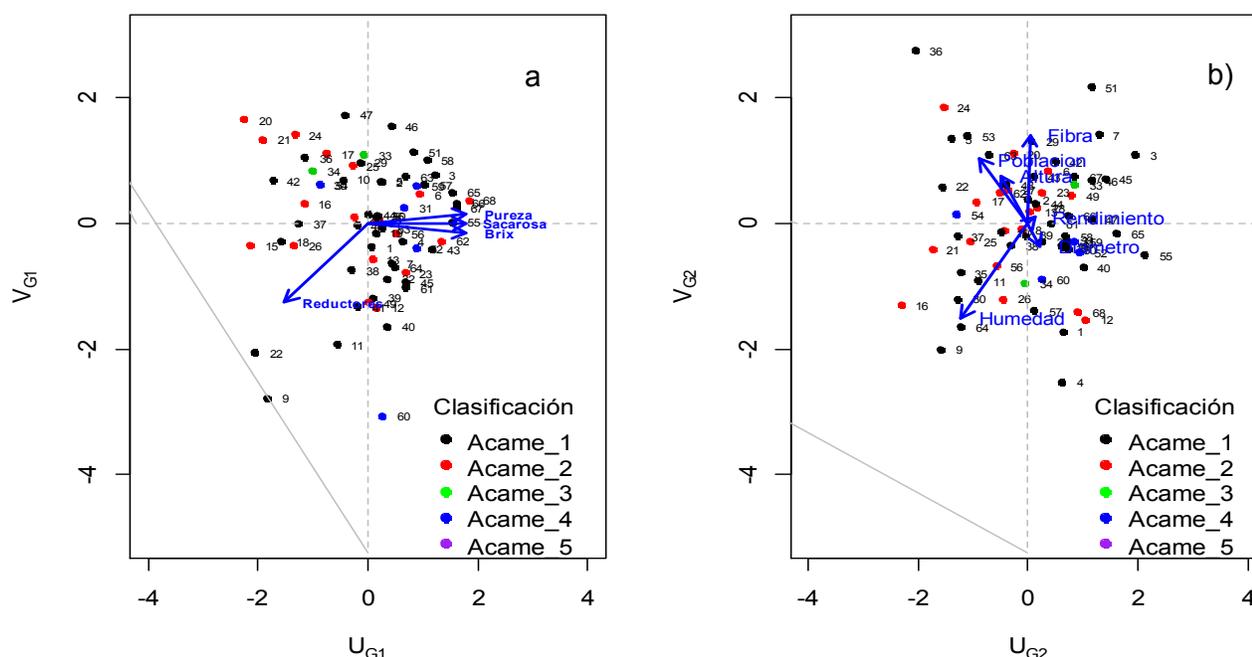


Figura 3. Comportamiento de los materiales en los primeros dos pares de variables canónicas.

En el análisis de correspondencia incluye las variables: despaje, acame, deterioro, sanidad y ahuates. El comportamiento de los materiales con respecto a cada categoría de las variables, se muestra en la Figura 4.

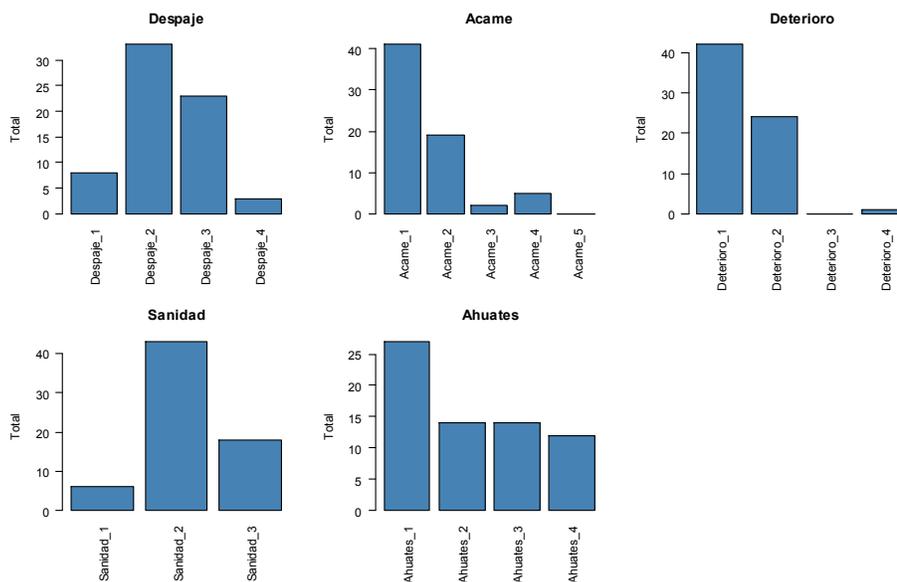


Figura 4. Variables agronómicas cualitativas en híbridos de caña de azúcar.

Obsérvese, que en la mayoría de los casos los materiales se clasifican en las mejores calificaciones de acuerdo a los parámetros del IMPA (1983). Esto se debe a que los híbridos utilizados, se encuentran en una etapa avanzada de evaluación-selección (fase adaptación), es decir, presentan mínimo cinco años previos de selección.

El análisis de correspondencia con las cinco variables agronómicas cualitativas, explican un 24.8 por ciento de la variabilidad total de los datos. Claramente se observa que la mayor parte de los materiales presentan acame 1 y acame 2 y solo un pequeño porcentaje presenta acame 3 y 4 (Figura 5).

Este análisis complementa el análisis de correlación canónica de las variables cuantitativas, ya que permite el estudio de los materiales con respecto a las variables cualitativas agronómicas.

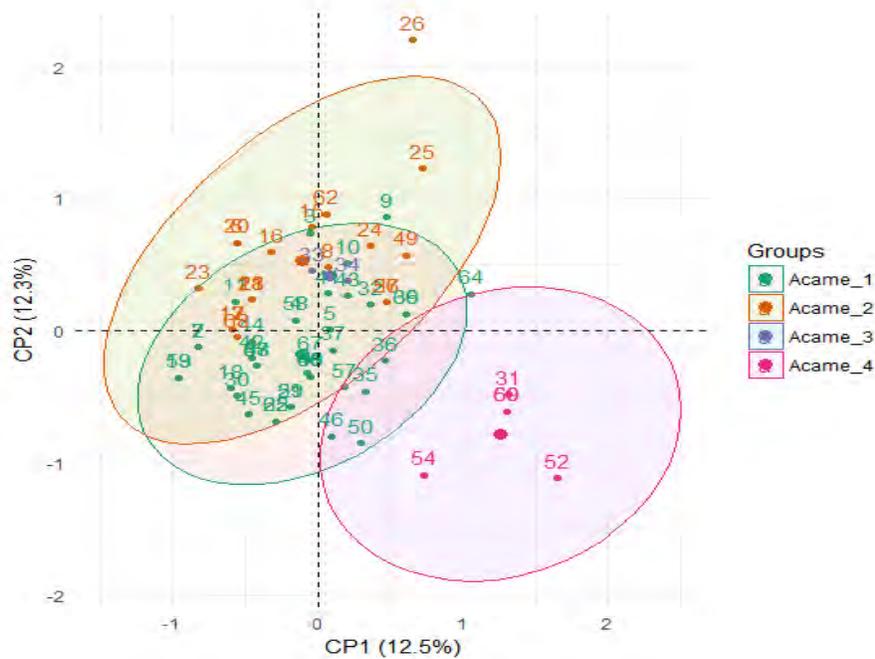


Figura 5. Comportamiento de los 68 materiales respecto al nivel de acame.

Conclusiones

El análisis de conglomerados permitió estudiar la asociación que existe entre las variables industriales y agronómicas del estudio. El análisis de correlación canónica y el análisis de correspondencia se complementan, ya que el primero permite el estudio de los materiales con respecto a las variables cuantitativas y el segundo con respecto a las variables cualitativas. Con ambos análisis se explica la variabilidad total presente en el conjunto de materiales. Y se demuestra que los nuevos híbridos mexicanos: ATEMEX 99-27, ATEMEX 99-5, ATEMEX 99-53, ATEMEX 99-48 y ATEMEX 99-29. son los sobresalientes, considerando la combinación de las variables agroindustriales: Sacarosa, Rendimiento de caña y Acame.

Literatura citada

Bastidas, L., R. Rea, O. De Sousa-Vieira, E. Hernández y R. Briceño. 2012. Análisis de variables agronómicas en cultivares de caña de azúcar con fines azucareros, paneleros y forrajeros. *Bioagro* 24(2):135-142.

Chaves-Solera, M. A., J. L. Corrales-Rodríguez y J. E. Arias-Vargas. 1983. Comportamiento de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), respecto al rendimiento y la madurez. *Revista Azucarera ATACA* 4(2):55-65.

Chaves-Solera, M. A. y J. Calderón-Araya. 1984. Algunas observaciones sobre la variabilidad del rendimiento y sus componentes en una población de caña de azúcar. p. 158-159. In: Congreso Agronómico Nacional 6. Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica.

CONADESUCA. 2016. Reporte de producción de caña y azúcar. Zafra 2015/16. Reporte de avance de producción por estado (semana no. 41). 5 p.

CONADESUCA. 2014. Reporte de variedades de caña y azúcar. Zafra 2012/13. <http://www.conadesuca.gob.mx/DocumentosEficProductiva/1.%20Campo/Variedades%20de%20Caña%20por%20Ingenio%20Zafra%202013.xlsx>. [consultado el 25 de septiembre de 2015].

IMPA. 1983. Programa de variedades, objetivos, importancia y metodología experimental. Centro Nacional de Investigaciones Azucareras. Córdoba, Veracruz.

IIEG. Instituto de Información Estadística y Geográfica. 2016. El Grullo diagnóstico del municipio. <http://www.iieg.gob.mx/>. [consultado el 21 de diciembre de 2016]

Mujica, M. V., M. Guerra y N. Soto. 2008. Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. *Interciencia* 33(8):598-603.

Sentíes-Herrera, H. E. y F. C. Gómez-Merino. 2014. Nueva directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad* 7(2):10-12.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto. [consultado el 23 junio de 2016].

Team, R. C. 2015. R: a language and environment for statistical computing [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. [consultado el 20 de junio de 2016].

FERTILIZACIÓN FOLIAR CON NANOPARTÍCULAS DE TITANIO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

Federico Lezama Castelán^{73*}, Luz Anel López Garay⁷³ y Libia Iris Trejo Téllez⁷⁴

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de las nano partículas de titanio aplicadas vía foliar en el desarrollo de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de la variedad Poinset. El experimento fue realizado bajo condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado a 19°27'49.7"N, 98°54'19.9"O a una altitud de 2245 m. Se realizaron dos experimentos utilizando un diseño experimental por bloques; en el primero de ellos, los tratamientos foliares fueron: 0, 2.5, 4, 10 y 15 mg NPsTi L⁻¹, de los cuales se realizaron cuatro aplicaciones en intervalos de siete días, a partir del 1 de julio de 2016, en plántulas de 16 días de emergidas, que se mantuvieron en charolas de germinación de poliestireno y utilizando turba como sustrato; en este ensayo se evaluaron las variables de crecimiento altura de planta (AP), longitud de raíz (LR) y área foliar (AF). En el segundo experimento se evaluaron los tratamientos: 0, 15 y 20 mg NPsTi L⁻¹, de los cuales también se hicieron cuatro aspersiones cada siete días, a partir del 23 de agosto de 2016, en plántulas de 43 días de emergidas, ubicando las plántulas en vasitos de plástico utilizando turba como sustrato y ubicando los vasitos de cada tratamiento en charolas de plástico; en este ensayo se determinaron las concentraciones de macronutrientes, micronutrientes y Ti en vástagos. Los resultados obtenidos de los dos experimentos evaluados permiten concluir que dosis bajas de NPsTi (2.5 y 5 mg L⁻¹) asperjadas al follaje de plántulas de pepino variedad Poinset tienen efectos negativos en el crecimiento; por el contrario, a partir de 15 mg NPsTi L⁻¹, se promueve el crecimiento y se incrementan las concentraciones en vástago de P, Mg y micronutrientes, cabe la posibilidad de obtener resultados favorables para su utilización como auxiliar en la fertilización de las plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.), utilizando las nanopartículas de Ti en una concentración mayor y en un estado fenológico más avanzado de las plántulas.

⁷³Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

⁷⁴Colegio de Postgraduados. Posgrado en Edafología. Campus Montecillo.

*136w0177@itszongolica.edu.mx

Palabras clave: elementos benéficos, parámetros de crecimiento, concentración nutrimental, nanotecnología

Introducción

Además de los elementos esenciales, en la nutrición de plantas superiores existe otro grupo de elementos que son considerados benéficos (Pilon-Smits et al., 2009), estos elementos incluyen al Al, Ce, Co, La, Na, Se, Si, Ti, V y I. Los elementos benéficos al ser suministrados en bajas concentraciones a las plantas, pueden promover crecimiento y desarrollo, y estimular mecanismos de resistencia a factores de estrés biótico y abiótico, o favorecer el aprovechamiento de otros nutrimentos (Trejo-Téllez et al., 2007).

En otro orden de ideas, la nanociencia y la nanotecnología están expandiéndose en diferentes campos, entre ellos en la agricultura. En particular en el área de la nutrición vegetal existen una serie de oportunidades usando nanotecnologías; entre éstas, una mayor seguridad de aplicación debido a la escala (fertilización localizada), control de la velocidad de liberación de nutrimentos, mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes, reduciendo las lixiviaciones y otras formas de pérdida de fertilizantes, con la consiguiente reducción de costos.

Por otra parte, el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es de gran importancia económica en México debido a la demanda en el mercado nacional e internacional, tanto en fresco y procesado.

En el contexto anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación foliar de Ti, clasificado como elemento benéfico, en forma de nanopartículas, en el crecimiento y concentración nutrimental de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad Poinset, bajo condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo ubicado a 19° 27' 49.7" LN, 98° 54' 19.9" LO a una altitud de 2245 m. Se utilizaron semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de la variedad Poinset.

Se realizaron dos experimentos consistentes en la aplicación foliar de diferentes concentraciones de nanopartículas de titanio (NPsTi; TiO₂ 99.7 %, <25 nm); en todas las soluciones aplicadas se adicionó Tween® 20 como surfactante a razón de 1 mg 100 mL⁻¹. En

ambos ensayos, las unidades experimentales de los tratamientos fueron distribuidos completamente al azar en el invernadero y durante la fase experimental, las plántulas se regaron con solución nutritiva de Steiner al 20% (Steiner, 1984).

Experimento 1

Plántulas de 16 días con dos hojas verdaderas, fueron tratadas vía foliar, con las siguientes concentraciones de nano partículas de titanio: 0, 2.5, 5.0, 10.0 y 15.0 mg L⁻¹. Se realizaron cuatro aspersiones foliares, éstas con un intervalo de aplicación de 7 días. El sustrato empleado fue turba, la unidad experimental fue una planta establecida en semillero de poliestireno de 200 cavidades, instaladas bajo invernadero, cada tratamiento tuvo 30 réplicas. Después de 30 días del inicio de la aplicación de tratamientos, se evaluó la altura de planta, la longitud de raíz y el área foliar.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante prueba de significancia estadística (Tukey, $P \leq 0.05$); con el software SAS (SAS, 2011).

Experimento 2

Plántulas de 43 días con dos hojas verdaderas o más, fueron tratadas vía foliar, con las siguientes concentraciones de nano partículas de titanio 0, 15.0 y 20.0 mg L⁻¹. Se realizaron cuatro aspersiones foliares cada 7 días. El sustrato empleado fue turba, la unidad experimental fue una planta establecida en un vaso de plástico, cada tratamiento tuvo 15 réplicas.

Después de 30 días del inicio de la aplicación de tratamientos, se determinaron las concentraciones de nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B), así como de Ti en vástagos. La concentración de N se realizó mediante el método semi-micro Kjeldahl (Bremner, 1965); mientras que la del resto de los elementos se determinó en el extracto resultante de digestión ácida (Alcántar y Sandoval, 1999), mediante espectroscopía de emisión.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante Tukey ($P \leq 0.05$) con el software SAS (SAS, 2011).

Resultados y discusión

Experimento 1

El Ti tuvo efectos negativos en la altura de planta; ésta fue reducida de manera significativa en el tratamiento 2 mg NPsTi L⁻¹, respecto al testigo. En el resto de los tratamientos con Ti, si bien no guardan diferencia estadística con el testigo, muestran una tendencia a reducir la altura de la planta (Figura 1).

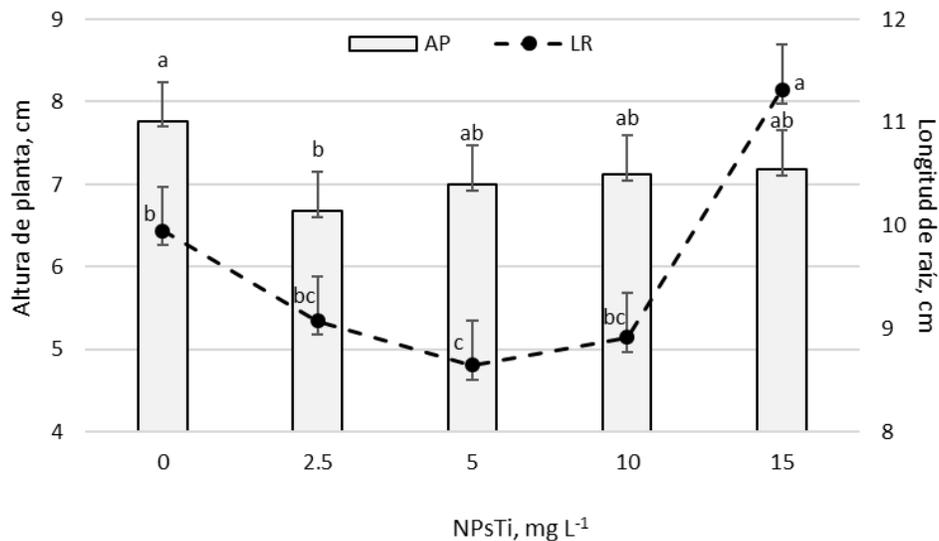


Figura 1. Altura de planta (AP) y longitud de raíz (LR) de plántulas de pepino tratadas con cuatro aspersiones foliares en intervalos de siete días con nanopartículas de Ti, bajo condiciones de invernadero y empleando turba como sustrato. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

En la variable longitud de raíz, el Ti tuvo efectos positivos ya que en el tratamiento 15 mg NPsTi L⁻¹, se mostró un incremento considerable respecto del testigo, con el resto de tratamientos no se tuvo una diferencia significativa (Figura 1).

Dosis de 2.5 y 5 mg NPsTi L⁻¹, redujeron de manera significativa el área foliar por planta, respecto al testigo, con reducciones del orden de 13.9 y 30%, respectivamente. En el resto de tratamientos con Ti, la tendencia mostrada en esta variable fue negativa, pero los resultados obtenidos nos son estadísticamente diferentes al testigo (Figura 2).

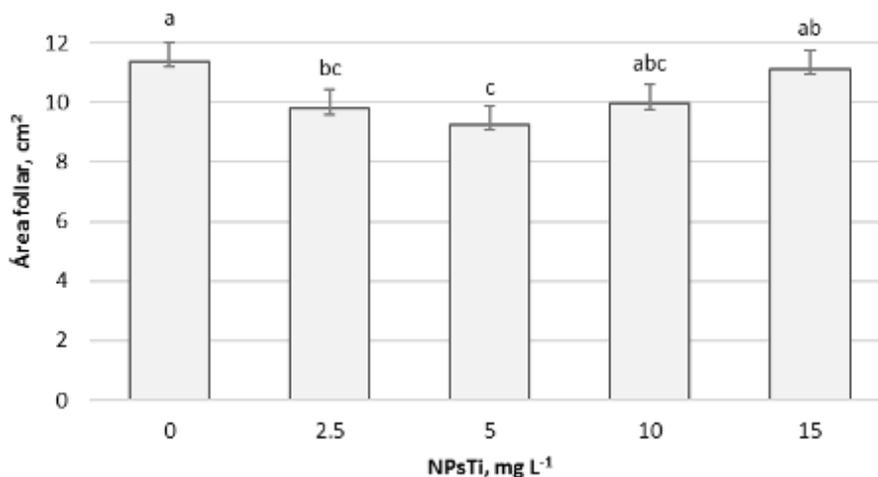


Figura 2. Área foliar de plántulas de pepino tratadas con cuatro aspersiones foliares en intervalos de 7 días con nanopartículas de Ti, bajo condiciones de invernadero y empleando turba como sustrato. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Experimento 2

El tratamiento consistente en la aplicación foliar de 15 mg NPsTi L⁻¹, redujo de manera significativa la concentración de K en vástago, respecto al testigo y a la dosis más alta de Ti evaluada (20 mg L⁻¹). Por el contrario, 20 mg NPsTi L⁻¹ incrementan de manera significativa las concentraciones de P y Mg en vástago, con incrementos de 23.9 y 25%, respectivamente, en comparación con el testigo. No existieron efectos significativos de los tratamientos en las concentraciones de N y Ca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentración de macronutrientes en vástagos de pepino de plántulas tratadas con cuatro aspersiones foliares en intervalos de siete días con nanopartículas de Ti, bajo condiciones de invernadero y empleando turba como sustrato.

NPsTi, mg L ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg
0	20.53±2.31 a	3.22±0.29 b	6.91±0.51 b	15.95±0.59 a	8.12±0.36 b
15	20.91±3.02 a	3.42±0.22 b	3.42±0.22 c	14.29±1.46 a	8.90±0.48 b
20	24.41±2.58 a	3.99±0.18 a	11.29±0.52 a	15.80±1.25 a	10.16±0.38 a

Medias ± DE en cada columna con letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Por otro lado, las concentraciones de los micronutrientes y de Ti se relacionaron de manera positiva con las concentraciones de NPsTi asperjadas al follaje, siendo en todos los casos los valores obtenidos con el tratamiento 20 mg NPsTi L⁻¹, estadísticamente superiores al testigo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración de micronutrientos y de Ti en vástagos de pepino de plántulas tratadas con cuatro aspersiones foliares en intervalos de siete días con nanopartículas de Ti, bajo condiciones de invernadero y empleando turba como sustrato.

NPsTi (mg L ⁻¹)	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na	Ti
0	126.9±1.6c	5.0±0.25b	29.3±3.09b	26.3±1.15c	62.0±4.9b	1246.2±105.61b	7.8±0.18c
15	172.2±14.6b	24.2±3.71a	33.9±6.80ab	43.5±3.12b	78.5±4.7a	2027.1±372.46a	39.3±3.13b
20	190.6±6.2a	9.7±2.67b	40.0±2.63a	69.2±5.38a	85.7±3.8a	1992.5±125.36a	324.4±13.39 a

Medias ± DE en cada columna con letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Según lo encontrado por (Alcaraz et al., 1991), las concentraciones más elevadas de Ti, se encuentran en el órgano receptor de este mismo, sin haber translocación a algún otro órgano de la planta, y por lo observado en los análisis nutrimentales de las hojas de las plántulas de pepino, la dosis más alta de Ti incrementó la absorción de P, Mg y de los micronutrientos.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos durante la realización del experimento se concluye que dosis bajas de NPsTi (2.5 y 5 mg L⁻¹) asperjadas al follaje de plántulas de pepino variedad Poinset tienen efectos negativos en el crecimiento; por el contrario, a partir de 15 mg NPsTi L⁻¹, se promueve el crecimiento y se incrementan las concentraciones en vástago de P, Mg y micronutrientos.

Agradecimientos

Al Laboratorio Salvador Alcalde Blanco del Posgrado de Edafología del Colegio de Postgraduados por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación.

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial No. 10. SMCS. Chapingo, México. 150 p.
- Alcaraz, C., Martínez-Sánchez, F. y Giménez, J. 1991. Ascorbato de titanio, fertilizante foliar. Agricultura 708:636-638.

Bremner, J. M. 1965. Methods of soil analysis. Total Nitrogen. p. 1149-1178. In: Black, C. A. (ed.). Agronomy. American Society of Agronomy.

Pilon-Smits, E., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M. and Schiavon, M. 2009. Physiological functions of beneficial elements. Current Opinion in Plant Biology 12:267-274.

SAS. 2011. Institute. Statistical Analysis System version 9.3. User's Guide. Cary, NC.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. p. 633-650. In: 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.

Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C. y Alcántar-González, G. 2007. Elementos benéficos. p. 59-101. In: Alcántar, G. y L. I. Trejo-Téllez (eds.). Nutrición de cultivos. MundiPrensa y Colegio de Postgraduados. México, D. F.

SUSTRATOS E INOCULACIÓN MICORRÍZICA-ARBUSCULAR DE PLÁNTULAS DE CHILE COMAPEÑO BAJO CONDICIONES DE AGRICULTURA PROTEGIDA

Isabel Alemán Chávez^{75*}, Gabriela Álvarez Landa⁷⁶, Ramón Zulueta Rodríguez⁷⁵, Luis Guillermo Hernández Montiel⁷⁷ y Liliana Lara Capistrán⁷⁵

Resumen

La producción exitosa de especies hortícolas cultivadas en invernadero no sólo depende de las propiedades de anclaje del sistema radicular y nutrición que un sustrato, colocado en forma pura o en mezcla, favorezca un soporte adecuado de las plántulas colocadas en un contenedor, sino que, en concordancia de un plan de manejo, coadyuve a optimizar la obtención de biomasa con el valor agrícola deseado. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de sustratos inorgánicos, la adición de lombricomposta y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de chile comapeño en etapa de semillero, bajo condiciones de agricultura protegida. El trabajo se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, Campus Xalapa. Se establecieron dos bioensayos: El primero, con catorce tratamientos provenientes de la combinación de agrolita, vermiculita, tepezil, arena, gravilla, tierra de monte, peat moss y lombricomposta, y el segundo con siete tratamientos ordenados también con los materiales mencionados, más la inclusión de los HMA; ambos bioensayos con 40 repeticiones. Se avaluó: porcentaje de germinación, altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, biomasa seca, volumen radicular, índice verde y porcentaje de colonización radicular. Con peat moss (Pm) se obtuvieron plantas de mayor altura, diámetro de tallo y número de hojas; seguido de tepezil + lombricomposta (T+L). Este último tratamiento también produjo la mayor cantidad de biomasa seca, con incrementos 100 veces mayores, respecto a las plántulas del testigo, mientras que para volumen radicular destacó la vermiculita (Ve), con ganancias muy superiores en comparación con las plántulas del testigo. En el índice verde, el mejor tratamiento fue con tierra de monte, seguido del Pm, donde la germinación fue de 89%. En el

⁷⁵ Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090, Xalapa, Veracruz, México.

⁷⁶ Alumna egresada de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090, Xalapa, Veracruz, México.

⁷⁷ Investigador del Programa de Agricultura en Zonas Áridas del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo 195, Col. Playa de Santa Rita, C.P. 23090, La Paz, BCS, México.

* isaaleman@gmail.com

segundo bioensayo, con gravilla + hongos micorrízicos (Gr+HMA), se tuvieron plántulas de mayor altura, con tepezil + hongos micorrízicos (T+HMA) de mayor diámetro y número de hojas, con peat moss + hongos micorrízicos (Pm+HMA) mayor biomasa seca, con vermiculita + hongos micorrízicos (Ve+HMA) mayor volumen radicular e índice verde y con T+HMA (79.6%) y Pm+HMA (73.2%), mayores porcentajes de colonización radicular, siendo en este último, con el que se registró el porcentaje de germinación más alto (98%). En el primer bioensayo el mejor tratamiento fue Pm, mientras que en el segundo fue T+HMA.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., lombricomposta, biofertilizantes, semillero, colonización radicular

Introducción

La horticultura protegida en México se ha venido perfeccionando desde los 90's, y aunque las tasas de crecimiento cercanas al 20% se dieron durante 2004 y 2005, su implementación sigue siendo muy significativa (Huerta, 2009). Un aspecto importante en este tipo de sistemas agro-productivos son los materiales, medios y sustratos que se utilizan para el control más integral en alguna de las etapas del cultivo de especies ornamentales y hortícolas (Pastor, 1999).

En cuanto a la elección de estos últimos, una de las ventajas que representa el uso de los sustratos regionales, es la disponibilidad y menor costo, y más aún los de origen orgánico, dada la tendencia al manejo de sistemas de producción con enfoque sustentable (Humpert, 2000). En nuestro país se generan diversos materiales de desecho que pueden servir como sustrato, aunque en determinadas circunstancias, deban pasar por un proceso de acondicionamiento y transformación previos a su utilización (Cruz-Crespo et al., 2013). Sin embargo, debido al escaso conocimiento sobre la utilidad de diversos materiales, para la producción agrícola en algunas regiones del país, su explotación es escasa, por lo que, es importante difundir que es un sustrato, así como, los requerimientos a considerar para su uso, y las ventajas que pudiesen provenir del mismo. Es importante enfatizar, que antes de decidir por el uso de un sustrato, se debe caracterizar, es decir, analizar sus propiedades y cualidades en favor de la especie que se desee cultivar (Cruz et al., 2010). Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes sustratos inorgánicos, la adición de lombricomposta y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de chile comapeño (*Capsicum annuum* L.) en etapa de semillero, bajo condiciones de agricultura protegida.

Materiales y métodos

Localización geográfica del área de estudio

El experimento se realizó en el área de invernaderos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, localizada en el circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, zona universitaria, en Xalapa, Ver., México, a 19°30'58.34" de latitud norte y 96°55'06.44" de longitud oeste, a una altitud de 1,357 m (Vara, 2012).

Descripción de los tratamientos

En el experimento 1 se evaluó el efecto de la combinación de lombricomposta y diversos sustratos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de *C. annuum*, con los siguientes tratamientos:

T1: agrolita + lombricomposta (A+L), T2: vermiculita + lombricomposta (Ve+L), T3: tepezil + lombricomposta (T+L), T4: arena + lombricomposta (Ar+L), T5: gravilla + lombricomposta (Gr+L), T6: tierra de monte + lombricomposta (Tm+L), T7: peat moss + lombricomposta (Pm+L), T8: agrolita (A), T9: vermiculita (Ve), T10: tepezil (T), T11: arena (Ar), T12: gravilla (Gr), T13: tierra de monte (Tm) y T14: peat moss (Pm); cada uno con 40 repeticiones.

En el experimento 2, se evaluó el efecto de la micorrización arbuscular con diversos sustratos en plántulas de *C. annuum*, con los siguientes tratamientos:

T1: agrolita + hongos micorrízicos (A+HMA), T2: vermiculita + hongos micorrízicos (Ve+HMA), T3: tepezil + hongos micorrízicos (T+HMA), T4: arena + hongos micorrízicos (Ar+HMA), T5: gravilla + hongos micorrízicos (Gr+HMA), T6: tierra de monte + hongos micorrízicos (Tm+HMA) y T7: peat moss + hongos micorrízicos (Pm+HMA); cada uno con 40 repeticiones.

Desinfección, llenado de charolas germinadoras y siembra

Para realizar actividades, se ocuparon charolas de germinación de unigel reforzado (de 34.0 x 67.0 x 7.0 cm) con 200 cavidades, las cuales se lavaron con agua destilada y se desinfectaron con hipoclorito de sodio [cloro al 5% por 30 minutos]. Posteriormente se procedió al llenado con los distintos sustratos (2.7 g cavidad⁻¹) y combinación de tratamientos indicados. En este bioensayo, el inóculo utilizado (consorcio MTZ1-UV, 2.7 g cavidad⁻¹ y conformado por propágulos de *Rhizoglosum intraradices*, *Funneliformis mosseae* y *Claroideoglosum etunicatum*, 100% infectivos) fue proporcionado por el Laboratorio de Organismos Benéficos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, Campus Xalapa.

La siembra de semillas de chile comapeño fue precedida por su desinfección con hipoclorito de sodio (cloro al 10% por 15 minutos) (Duncan y Howard, 2000; Zhu et al., 2000) y enjuague

con agua destilada estéril durante 15 minutos, antes de ser colocadas en sus respectivas cavidades.

Mantenimiento de las plántulas en vivero

El mantenimiento de las plántulas en vivero consistió en aplicar un riego por las mañanas y otro por las tardes, adicionándole una aplicación semanal de solución nutritiva de Hoagland, menos fósforo (2 mL cavidad⁻¹), modificada en su fórmula original por Fernández y Johnson (1986), al contener hierro en forma de quelato. En el Cuadro 1 se muestran las variables evaluadas, su fecha de registro y las metodologías consideradas en esta investigación.

Cuadro 1. Variables evaluadas, metodología y periodo de registro de datos.

Variables	Metodología	Periodo (fecha u oportunidad)
Altura de las plantas (cm)	Medida con una regla graduada desde la superficie del contenedor hasta el inicio del meristemo apical.	Cada ocho días
Diámetro del tallo (mm)	Determinado con un vernier graduado en la base del tallo.	Cada ocho días
Número de hojas	Contabilizado en forma visual.	Cada ocho días
Índice verde	Determinado con un medidor de contenido de clorofila mediante reflectancia FieldScout CM 1000 (Icrc [¥]).	45 días, al finalizar el experimento
Volumen radicular	Determinado por la cantidad de agua desplazada (mL), al sumergir el sistema radicular completo en una probeta graduada.	45 días, al finalizar el experimento
Biomasa seca de follaje y raíz	Determinada con una balanza digital modelo Precisa 125 ASC5, en tejidos vegetales mantenidos a 70°C en una estufa Robetshaw con doble termostato (de 50-300°C alcanzaban peso constante).	60 días, al finalizar el experimento
Porcentaje de colonización micorrízica	Primeramente, se recurrió a la técnica de clareo y tinción de raíces propuesta por Phillips y Hayman (1970), seguida por el cálculo del porcentaje de raíz colonizada, mediante la técnica de intersección de líneas de Giovannetti y Mosse (1980).	45 días, al finalizar el experimento

[¥]Icrc=Índice de contenido relativo de clorofila (0 a 999) en proporción a la transmitancia de la luz incidente.

Análisis estadístico

Con el software Statistica, versión 8.0.360.0 para Windows, se realizó análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de promedio se aplicó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher al 5% de probabilidad de error.

Resultados y discusión

En el Experimento 1 se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en todas las variables cuantificadas. Con el tratamiento peat moss (Pm) se tuvieron plántas significativamente de mayor altura en todas las fechas de medición, las cuales fueron superiores hasta en 100 veces a las alcanzadas con tepezil (T). En la variable diámetro del tallo, a los 15 días después de la siembra (dds) los mejores tratamientos fueron T+L, Tm y Pm, aunque a partir de los 22 dds y al finalizar el bioensayo (45 dds), los mejores tratamientos fueron T+L y Pm, con 1.82 y 1.71 mm, respectivamente. Con Pm también se obtuvo mayor cantidad de hojas, la cual fue hasta 837.85 veces superior a las obtenidas con agrolita (A) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedio de las variables cuantificadas durante el crecimiento de chile comapeño en diversos sustratos y su combinación con lombricomposta bajo invernadero.

Tratamientos	Altura (cm)				Diámetro (mm)				Número de hojas						
	15 d.d.s	22 d.d.s	30 d.d.s	37 d.d.s	45 d.d.s	15 d.d.s	22 d.d.s	30 d.d.s	37 d.d.s	45 d.d.s	15 d.d.s	22 d.d.s	30 d.d.s	37 d.d.s	45 d.d.s
A+L	0.29 g	0.34 g	0.47 j	0.73 h	0.90 h	0.14 g	0.16 g	0.19 f	0.23 f	0.26 f	0.36 gh	0.60 h	1.06 f	1.20 g	1.56 g
Ve+L	1.46 ef	1.74 f	2.82 hi	3.97 efg	5.14 ef	0.68 e	0.81 e	0.94 d	1.16 d	1.24 d	2.00 e	3.36 f	5.23 d	6.53 e	8.40 e
T+L	3.46 b	5.09 c	6.89 bc	8.97 b	11.38 b	0.92 bc	1.16 ab	1.38 a	1.60 a	1.82 a	4.16 bc	5.73 ab	7.73 ab	9.46 ab	11.20 ab
Ar+L	2.87 c	4.13 d	5.98 cd	7.84 bc	9.42 c	0.81 bcd	1.04 bc	1.24 acd	1.45 abc	1.62 abc	3.10 d	4.90 cb	6.83 bc	8.50 bcd	10.50 bcd
Gr+L	2.21 d	3.11 e	5.45 de	7.29 cd	9.60 c	0.73 cde	0.89 de	1.08 cd	1.28 cd	1.44 cd	2.96 d	4.40 de	5.93 cd	7.50 cde	9.23 de
Tm+L	2.49 cd	4.34 cd	6.17 cd	8.28 bc	9.68 c	0.73 cde	0.94 cde	1.12 c	1.35 c	1.51 bc	2.93 d	4.73 cde	6.63 bc	8.50 bcd	10.33 bcd
Pm+L	1.00 f	1.68 f	2.68 hi	3.37 fg	8.81 fg	0.31 f	0.40 f	0.48 e	0.58 e	0.65 e	0.96 fg	1.90 g	2.73 e	3.60 f	4.46 f
A	2.01 de	3.10 e	4.89 ef	6.38 d	7.34 d	0.64 e	0.87 e	1.18 bc	1.36 bc	1.53 bc	3.16 d	4.03 ef	5.90 cd	7.43 de	0.40 de
Ve	2.41 cd	3.27 c	4.04 fg	5.05 e	6.10 de	0.85 bc	1.03 bcd	1.22 abc	1.38 bc	1.55 bc	3.80 c	4.46 de	6.66 bc	8.63 bc	10.63 bcd
T	0.00 g	0.00 g	0.00 j	0.00 h	0.00 h	0.00 h	0.00 h	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 h	0.00 h	0.00 g	0.00 h	0.00 h
Ar	2.13 d	2.90 e	3.68 gh	4.55 ef	5.57 e	0.74 cde	0.94 cde	1.11 cd	1.28 cd	1.43 cd	4.53 ab	5.30 bc	5.96 cd	7.66 cde	9.43 cde
Gr	1.90 f	1.43 f	2.13 i	2.70 g	3.04 g	0.34 f	0.41 f	0.49 e	0.58 e	0.66 e	1.36 f	1.90 g	2.26 e	3.23 f	4.23 f
Tm	5.93 a	6.81 b	7.90 b	8.94 b	10.56 bc	0.92 ab	1.17 ab	1.31 ab	1.46 abc	1.62 abc	4.70 ab	5.70 b	6.83 bc	8.83 b	10.83 abc
Pm	5.82 a	8.63 a	11.14 a	13.32 a	14.82 a	0.99 a	1.20 a	1.36 a	1.54 ab	1.71 ab	5.00 a	6.50 a	8.10 a	10.03 a	12.13 a

Para cada tratamiento, columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (DMS, $P \leq 0.05$).

Las respuestas indicadas pueden atribuirse a distintas propiedades y características, que tienen tanto la lombricomposta, como el peat moss, en cuanto a la capacidad de activar procesos y condiciones propicias, para coadyuvar al crecimiento y desarrollo de las plántulas (Ortega-Martínez et al., 2010). No obstante, la porosidad que le caracteriza al peat moss, permite al sistema radicular obtener condiciones adecuadas para el desarrollo de las plántulas (Cruz et al., 2010), para obtener buena producción en la horticultura, sin menospreciar considerarle un producto reutilizable, libre de patógenos, nematodos, bacterias y semillas no deseables (Hydro Environment, 2017).

Con el tratamiento T+L se produjo la mayor cantidad de biomasa seca a los 60 dds, la cual sobrepasó a las obtenidas por los demás tratamientos (DMS, $P \leq 0.05$), con un valor 100 veces superior a la obtenida con el tratamiento testigo. En el volumen radicular, a los 45 dds, sobresalió el tratamiento Ve (DMS, $P \leq 0.05$), el cual aventajó 600 veces a los volúmenes radiculares obtenidos en las plántulas del testigo. Para la variable índice verde, a los 45 dds, los mejores tratamientos fueron: Tm y Pm (DMS, $P \leq 0.05$); el primero aventajó a las plántulas del testigo en 275 unidades Icrc.

En el Experimento 2, también se detectaron diferencias significativas en altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas en todas las fechas de medición. En el Cuadro 3 se aprecia que con el tratamiento Gr+HMA se obtuvieron plántulas con mayor altura, con incrementos 89.49 veces superiores, respecto a la altura de las plántulas del testigo. En las variables diámetro del tallo y número de hojas, a los 45 dds, el mejor tratamiento fue T+HMA (DMS, $P \leq 0.05$), el cual superó en 130.61 y 80 veces a las plántulas del tratamiento testigo. Esto puede atribuirse, a que tanto la gravilla (Martínez y Roca, 2011) como el tepezil son materiales inertes que sólo aumentan el espacio poroso y facilitan la oxigenación en los sustratos elaborados, lo que evita la pudrición de raíces (Cruz et al., 2010) y favorece el establecimiento de una simbiosis funcional de los hongos micorrízicos arbusculares con sus hospederas (Barrer, 2009).

Cuadro 3. Valores promedio de las variables cuantificadas durante el crecimiento de chile comapeño en diversos sustratos y su combinación con hongos micorrízicos arbusculares, bajo invernadero.

Tratamientos	Altura (cm)					Diámetro (mm)					Número de hojas				
	15	22	30	37	45	15	22	30	37	45	15	22	30	37	45
	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS	DDS
A+HMA	090bc	106cd	182bc	253bc	353abc	041bc	049c	058c	067cb	079b	133bc	200bc	303bc	360cd	483bc
V+HM	131ab	154abc	227ab	318ab	437ab	061a	070ab	079ab	092ab	105ab	190a	260ab	403ab	513ab	650ba
T+HMA	112ab	136bc	179bc	240bc	313bc	062a	073a	083a	095a	113a	200a	306a	466a	560a	723a
Ar+HMA	126ab	155ab	199bc	226bc	274c	044b	053bc	060bc	070bc	081b	203a	276ab	416ab	486abc	616ab
Gr+HMA	146 a	188a	288a	374a	451a	055ab	065abc	073abc	086abc	098ab	166ab	253ab	400ab	463abc	623ab
Tm+HMA	132ab	150abc	216ab	243bc	300c	045b	055abc	063abc	074abc	084b	153ab	253ab	386ab	396bc	530b
Pm+HMA	069c	079d	139c	197c	238c	026c	031d	036d	043d	049c	083c	136c	210c	250d	323c

Para cada tratamiento, columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (DMS, $P \leq 0.05$).

A los 45 dds, con el tratamiento Pm+HMA, se incrementó la biomasa seca en 300 veces, respecto a las plántulas del testigo (DMS, $P \leq 0.05$), mientras que, en la misma fecha, con el tratamiento Ve+HMA, se obtuvo el mayor volumen radicular, el cual fue 100 veces superior, respecto al tratamiento de referencia. En relación a la vermiculita, a pesar de su ligereza, elevada porosidad y capacidad para retener agua, su utilización en horticultura ha ido

disminuyendo (Martínez y Roca, 2011), por lo que, con base en la respuesta observada, pudiese considerarse como sustrato elegible a Pm+HMA.

En este bioensayo, a los 45 dds, el índice verde (contenido de clorofila) fue 83.33 veces mayor en las plántulas del tratamiento Ve+HMA (DMS, $P \leq 0.05$) en comparación con las del testigo. Esta respuesta fisiológica de *C. annuum*, es muy probable que esté relacionada con las condiciones de desarrollo, que dicho sustrato provee, en cuanto a aireación, retención de agua, nutrimentos y temperatura (Salazar, 2011), las cuales también son inherentes a la combinación de un sustrato inorgánico ideal para dar soporte como la agrolita y facilitar al sistema radicular colonizado por los hongos micorrízicos arbusculares (A+HMA), la absorción de agua y nutrimentos, indispensables para favorecer el funcionamiento más dinámico de las plántulas (Camargo-Ricalde et al., 2012).

Cabe destacar que, con los tratamientos T+HMA y Pm+HMA se obtuvieron los porcentajes de colonización radicular más altos, lo cual se debió en gran parte, a sus cualidades, propiedades y características, que permitieron la interacción entre estos microorganismos y las raíces de las plantas de chile comapeño.

Conclusiones

El peat moss (Pm) fue el mejor sustrato para la germinación y desarrollo de plántulas de chile comapeño, el cual favoreció el incremento de los valores de la mayoría de las variables cuantificadas, seguido de la vermiculita (Ve), el tepezil más lombricomposta (T+L) y la tierra de monte (Tm).

El tepezil (T) y la gravilla (Gr) fueron los sustratos, en los que la incorporación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), favorecieron el crecimiento y desarrollo de las plántulas de chile comapeño, por lo que puede ser factible su utilización en el cultivo de esta solanácea en condiciones de invernadero.

Literatura citada

Barrer, S. E. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias 7(1):123-132.

Camargo-Ricalde, S. L., N. M. Montaña, C. J. de la Rosa-Mera y S. A. Montaña-Arias. 2012. Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. Revista Digital Universitaria 13(7):1-18.

- Cruz, C. E., M. Sandoval V., V. Volke H., V. Ordaz C., J. L. Tirado T. y J. Sánchez E. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Latinoam.* 28(3):219-229.
- Cruz-Crespo, E., A. Can-Chulim, M. Sandoval-Villa, R. Bugarín-Montoya, A. Robles-Bermúdez y P. Juárez-López. 2013. Sustratos en la horticultura. *Revista Bio. Ciencias* 2(2):17-26.
- Duncan, K. E. and R. J. Howard. 2000. Cytological analysis of wheat infection by the leaf blotch pathogen *Mycosphaerella graminicola*. *Mycological Research* 104(9):1074-1082.
- Fernández, G. y M. Johnson. 1986. *Fisiología vegetal experimental*. Serie Libros y Materiales Educativos No. 58. San José, Costa Rica.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84(3):489-500.
- Huerta, H. A. 2009. Agricultura protegida. *Agroentorno* 31-34.
- Humpert, C. P. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *BioCycle* 41(7):30-33.
- Hydro Environment. 2017. ¿Qué es el Peat moss? http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=355 [consultado el 5 de mayo de 2017].
- Martínez, P. F. y D. Roca. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo: materiales, propiedades y manejo. p. 37-77. In: Flórez, R. V. J. (ed.). *Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo*. Bogotá, Colombia.
- Ortega-Martínez, L. D., J. Sánchez-Olarte, R. Díaz-Ruiz y J. Ocampo-Mendoza. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Ra Ximhai* 6(3):365-372.
- Pastor, S. J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoam.* 17(3):231-235.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55(1):158-161.
- Salazar, R. H. 2011. Sustratos orgánicos y biofertilizantes para el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Michoacán, México. 100 p.

Vara, M. J. C. 2012. Crecimiento y desarrollo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) y chile comapeño (*Capsicum annuum* L.) en tres diferentes sustratos, bajo condiciones de agricultura protegida. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas-Campus Xalapa. Xalapa, Ver., México. 44 p.

Zhu, Y. G., A. S. Laidlaw, P. Christie and M. E. R. Hammond. 2000. The specificity of arbuscular mycorrhizal fungi in perennial ryegrass-white clover pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77(3):211-218.

ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE UN AISLADO DE *Bacillus subtilis* CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

Edgardo Regalado Infante⁷⁸, Otto Raúl Leyva Ovalle⁷⁸, Rosalía Nuñez Pastrana⁷⁸, María Elena Galindo Tovar⁷⁸, Joaquín Murguía González⁷⁸ y Luz Irene Rojas Avelizapa^{78*}

Resumen

Las prácticas actuales para el control de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en los cultivos agrícolas, se basan en la resistencia genética de la planta huésped y su manejo mediante compuestos químicos, sin embargo, debido a la alta toxicidad y los severos daños que algunos de estos ocasionan a la salud humana, se requiere un replanteamiento de las técnicas para el control de tales enfermedades, sustituyéndolos con materiales altamente específicos contra los fitopatógenos, que sean de fácil degradación y bajo costo de producción. El objetivo fue el aislamiento de bacterias del género *Bacillus* provenientes de la rizósfera, con capacidad de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos y que pertenecieran al grupo de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Mediante la técnica de dilución de suelos en tubos con agua destilada estéril y siembra en placas con agar nutritivo, se obtuvieron 62 aislados bacterianos, con los que se hicieron ensayos de su actividad antagónica, sembrando en el centro de placas con papa dextrosa agar, una porción de los 13 hongos blanco estudiados. Los cuales fueron: *Colletotrichum falcatum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizoctonia* sp., *Helminthosporium* sp., *Pythium* sp., *Botrytis* sp., *Sclerotinia* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Bipolaris* sp., *Microcyclus* sp., *Alternaria* sp. y *Pestalotia* sp. Posteriormente, se inocularon a su alrededor, ocho diferentes aislados bacterianos. Las bacterias se inocularon por picadura a 2.5 cm de cada hongo. Las cajas se incubaron a 28°C, hasta la observación de halos de inhibición del crecimiento, seleccionando las 10 que presentaron halos mayores. Finalmente se evaluó la capacidad antagónica de cada bacteria contra todos los hongos blanco. La bacteria denominada BLS1, fue la que presentó una mayor inhibición del crecimiento fúngico (60-80%) en todos los casos. Esta se identificó por pruebas bioquímicas y morfológicas como *Bacillus subtilis* y mostró ser

⁷⁸ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana (Zona Orizaba-Córdoba).
*luzirenerojas@gmail.com

promotora del crecimiento vegetal debido a que produce ácido indolacético y solubiliza el fosfato tricálcico.

Palabras clave: aislado bacteriano, inhibición del crecimiento fúngico, capacidad antagónica

Introducción

Como todos los organismos vivos las plantas deben enfrentarse a enfermedades, que pueden ser de menor importancia si causan sólo la reducción de su capacidad de crecimiento, o pueden ser mucho más graves que conducen a su muerte, en el peor de los casos. Los patógenos más importantes que causan elevadas pérdidas de frutas y hortalizas son normalmente las bacterias y los hongos; sin embargo, son éstos los que con mayor frecuencia causan deterioro patológico de hojas, frutos, tallos y productos subterráneos (raíces, tubérculos, cormos, etcétera) de los diferentes cultivos (Juárez-Becerra et al., 2010). Actualmente el método mayormente utilizado en la agricultura es el control químico, que se basa en la represión de poblaciones de plagas y enfermedades, o en la prevención de su desarrollo mediante sustancias químicas. A este tipo de control se le ha considerado el de mayor difusión, debido a que ha sido impulsado por empresas comerciales, ya que se emplea tecnología de fácil adopción y da resultados en corto plazo (Álvarez-Gómez, 2012). Sin embargo, la incorrecta aplicación de tales compuestos ha tenido consecuencias graves como: suelos pobres en materia orgánica, bajo contenido de nutrientes disponibles, así como bajas poblaciones microbianas, tomando en cuenta que estas condiciones desfavorables del suelo influyen en el crecimiento de las plantas y en la aparición y gravedad de las enfermedades. Su uso indiscriminado afecta todo el ecosistema, suelo, aire, agua, organismos benéficos, así como patógenos, incluso al ser humano.

El control biológico nace de la búsqueda de alternativas al control químico, para combatir las enfermedades causadas por bacterias y hongos en las plantas, debido a que durante los últimos años se han reportado patógenos resistentes a los germicidas. Esto ha impulsado la investigación de prácticas alternativas viables para asegurar y alcanzar niveles más sostenibles de producción agrícola.

En fitopatología, que es el área de interés del presente trabajo, el término control biológico se aplica a la utilización de antagonistas microbianos para suprimir enfermedades; considerando al organismo que suprime al patógeno, como el agente del control biológico (Pal y Gardener, 2006). Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal son un grupo importante de bacterias que presentan efectos antagónicos con otros microorganismos y esta acción puede

ser aprovechada como una forma de control biológico de patógenos vegetales (Fernández-Larrea, 2001).

Las pérdidas de productos agrícolas debido al ataque de fitopatógenos (principalmente hongos), pueden alcanzar porcentajes significativos de la producción nacional y debido a la importancia crucial que tiene la agricultura en nuestro país, es importante la búsqueda de microorganismos útiles en el control biológico de los principales microorganismos que causan enfermedades en las plantas, que garanticen la calidad, rendimientos y productividades de los cultivos y de los productos procedentes del campo.

Materiales y métodos

El desarrollo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos y Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Veracruzana (FACBA-UV), Zona Orizaba-Córdoba. Los hongos fitopatógenos se aislaron de plantas de caña enfermas, de cultivos agrícolas de la región, tales como *Colletotrichum falcatum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizoctonia* sp., *Helminthosporium* sp. y *Pythium* sp., y también de otros cultivos, se realizaron aislamientos, tales como: *Botrytis* sp., *Sclerotinia* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., *Bipolaris* sp., *Microcyclus* sp., *Alternaria* sp. y *Pestalotia* sp. Todos los aislamientos se realizaron en el Laboratorio referido.

Aislamientos bacterianos

Las muestras de suelos fueron obtenidas de zonas agrícolas aledañas a la Facultad. A partir de estas, se realizaron los aislamientos de microorganismos del género *Bacillus* con actividad antagónica hacia hongos fitopatógenos. Para ello, cada una de las muestras se mezcló en matraces Erlenmeyer de 250 mL que contenían 10 g de suelo, con 90 mL de agua destilada estéril. Las suspensiones obtenidas se colocaron en un baño maría a 65°C durante 30 min. Por último, se realizaron diluciones seriadas y se sembraron en placas de agar nutritivo aquellas de la dilución 10^{-4} a la 10^{-7} , por la técnica de la varilla acodada, dejándose en periodo de incubación en una estufa de cultivo a 28°C durante 24 horas para su aislamiento y purificación.

Estudio de la actividad antagónica

Selección de los aislados bacterianos con capacidad antagónica contra hongos fitopatógenos

En el centro de una placa de PDA se sembró una porción circular de un hongo blanco obtenido con ayuda de un sacabocados y mediante la técnica de punto que consiste en sembrar por picadura a una distancia de 2.5 cm, ocho diferentes bacterias procedentes de cultivos frescos, como posibles productoras de sustancias antifúngicas. Posteriormente las placas se incubaron a 28°C para seleccionar aquellas que presentaron halos de inhibición del crecimiento fúngico.

Capacidad antagónica de la bacteria seleccionada

La siguiente etapa consistió en sembrar al hongo como ya fue indicado anteriormente, y alrededor a una distancia de 2.5 cm, se inocularon por picadura ocho puntos de cada una de las bacterias que hubieran mostrado previamente actividad antagónica, utilizando una placa para cada bacteria. Como testigo se dejó una placa inoculada únicamente con el hongo. Las placas se incubaron a 28 °C, hasta que el hongo cubrió totalmente la placa. Finalmente se determinó cual o cuales bacterias presentaron mayor actividad antagónica, evaluando el porcentaje de inhibición del crecimiento fúngico mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{T - P}{T} \times 100$$

Dónde:

I: Porcentaje de inhibición producido por la cepa antagonista

T: Diámetro de la colonia fúngica en la placa testigo

P: Diámetro de la colonia fúngica en la placa problema

Identificación morfológica, microscópica y bioquímica del aislado que presentó mayor actividad antagónica

Morfología colonial

Se realizó la descripción morfológica de cada uno de los aislados de Bacillus seleccionados crecidos en agar nutritivo, con base en la apariencia, forma, borde, superficie, tamaño, consistencia, color y elevación de sus colonias. Esta descripción se llevó a cabo después de 24 h de crecimiento del cultivo, incubado a 28°C.

Tinción de Gram

Para realizar la tinción Gram a los aislados de Bacillus, se utilizó el kit de Gram marca HYCEL, con el siguiente procedimiento:

1. Sobre un portaobjetos se agregó una gota de agua destilada y posteriormente se suspendió en ella una pequeña cantidad de muestra bacteriana con ayuda del asa bacteriológica estéril.
2. Se esparció la muestra en el portaobjetos.
3. Se fijó el frotis pasando

cuidadosamente sobre la llama del mechero con la muestra hacia arriba. 4. Una vez fijada la muestra, se cubrió con cristal violeta durante 3 min. Se retiró el colorante mediante un lavado con agua, cuidando en todo momento de no dañar la muestra. 5. El frotis se cubrió luego con yodo- lugol durante 1 min, y después se lavó suavemente con agua. Hasta este paso todas las células quedarán teñidas de violeta. 6. Se retiró dicho colorante con alcohol- acetona, hasta que en las gotas éste dejó de salir. 7. Se cubrió la preparación con safranina durante 2 min. Y por último se realizó un lavado del colorante con agua. Por último, se secó cuidadosamente la preparación con papel filtro o dejado secar al aire, y se observó al microscopio utilizando el objetivo de inmersión (100x).

Tinción de esporas

Tinción con verde de malaquita- fucsina

Se realizó un frotis con calor y se cubrió con verde de malaquita, calentando 5 min hasta la emisión de vapores. Posteriormente se enjuaga con agua corriente, se escurre y finalmente se cubre con fucsina durante 1 min. Se lava con agua corriente y se deja secar. Observar a 100X con objetivo de inmersión.

Identificación bioquímica

El aislado se caracterizó morfológica y fisiológicamente según las pruebas descritas en el Manual de clasificación de Bergey (Claus y Berkeley,1986). Se emplearon cultivos bacterianos de 18 h y se realizaron las siguientes pruebas bioquímicas (con dos replicas para cada caso): Producción de la enzima catalasa, posición de la spora (terminal, central o subterminal), producción de ácido a partir de glucosa, producción de gas a partir de glucosa, producción de acetoina a partir de glucosa (Voges- Proskauer), hidrólisis de gelatina, hidrólisis del almidón, utilización de citrato, crecimiento en agar anaerobio, crecimiento en NaCl al 7%, reducción de nitratos a nitritos, prueba de lecitinasa, crecimiento a 45°C y finalmente, crecimiento a 55°C. Para la identificación se utilizó también el sistema API 50 CHB, el cual se usa para caracterizar el metabolismo de los carbohidratos de Bacillus. La identificación del aislado se realizó mediante la utilización de la base de datos APILAB, empleada en estos ensayos.

Producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal por el microorganismo seleccionado

Transformaciones bioquímicas del ciclo del fósforo

Se determinó sembrando mediante la técnica del punto el aislado seleccionado, en el medio de Pikovskaya (modificado, sin extracto de levadura) que contenía en 1000 mL: 10 g de glucosa; 5 g de $\text{Ca}_3(\text{PO})_4$; 0.5 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0.2 g de KCl; 0.1 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0.001g de $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0.001 g de FeSO_4 y 15 g de agar bacteriológico; el pH se ajustó a 7.0 antes de su esterilización. Si el microorganismo tiene capacidad de cambiar a formas solubles el fosfato tricálcico, este se hace evidente mediante la producción de un halo alrededor de la colonia, indicativo de que el fosfato se ha solubilizado en el medio (Suliasih, 2005; Ponmuragan y Gopi, 2006).

Determinación de la producción de fitohormonas por el microorganismo seleccionado

La evaluación de la producción de fitohormonas se realizó sembrando por picadura un inóculo bacteriano del aislado seleccionado, en placas con agar nutritivo suplementado con triptófano (2 mg L^{-1}). Posteriormente se colocó un disco estéril de papel Whatman No.2 de 9 cm de diámetro, con ayuda de las pinzas de disección previamente flameadas, sobre el medio de cultivo inoculado y se incubó a 28°C por 24 o 48 horas, o hasta que las colonias alcanzaron un máximo de 2 mm de diámetro en su crecimiento. Finalmente, se retiró el papel filtro, depositándolo en una caja de Petri con el reactivo de Salkowsky, y se dejó 30 minutos para el desarrollo de color. Las bacterias productoras de ácido indol acético (AIA) se identificaron por la presencia de un halo rosado-rojizo en el papel filtro (Leveau y Lindow, 2005).

Producción de sideróforos

La evaluación de la producción sideróforos se realizó sembrando por picadura un inóculo bacteriano de el aislado seleccionado, en placas con agar nutritivo-CAS (Cromo Azurol) y se incubaron a 28°C durante 24 h. Posteriormente se midió el diámetro del halo producido alrededor de las colonias, y se le restó el diámetro de la colonia bacteriana, para así obtener el área del halo de producción.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 62 aislados bacterianos provenientes de los diferentes suelos agrícolas, todos pertenecientes al género *Bacillus*, Gram positivos y productores de esporas. Del total de aislados, se seleccionaron únicamente 10 que presentaron actividad antagónica contra los diferentes hongos blancos. Sin embargo, en dichos ensayos, fue notorio que solo dos bacterias presentaron una actividad antagónica considerable. Dichos aislados fueron denominados como B- M50 y BLS1. Con ambos microorganismos se hicieron ensayos sobre

su capacidad antagónica contra los 13 diferentes hongos fitopatógenos, obteniendo como resultado que BLS1, no solo fue el que presentó una mayor inhibición del crecimiento fúngico en todos los ensayos, sino que además inhibió a los hongos en un periodo menor de tiempo en relación a B- M50. De tal forma que BLS1 fue el aislado con el que se realizaron todos los ensayos y pruebas siguientes. En los Cuadros 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos con los diferentes hongos ensayados, además de los porcentajes de inhibición y los periodos de incubación obtenidos por BLS1.

Cuadro 1. Porcentajes de inhibición del crecimiento de los diferentes hongos fitopatógenos procedentes de plantas de caña enfermas por el antagonista BLS1.

Agente etiológico	Días de incubación	Porcentaje de inhibición
<i>Colletotrichum falcatum</i>	6	71.25
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	6	62.67
<i>Rhizoctonia</i> sp.	3	64.38
<i>Pythium</i> sp.	7	62.50
<i>Helminthosporium</i> sp.	6	60

Cuadro 2. Porcentajes de inhibición del crecimiento de los diferentes hongos fitopatógenos procedentes de diferentes plantas enfermas por el antagonista BLS1.

Agente etiológico	Días de incubación	Porcentaje de inhibición
<i>Botrytis</i> sp.	4	60.25
<i>Sclerotinia</i> sp.	3	70.34
<i>Curvularia</i> sp.	7	67.50
<i>Fusarium</i> sp.	6	60.33
<i>Pestalotia</i> sp.	6	65.33
<i>Microcyclus</i> sp.	7	68.75
<i>Bipolaris</i> sp.	6	61

La morfología microscópica de BLS1 corresponde a un Bacilo Gram positivo, esporulado. Los resultados de las pruebas bioquímicas corresponden a *Bacillus subtilis*. Tales datos fueron corroborados también utilizando el sistema API 50 CHB para el género *Bacillus* (Cuadro 3).

Adicionalmente, se realizaron pruebas que pudieran evidenciar si la bacteria producía sustancias promotoras del crecimiento vegetal, para así demostrar si se trataba de un microorganismo PGPR por sus siglas en inglés (promotor del crecimiento vegetal). La prueba de producción de sideróforos, resultó negativa, sin embargo, se encontró que BLS1 era capaz de solubilizar el fósforo y tiene la capacidad de producir ácido indol acético (AIA).

Bacillus subtilis (BLS1) resultó ser el aislado con mayor actividad antagónica contra los hongos fitopatógenos ensayados y aunque no existe un parámetro o norma oficial para

determinar cuáles y cuantos microorganismos debieran ensayarse para establecer si una bacteria tiene o no un potencial biotecnológico elevado, para ser usada en la preparación comercial de biopreparados para el control biológico, es importante recalcar que el espectro de acción mostrado por el microorganismo estudiado es muy amplio, ya que de los 13 hongos fitopatógenos ensayados, todos presentaron una inhibición del crecimiento de entre el 60 al 70 %, con base en la metodología ensayada en este trabajo. Sin embargo, en dos de ellos (*Helminthosporium* sp. y *Bipolaris* sp.) fue difícil determinar el porcentaje de inhibición debido a la forma irregular que presentan las colonias fúngicas. Cabe señalar, por otro lado, que varios autores han encontrado resultados favorables al aplicar bacterias promotoras del crecimiento vegetal como agentes de control biológico en sistemas planta-patógeno. Un ejemplo de ello es el trabajo de Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria (2009), donde aislaron *Trichoderma lignorum*, *T. harzianum*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, las cuales fueron aplicadas en cultivos de garbanzo, logrando reducir del 51 al 64% la severidad de la enfermedad ocasionada a esta leguminosa, por el complejo de hongos *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*. Por otro lado, Hernández-Castillo et al., (2008) realizaron investigaciones en condiciones de laboratorio, invernadero y campo, con el objetivo de analizar el efecto antifúngico de tres bacterias del género *Bacillus* contra *Rhizoctonia solani*, y de observar su efecto promotor del crecimiento en plantas de papa, obteniendo resultados satisfactorios que sugieren que las bacterias ensayadas podrían ser utilizadas para programas de control biológico contra *R. solani*.

Cuadro 3. Resultados de la caracterización bioquímica del aislado antagonista BLS1.

Pruebas bioquímicas	Resultados*
Catalasa	+
Posición de la espora (terminal)	-
Central	+
Subterminal	-
Producción de ácido a partir de glucosa	+
Producción de gas a partir de glucosa	-
Producción de acetoína a partir de glucosa	+
Hidrolisis de la gelatina	+
Hidrolisis del almidón	+
Utilización de citrato de sodio	+
Crecimiento en NaCl (7%)	+
Reducción de nitrato	+
Prueba de la lecitinasa	+

Crecimiento a 55°C	+
Crecimiento a 45°C	+

*Todos los datos corresponden a *Bacillus subtilis*.

Conclusiones

B. subtilis (BLS1) fue seleccionado entre 62 bacterias aisladas, por poseer un elevado potencial biotecnológico al mostrar un amplio espectro de actividad antagonica contra 15 hongos fitopatógenos de interés agrícola.

Aunque BLS1 no produce sideróforos, sí solubiliza el fosfato tricálcico y produce AIA, por lo tanto, se trata de una bacteria que promueve el crecimiento vegetal (PGPR).

Representa, por lo tanto, una interesante opción para el control de hongos fitopatógenos, y podría ayudar a disminuir el uso de químicos en cultivos agrícolas, evitando así daños al ambiente, así como considerables pérdidas económicas.

Literatura citada

Álvarez-Gómez, T. B. 2012. Biocontrol de *Botrytis cinerea* a partir de extractos fenólicos de fresa. Tesis de Maestría. CIIDIR-IPN-Unidad Michoacán, México 132 p.

Claus, D. and R. C. W. Berkeley. 1986. Genus *Bacillus*. p. 1105–1139. In: P. H. Sneath, N. Mair, M. E. Sharpe and J.G. Holt (eds.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams & Wilkins.

Fernández-Larrea, O. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas* 62:96-100.

Hernández-Castillo, F.D., R.H Lira-Saldivar, L. Cruz-Chavez, G. Gallegos-Morales y M.E. Galindo- Cepeda. 2008. Potencial antifungico de cepas de *Bacillus* spp. contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa. *Revista Internacional de Botánica experimental* 77:241-252.

Juárez-Becerra, G. P., M.E. Sosa-Morales y A. López-Malo. 2010. Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimento* 4:14-23.

Leveau, J. H. J. and S.E. Lindow. 2005. Utilization of the plant hormone indole-3-acetic acid for growth by *Pseudomonas putida* strain 1290. *Applied and Environmental Microbiology* 71:2365-2371.

Pal, K. K. and B. M. S. Gardener. 2006. Biological Control of Plant Pathogens. The plant health instructor 2:1117-1142.

Paredes-Mendoza, M. A y D. Espinosa-Victoria. 2009. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. Terra Latinoamericana 28:61-70.

Ponmurugan, P. and C. Gopi. 2006. Distribution Pattern and Screening of Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Different Food and Forage Crops. Journal of Agronomy 4:600-604.

Suliasih, S. W. 2005. Isolation and Identification of Phosphate Solubilizing and Nitrogen Fixing Bacteria from Soil in Wamena Biological Garden, Jayawijaya, Papua. Biodiversitas 6(5):175-177.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Ernesto López Salinas^{79*}, Oscar Hugo Tosquy Valle⁷⁹ y José Raúl Rodríguez Rodríguez⁸⁰

Resumen

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro, opaco y pequeño tiene alta demanda en el estado de Veracruz, por lo que casi la totalidad de las siembras de frijol se realizan con este tipo de grano. El rendimiento promedio de este cultivo en la entidad es menor a 700 kg ha⁻¹, debido a que es afectado por factores bióticos, entre los que destacan las enfermedades, y abióticos, como la sequía terminal. El objetivo de la investigación fue determinar el rendimiento de líneas avanzadas de frijol en varios ambientes del estado de Veracruz. Durante 2011 y 2012 se sembró un ensayo de rendimiento conformado por 10 líneas avanzadas y dos testigos comerciales (Comapa y Papaloapan), en nueve combinaciones de localidad y sistemas de producción (dos de temporal y siete con humedad residual). Los genotipos se sembraron en diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los datos de rendimiento se sometieron a análisis de varianza individual y combinado de todos los ambientes; también se determinó la reacción de los genotipos a la incidencia natural de enfermedades. Los mayores rendimientos promedio se obtuvieron en Martínez de la Torre, en O-I 2012-13, con humedad residual y en Orizaba, en V 2012, bajo temporal, debido a una distribución adecuada de lluvias durante el ciclo del cultivo. En Martínez de la Torre, en el ciclo I-P 2012 y San Andrés Tuxtla, en O-I 2011-12, con humedad residual, se obtuvieron los menores rendimientos; en la primera localidad, lo anterior fue debido a la ocurrencia de sequía durante la etapa reproductiva del cultivo, y en la segunda, a la incidencia de antracnosis y ocurrencia de sequía a partir del inicio de llenado de vainas hasta cosecha. La línea SEN 70 obtuvo el mayor rendimiento promedio de ambientes (1,413 kg ha⁻¹), superando en 12 y 17%, el rendimiento de los testigos Comapa y Papaloapan, respectivamente. Las líneas: NGO 17-99, NGO 07022, SCN 2 y SCN 4 también mostraron alto rendimiento promedio y tolerancia a las enfermedades de roya y antracnosis, así como a la sequía terminal.

⁷⁹Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 34 Carretera Veracruz-Córdoba, 94270, mpio. de Medellín, Ver.

⁸⁰Campo Experimental Ixtacuaco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

*lopez.ernesto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Phaseolus vulgaris, adaptabilidad, líneas, variedades

Introducción

En el estado Veracruz, durante 2014 se sembraron 35,674 ha de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), en las que se obtuvo un rendimiento medio de 674.9 kg ha⁻¹, para una producción total de 24,077 t (SIAP, 2015). El bajo rendimiento estatal es el resultado de la incidencia de diversos factores bióticos y abióticos adversos, entre los que destacan: errática distribución de las lluvias, ya que, alrededor del 65% de la superficie cultivada con esta leguminosa, es sembrada al final de la temporada de lluvias, durante el ciclo de otoño-invierno, y el 35% sembrada en el ciclo de verano bajo temporal. En otoño-invierno, las siembras del frijol dependen en gran parte de las lluvias escasas que ocurren durante el ciclo del cultivo y de la humedad residual almacenada en el suelo, observándose con frecuencia sequía terminal, la cual se presenta después de la floración, durante las etapas de llenado de vainas y madurez fisiológica (Acosta et al., 1998), mientras que en las siembras de verano, aunque las precipitaciones pluviales son altas, la distribución es errática, con sequía intraestival (López et al., 2006) e incidencia de enfermedades fungosas como la roya [*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* (Pers.) Unger], la antracnosis [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Lamb.-Scrib.] y la mancha angular [*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris] (López et al., 2002). Como el frijol de grano negro, opaco y pequeño de raza Mesoamericana (Singh et al., 1991), es neutral al fotoperiodo, la mayoría de las variedades mejoradas existentes pueden sembrarse en cualquier época del año en diferentes zonas agroecológicas del estado de Veracruz. Sin embargo, en la mayoría de las siembras comerciales aún se utilizan genotipos y materiales importados de grano negro pequeño, que son susceptibles a deficiencias de humedad y a enfermedades. Lo anterior repercute en bajos rendimientos, y por lo tanto en altos costos por tonelada producida. (Acosta et al., 2008; Villar et al., 2009).

La generación de variedades con alto potencial de rendimiento y tolerancia a los principales factores bióticos y abióticos es una alternativa viable y económica para contribuir a solucionar la problemática antes mencionada, y es también uno de los objetivos del Programa de Mejoramiento de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, para el trópico húmedo de México.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento productivo de 12 genotipos de frijol negro en nueve ambientes de producción en el estado de Veracruz que incluyeron dos condiciones de humedad: temporal y humedad residual.

Materiales y métodos

Se sembró un ensayo uniforme de rendimiento que incluyó 10 líneas avanzadas de frijol negro: SCN 2, SCN 3, SCN 4, SCN 6, NCB 229, SEN 26 y SEN 70 (provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical) y ELS-15-55, NGO 17-99 y NGO 07022 (provenientes del INIFAP). Los testigos fueron las variedades Negro Papaloapan y Negro Comapa. El ensayo se estableció en nueve ambientes de producción en el estado de Veracruz; algunos ambientes fueron en la misma localidad en diferente fecha de siembra o condición de humedad: tres en Rincón Grande, Orizaba (18°51' LN, 97°06' LO), tres en Martínez de la Torre (20°09' LN, 97°04' LO), dos en El Laurel, San Andrés Tuxtla (18°27' LN, 95°10' LO), y uno en el Campo Experimental Cotaxtla, Medellín (18°50' LN, 96°10' LO). En el Cuadro 1 se muestran las localidades, los años y las condiciones de humedad en que se condujo el ensayo, y las principales características ambientales de los sitios de prueba.

Cuadro 1. Características de las localidades del estado de Veracruz donde se condujo el ensayo uniforme de rendimiento.

Municipio	Ciclo/año	Condición de humedad	Fecha de siembra	Textura de suelo	Altitud (m)
Orizaba	V/2011	Temporal	26 ago	MA	1,248
Medellín	OI/2011	HR	29 sep	Franca	15
Martínez de la Torre	OI/2011-12	HR	28 oct	MA	92
San Andrés Tuxtla	OI/2011-12	HR	16 dic	Franca	84
Martínez de la Torre	IP/2012	HR	17 feb	MA	92
Orizaba	V/2012	Temporal	03 ago	MA	1,248
Orizaba	OI/2012	HR	13 sep	MA	1,248
San Andrés Tuxtla	OI/2012-13	HR	07 sep	Franca	84
Martínez de la Torre	OI/2012-13	HR	19 oct	MA	92

V = Verano, OI = Otoño-Invierno, IP = Invierno-Primavera, HR = Humedad residual, MA = Migajón arenoso.

En todos los casos los genotipos se sembraron a una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹; se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcelas experimentales de dos surcos de 5 m de longitud, espaciados a 0.60 m. Todos los genotipos fueron de hábito de crecimiento tipo II y aptitud competitiva similar. El manejo agronómico de los ensayos se hizo de acuerdo con las recomendaciones para cultivar frijol en el estado de Veracruz (López et al., 1994). Asimismo, se registró la precipitación pluvial ocurrida durante el ciclo del cultivo.

Durante el desarrollo del cultivo hubo incidencia natural de roya en el ciclo de verano de 2011, y de antracnosis en los ciclos de verano y otoño-invierno de 2012 en Orizaba; en San Andrés Tuxtla, en otoño-invierno de 2011-12 también hubo incidencia de antracnosis. La incidencia de las enfermedades se evaluó mediante la escala de 1 a 9 (CIAT, 1987), donde 1 a 3 es resistente, 4 a 6 tolerante y 7 a 9 susceptible. La cosecha se realizó cuando las vainas de las plantas estaban secas y el grano tenía entre 14 y 16% de humedad. El grano cosechado de cada parcela se limpió, se pesó, se le determinó su humedad y se transformó a kilogramos por hectárea a 14% de humedad.

Los datos de rendimiento de los genotipos de los nueve experimentos fueron analizados en forma individual y combinada con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994), y para la comparación medias de rendimiento de cada tratamiento individual contra el testigo, se utilizó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, 0.05). Se realizaron correlaciones simples entre los valores promedio de reacción de los genotipos a cada enfermedad con el rendimiento de grano, para determinar si éstas afectaron significativamente el rendimiento de frijol.

Resultados y discusión

En el análisis combinado del ensayo uniforme de rendimiento, se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre ambientes y genotipos. En el Cuadro 2 se muestra que, en el factor ambientes de evaluación, los mayores rendimientos promedio se obtuvieron en Martínez de la Torre en el ciclo OI 2012-13, bajo condiciones de humedad residual y en Orizaba, en el ciclo de V 2012, bajo condiciones de temporal. En ambas localidades el cultivo contó con humedad almacenada en el suelo y una distribución adecuada de las lluvias durante su ciclo. Los rendimientos más bajos se obtuvieron en Martínez de la Torre, Ver., en el ciclo IP 2012-13 y en San Andrés Tuxtla, en OI 2011-12, bajo condiciones de humedad residual; en la primera localidad, aunque se tuvo una precipitación pluvial total en el ciclo de 691 mm, su distribución fue deficiente, con dos periodos sin lluvia, uno de 27 días en las etapas de prefloración y floración, y otro de 21 días en las etapas de llenado de vainas e inicio de maduración. En las etapas de prefloración y floración, es cuando el cultivo es más susceptible a la falta de humedad (Acosta et al., 2004). En la segunda localidad, la incidencia de antracnosis disminuyó significativamente el rendimiento de grano, la cual se presentó debido a bajas temperaturas y alta humedad del ambiente, provocadas por lluvias en el inicio de floración y formación de vainas (145.3 mm), así como a un periodo sin lluvia, a partir del inicio de llenado de vainas hasta la cosecha, en donde sólo se registró una precipitación pluvial de 9.8 mm. En general, en los ambientes de la zona norte y las altas montañas del

centro de Veracruz se tiene mayor potencial productivo, debido a mejores condiciones de humedad y temperatura para el desarrollo del cultivo de frijol, mientras que, en el centro de la entidad, se dispone de poca humedad durante la fase reproductiva del cultivo, por lo que se obtienen menores rendimientos.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de genotipos de frijol negro evaluados en nueve ambientes del estado de Veracruz. Años 2011 y 2012.

Genotipos	Localidades									Promedio (kg ha ⁻¹)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SCN 4	1,338	669	1,317	838*	491	1,839*	1,144	1,348	1,699	1,187abcd
SCN 6	919	852*	1,089	506	450	603	225	1,061	1,680	820 f
SCN 3	956	724	1,218	500	477	1,384	699	1,253	1,771	998 cdef
NCB 229	494	675	1,097	496	679	964	715	1,081	1,886*	903 ef
SEN 26	676	816*	1,891*	594	791	851	920	1,183	2,289*	1,112 bcde
SEN 70	1,081	665	1,766*	739*	1,054*	2,133*	1,931*	1,196	2,151*	1,413a
SCN 2	1,088	873*	1,554	674*	931*	1,478	1,679*	1,229	1,861*	1,263ab
ELS-15-55	1,288	882*	1,282	706*	260	878	489	1,304	1,378	941 def
NGO 07022	1,575	828*	1,471	749*	512	1,695*	1,103	1,425	1,901*	1,251abc
NGO 17-99	2,106*	813*	1,626*	897*	616	1,685*	1,118	1,342	1,827*	1,336ab
Comapa	1,400	967*	987	690*	544	2,035*	1,311	1,244	2,155*	1,259abc
Papaloapan	1,244	702	1,116	776*	456	1,189	1,848*	1,311	2,199*	1,204abcd
Promedio	1,180bc	789 d	1,368 b	680 d	605 d	1,394 b	1,101 c	1,248bc	1,900 a	1,140
ANVA	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	
CV %	21	14	15	23	17	23	20	13	17	
DMS (0.05)	360.4	155.5	301.7	300.0	148.1	463.6	320.9		463.3	

¹Orizaba V 2011 T, ²Medellín O-I 2011 HR, ³Martínez de la Torre O-I 2011-12 HR, ⁴San Andrés Tuxtla O-I 2011-12 HR, ⁵Martínez de la Torre I-P 2012 HR, ⁶Orizaba V 2012 T, ⁷Orizaba O-I 2012 HR, ⁸San Andrés Tuxtla O-I 2012-13 HR, ⁹Martínez de la Torre O-I-2012-13 HR, * = p ≥ 0.05, ** = p ≤ 0.01. ns = no significativo. Medias con letras iguales en la columna de promedios, no son estadísticamente diferentes (DMS α=0.05).

En el factor genotipos, las líneas y variedades que presentaron los mayores rendimientos promedio fueron: SEN 70, NGO 17-99 y SCN 2, cuyo rendimiento promedio fue estadísticamente similar a las líneas NGO 0702, SCN 4 y a los testigos regionales (Papaloapan y Comapa). Ambas variedades fueron similares en rendimiento en la mayoría de los ambientes, con excepción de verano 2012 bajo temporal y OI 2012 con humedad residual en Orizaba, en los que mostraron respuesta contrastante (Cuadro 2).

Las enfermedades que se presentaron y provocaron una reducción significativa del rendimiento de frijol fueron: la roya, en Orizaba, en verano de 2011, bajo temporal ($r = -0.84^{**}$) y la antracnosis, también en Orizaba, en O-I 2012 con humedad residual ($r = -0.70^*$), así como en San Andrés Tuxtla, en O-I 2011-12 ($r = -0.70^*$). La roya es favorecida por condiciones de temperaturas moderadas (17 a 27°C) y alta humedad relativa (90%), mientras que la antracnosis por bajas temperaturas (14 a 18°C) y alta humedad relativa (80 a 100%), en forma de lluvia moderada y frecuente (CIAT, 1978). En general, las líneas introducidas del CIAT presentaron mayor susceptibilidad a ambas enfermedades: NCB 229, SEN 70 y SCN 2 a la roya, y SCN 6, SCN 3 y SCN 26 a la antracnosis. Los resultados en este estudio confirmaron la resistencia a estas enfermedades de las variedades Comapa y Papaloapan, liberadas por el Campo Experimental Cotaxtla en los últimos años (López et al., 2007; López et al., 2012) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Reacción de 12 genotipos de frijol negro a enfermedades (escala 1 a 9), presentes en cuatro ambientes del estado de Veracruz.

Genotipo	Roya ¹	Antracnosis ²	Antracnosis ³	Antracnosis ⁴
SCN 4	1.50	2.50	3.25*	2.00
SCN 6	4.50	4.00*	4.50*	7.50*
SCN 3	3.50	4.25*	4.25*	6.25
NCB 229	6.75*	2.75	2.75*	2.00
SEN 26	4.50	5.00*	4.75*	5.75
SEN 70	5.00	1.00	1.00	1.50
SCN 2	4.75	1.25	1.25	1.25
ELS 15-55	2.00	1.50	2.50*	3.00
NGO 07022	1.75	1.00	2.00	1.25
NGO 17-99	1.25	1.25	2.75*	4.25
Comapa	1.75	1.50	2.25	1.75
Papaloapan	2.00	1.00	1.00	1.50
Promedio	3.27	2.25	2.69	3.17
DMS (0.05)	1.175	1.184	2.44	1.17
Corr. ENF vs RG	$r = -0.84^{**}$	$r = -0.70^*$	$r = -0.52$ ns	$r = -0.70^*$

¹Orizaba V 2011, ²San Andrés Tuxtla OI 2011-12, ³Orizaba V 2012, ⁴Orizaba OI 2012, ENF = Enfermedades, RG = Rendimiento de grano.

En el Cuadro 4 se muestra que, con ocurrencia de sequía, la línea más productiva (SEN-70), a través de ambientes, superó en rendimiento a las variedades comerciales Comapa y Papaloapan. Bajo incidencia natural de enfermedades, esta línea sólo superó en rendimiento

a la variedad Comapa, debido principalmente, a que SEN-70 fue afectada por la roya (Cuadro 3); sin la presencia de estos factores limitantes, SEN-70, mostró mayor rendimiento que ambos testigos comerciales.

Cuadro 4. Comparación del rendimiento de grano de la línea SEN-70 con dos testigos comerciales, con y sin factores bióticos y abióticos limitantes, en el estado de Veracruz.

Ambiente	Genotipos (kg ha ⁻¹)		
	SEN-70	Comapa	Papaloapan
Con sequía			
Medellín, otoño-invierno 2011, HR	665	967	702
San Andrés Tuxtla, otoño-invierno 2011-12, HR	739	690	776
Martínez de la Torre, invierno-primavera 2012, HR	1,054	544	456
Promedio (kg ha ⁻¹)	819	734	645
Incremento con respecto a testigos (%)		12	27
Con enfermedades			
Orizaba, verano 2011, temporal (roya)	1,081	1,400	1,244
Orizaba, otoño-invierno 2012, HR (antracnosis)	1,931	1,311	1,848
Promedio (kg ha ⁻¹)	1,506	1,355	1,546
Incremento con respecto a testigos (%)		11	-3
Sin sequía y enfermedades			
Martínez de la Torre, otoño-invierno 2011-12, HR	1,766	987	1,116
Orizaba, verano 2012, temporal	2,133	2,035	1,189
Martínez de la Torre, otoño-invierno 2012-13, HR	2,151	2,155	2,199
San Andrés Tuxtla, otoño-invierno 2012-13, HR	1,196	1,244	1,311
Promedio (kg ha ⁻¹)	1,811	1,605	1,454
Incremento con respecto a testigos (%)		13	24

Conclusiones

1. SEN 70 fue la línea más productiva bajo condiciones de sequía y sin problemas de estrés por enfermedades y deficiencias de humedad.
2. Esta línea mostró un rendimiento promedio general, 12 y 17% superior al de los testigos Comapa y Papaloapan.
3. Las líneas NGO 17-99, NGO 07022, SCN 2 y SCN-4, también mostraron alto rendimiento promedio y tolerancia a enfermedades de roya y antracnosis y a la sequía terminal.

Literatura citada

- Acosta, D. E., C. Trejo L., L. del M. Ruíz P., J. S. Padilla R. y J. A. Acosta G. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana* 22:49-58.
- Acosta, G. J. A., E. Acosta D., S. Padilla R., E. López S., R. A. Salinas P., N. Mayek P. y J. D. Kelly. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Ann. Bean Improv. Coop.* 41:151-152.
- Acosta, G. J. A., F. M. Mendoza H., B. Aguilar G., G. Esquivel E., R. Rodríguez G. y S. H. Guzmán M. 2008. Negro Guanajuato nueva variedad de frijol para el centro de México. *Agric. Téc. Méx.* 26:79-98.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Schwartz, H. F., G. E. Gálvez E., A. van Schoonhoven, R. H. Howeler, P. H. Graham y C. Flor. (comps.). CIAT. Cali, Colombia. 136 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Schoonhoven, A van y M. A. Pastor C. (comps.). CIAT. Cali, Colombia. 56 p.
- López, S. E., A. Durán P., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E. y O. Cano R. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para Productores No. 7. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- López, S. E., E. N. Becerra L., O. Cano R. y V. O. López G. 2002. Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia múltiple a enfermedades en el trópico húmedo de México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20(2):193-199.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., E. N. Becerra L., F. J. Ugalde A. y J. Cumpián G. 2006. Adaptabilidad de genotipos de frijol resistentes a enfermedades y a suelos ácidos. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:33-39.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. Cumpián G., F. J. Ugalde A. y E. N. Becerra L. 2007. Negro Papaloapan, nuevo cultivar para las áreas tropicales de México. *Agric. Téc. Méx.* 33:257-267.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., Y. Jiménez H., A. R. Salinas P., B. Villar S. y J. A. Acosta G. 2012. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):309-315.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (programa de cómputo). Versión 2.5. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L., México.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. SAGARPA. SIAP. México, D. F. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/agricola_siap/icultivo/index.jsp [consultado el 24 de agosto de 2015].

Singh, S. P., P. Gepts and D. G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.

Villar, S, B., E. López S. y O. H. Tosquy V. 2009. Negro Grijalva, nuevo cultivar de frijol para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 35:349-352.

RELACIÓN TETRANÍQUIDOS-FITOSEIDOS EN GUANÁBANO (*Annona muricata* L.) EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Carlos Anastasio-Lino⁸¹, César Ruiz-Montiel⁸², Marycruz Abato-Zárate⁸¹, Nancy Domínguez-González⁸¹ y Noel Reyes-Pérez^{81*}

Resumen

El cultivo del guanábano se encuentra en expansión en algunos estados de la República mexicana, particularmente en Veracruz. La producción y la importancia económica de este frutal han ido en aumento debido al incremento de la demanda de su fruto. Recientemente se han encontrado ácaros fitófagos conocidos como arañitas rojas que son potencialmente plagas de importancia en frutales. De manera natural las arañitas rojas tienen como enemigos naturales a los ácaros de la familia Phytoseidae. Por lo que el objetivo del presente trabajo, fue determinar la presencia de tetraníquidos y fitoseidos, así como su asociación con el cultivo de la guanábana en la zona centro de Veracruz, tanto en plantaciones comerciales como en árboles de traspatio. El proceso metodológico, consistió en coleccionar en cada sitio 20 hojas del estrato medio por árbol muestreado (cinco hojas por punto cardinal). El periodo de estudio fue primavera-verano del año 2016. Se coleccionaron 29 sitios (24 localidades). Las muestras se procesaron por lavado tamizado y se coleccionaron en alcohol al 70%, se contabilizaron las morfoespecies de ácaros encontrados. Los tetraníquidos estuvieron presentes en 29 puntos muestreados, en tanto los fitoseidos en 12. La proporción más baja fue 1:5 y la más alta 1:45 fitoseidos: tetraníquidos. Los ácaros se encuentran en los cuatro puntos cardinales con cierta preferencia en los cuadrantes este y oeste. La presencia de fitoseidos permite concluir que existe control biológico, aunque no en todos los puntos muestreados; estos fitoseidos deben tomarse en cuenta al implementar medidas de control de los ácaros plaga.

Palabras clave: arañita roja, enemigo natural, lavado-tamizado

⁸¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa.

⁸²Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Forestales.

* noreyes@uv.mx

Introducción

El guanábano originario de América tropical, se encuentra distribuido en Mesoamérica, Antillas y Brasil. Mientras que en los Estados Unidos únicamente en el sur de la Florida. En México, se cultiva en los estados de Nayarit, Colima, Veracruz y Guerrero, entre otros (Evangelista-Lozano et al. 2003). Este frutal tropical, presenta gran demanda en países donde no es posible su cultivo, tanto en fruto fresco como en pulpa para la industria.

Las cifras indican que el cultivo de la guanábana, se encuentra en expansión, para el año 2014 se registran 2886 ha en México con una producción de 20,760.31 t y un valor total de \$143'623,240.00 al año; de las cuales 52.50 ha están en Veracruz con una producción de 419 t y un valor económico total anual de \$3'481,400.00 (SIAP, 2016). Los ácaros fitófagos se alimentan de las células epidérmicas y parenquimáticas de las hojas y otros tejidos verdes de las plantas, provocando alteraciones en la capacidad fotosintética, desecaciones y, en algunos casos, modificaciones en el crecimiento normal de los tejidos, como puede ser la deformación de frutos. Además, algunas especies actúan como vectores de transmisión de algunas virosis vegetales (Otero-Colina, 2015). La protección contra las plagas y las enfermedades de los cultivos es uno de los principales problemas que tiene que afrontar el hombre en el mantenimiento de los agroecosistemas (Altieri, 1999). Los biocontroladores más eficientes de las arañas rojas son los fitoseidos (Phytoseiidae), se alimentan de huevos, larvas y ninfas principalmente, aunque en algunos casos también se alimentan de adultos, tiene gran capacidad de búsqueda responden positivamente a altas infestaciones de arañas rojas. Una adecuada proporción fitoseidos-tetraníquidos, implica un control satisfactorio de los ácaros plaga. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de tetraníquidos y fitoseidos, así como su asociación en guanábana en la zona centro de Veracruz.

Materiales y métodos

Se realizó una colecta de hojas para determinar la acarofauna en diferentes localidades que se ubican en la zona centro del estado de Veracruz, las cuales se encuentran desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Los municipios donde se realizó el muestreo fueron: Actopan, Alto Lucero, Emiliano Zapata y Puente Nacional ubicados en la zona centro del estado de Veracruz, México. El estudio se realizó en la temporada primavera-verano (P-V) 2016. Los muestreos se realizaron en *Annona muricata* en huertos de traspatio (HT) y plantaciones comerciales (PC). En total fueron 29 sitios muestreados, concentrados en 24 localidades dentro de los 4 municipios antes mencionados de la zona centro del estado de

Veracruz. (Cuadro 1). Todos los sitios muestreados fueron georreferenciados con un GPS de marca Garmin.

Cuadro 1. Sitios de colecta de ácaros en arboles de guanábano en la zona centro del estado de Veracruz, así como el municipio donde se localizan. Huertos de traspatio (HT) y plantaciones comerciales (PC).

Municipio	Localidad	Coordenadas		
		Latitud	Longitud	Altitud (m)
Actopan	Paso de Varas (PC)	19°25'44.7"	96°31'39.1"	101
	Actopan (PC)	19°30'17.7"	96°35'29.5"	243
	Buena Vista (HT)	19°32'57.0"	96°37'41.5"	561
	La Esperanza (HT)	19°28'40.9"	96°33'52.0"	169
	La Bocanita (HT)	19°28'19.3"	96°34'46.1"	192
	Guarumbo (PC)	19°33'03.8"	96°37'55.7"	596
	Ídolos (HT)	19°25'14.43"	96°31'29.12"	100
	Flor Blanca (PC)	19°32'01.94"	96°36'51.56"	504
	El Hule (PC)	19°26'55.4"	96°33'20.3"	153
	Villa Rica (HT)	19°40'26.2"	96°23'56.8"	7
	Villa Rica (HT)	19° 40'36.8"	96°24'06.0"	11
	Cerro Gordo (PC)	19°34'14.7"	96°38'55.8"	626
	Tinajitas (HT)	19° 36'49.1"	96°26'32.5"	61
	Desv. Tinajitas (HT)	19°38'16.30"	96°25'24.10"	17
	Mozomboia (PC)	19° 29'05.03	96°23'27.5"	17
	Alto Lucero	Palmas de Abajo (HT)	19° 34'05.1"	96°24'55.3"
Palmas de Abajo (PC)		19° 34'05.1"	96°25'28.3"	32
Emiliano Zapata	Blanca Espuma (PC)	19°34'39.10"	96°42'3.58"	580
	Pinoltepec (HT)	19°26'23.16"	96°45'9.92"	786
	Pinoltepec (PC)	19°26'19.86"	96°44'56.89"	778
	Cerro Gordo (PC)	19°32'02.0"	96°36'51.6"	519
	Plan del Rio (HT)	19° 23'56.2"	96°38'44.2"	288
	Plan del Rio (HT)	19° 23'49.3"	96°39'07.7"	288
	Rinconada (HT)	19° 21'02.2"	96°33'37.7"	260
	Rinconada (HT)	19° 21'33.0"	96°34'16.9"	267
Puente Nacional	Palo Gacho (HT)	19°23'25.21"	96°38'14.71"	348
	La Cumbre (PC)	19° 23'32.3"	96°38'40.2"	355
	Tamarindo (HT)	19°20'23.5"	96°30'00.2"	157
	Tamarindo (PC)	19°20'28.11"	96°28'38.2"	131

Método de muestreo

Se tomaron en cuenta diferentes métodos de muestreo de ácaros en frutales y se adaptaron a las condiciones de guanábano, destacando el hecho de que estas hojas se deshidratan rápidamente. Abato (2011), menciona que en papaya se toma una hoja por estrato y Salazar (2012), reporta que en mango que se deben utilizar tres hojas por punto cardinal. Por lo anterior y dado que las hojas de guanábano son más pequeñas que las de papayo y de mango, se decidió coleccionar cinco hojas por cada punto cardinal por árbol muestreado (20 hojas por árbol muestreado). El muestreo por puntos cardinales se debe a que se han observado que diferentes especies de ácaros tienden a poblar selectivamente hojas de diferentes edades y por consecuencia en diferentes alturas (Rabinovich, 1980), para este trabajo solo se consideró tomar el estrato medio del árbol debido al número de sitios por muestrear y la capacidad de procesamiento de muestras, ya que lo ideal es, no dejar pasar mucho tiempo entre la toma de muestras y el proceso lavado tamizado. Cuando se trató de plantaciones comerciales se realizaron transectos diagonales dentro de la plantación total (Bautista et al., 2004), sobre la cual se seleccionaron árboles representativos, obteniendo muestras en un rango de cuatro a ocho árboles por sitio. Para el caso de los árboles de huerto de traspatio se tomaron los que estuviesen presentes.

Las hojas obtenidas tanto de PC como de HT se colocaron dentro de bolsas de polietileno debidamente etiquetadas (Fecha, lugar, núm. de muestra, punto cardinal y colector) y selladas con cinta diurex para su posterior procesamiento.

Obtención de los ácaros (método lavado-tamizado)

Para obtener los ácaros del follaje coleccionado se utilizó el método de "lavado tamizado" (Southwood, 1978), que consiste en utilizar un flujo fuerte de agua sobre las hojas, estas deben estar colocadas encima de tres tamices de diferentes medidas (más de 500 μm (80 mallas), 60.96 μm (250 mallas), 43.18 μm (325 mallas), el primer tamiz de 80 mallas se utilizó para retener basura como partes de las hojas, telarañas u insectos, mientras que el segundo tamiz 250 mallas (60.96 μm) sirvió para retener la mayoría de ácaros fitófagos ya que esto tienen un tamaño aproximado de 0.2 hasta 0.5 mm, y el tercer tamiz 325 mallas (43.18 μm) tuvo como fin recuperar otra parte de la acarofauna como los eriófidos que son de tamaño pequeño. Los sedimentos presentes en los tamices (60.96 y 43.18 μm) se removieron hacia la orilla con una solución de etanol al 70% para ser recolectada en frascos de plástico con cierre hermético de aproximadamente 30 mL, en estos últimos tamices se quedó la acarofauna de interés para la investigación, como los tetraníquidos.

Para la realización del conteo por muestras, de la acarofauna (morfoespecies) presente se utilizó un microscopio estereoscópico, se contaron machos, hembras y juveniles. Lo anterior se llevó a cabo en el Laboratorio de Parasitología de La Facultad de Ciencias Agrícolas UV-

Xalapa. Se ejecutó un análisis estadístico (SPSS v.21), mediante un modelo lineal generalizado que determina si las medias de dos o más grupos son estadísticamente diferentes, en este caso se tomaron los datos de muestreo de dos tipos de huertos: comerciales y de traspatio para identificar si las poblaciones de tetraníquidos son más o menos densas dependiendo si se muestreó con orientación Norte, Sur, Este y Oeste.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 324 muestras en 81 árboles, llegando a un total de 1716 individuos de ácaros. De la familia Tetranychidae se obtuvieron 1665 individuos, compuesto por tres morfoespecies. En tanto que de la familia Phytoseidae se registraron 51 individuos, compuestos por dos morfoespecies. Se encontraron tetraníquidos en todos los sitios siendo de mayor presencia: Blanca Espuma, Palmas de Abajo, Cerró Gordo, Paso de Varas, Buena Vista (Actopan). Mientras que los sitios con menos presencia fueron: La Esperanza, La Bocanita, Tinajitas, Desv. Tinajitas (Actopan), Pinoltepec (Emiliano Zapata) y Tamarindo (Puente Nacional). En lo referente a los fitoseidos solo se encontraron en 12 sitios muestreados. (Figura 2).



Figura 2. Sitios muestreados temporada primavera-verano con presencia de ácaros en donde los globos de color azul indican los sitios, mientras que los círculos azules indican presencia de ácaros fitófagos, con un círculo amarillo la presencia de fitoseidos.

Es común encontrar más de una especie de tetraníquidos en un solo hospedero, así como de fitoseidos; sin embargo, suele haber una especie plaga dominante, cuya población suele ser la más abundante. Suelen presentarse interacciones entre las especies plaga e incluso entre las especies de depredadores cuando es más de una (Argüelles et al., 2013).

Distribución espacial de los ácaros dentro de los árboles de guanábano

Los resultados de cada uno de los análisis son similares y se observan en la tabla resumen (Parameter estimates) donde el nivel de confiabilidad es de 0.00 (el mínimo aceptado es .05 y se obtuvo 0.00 que es muy bajo) lo que indica que el muestreo de la variable dependiente (población) es estadísticamente diferente en cada sitio, por lo que se pueden realizar recomendaciones de muestreo en zonas orientadas al este y oeste, pues es donde se encuentra mayor concentración de tetraníquidos, lo cual coincide tanto en huertos comerciales como de traspatio.

La correlación que existe no es significativa, ya que es baja, aun así, podemos interpretar que a medida que los tetraníquidos aumentan su población, los fitoseidos lo hacen también o viceversa cuando uno disminuye el otro también. Esta baja relación puede deberse a que estos tetraníquidos se están expandiendo y los depredadores requieren que primero exista la población de la presa para aparecer de manera notoria (Argüelles et al., 2013). Los fitoseidos suelen preferir los estados más inmaduros por lo que suelen alimentarse más de huevos y larvas, los cuales por su fragilidad prácticamente no pueden ser contabilizados por este método de muestreo.

Cuadro 2. Correlación no paramétrica para el total de los datos de tetraníquidos y fitoseidos.

		Correlations	Tetraníquidos	Fitoseidos
Spearman's rho	Tetraníquidos	Correlation Coefficient	1,000	,301*
		Sig. (2-tailed)	.	,011
		N	70	70
	Fitoseidos	Correlation Coefficient	,301*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,011	.
		N	70	70

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

La presencia de más de un depredador especializado conlleva a una fuerte competencia por las presas, por lo que alguna de las especies suele predominar, ya que aprovecha más eficientemente a la presa lo que posteriormente llevará a que se incremente su población. Las poblaciones de fitoseidos también se ven fuertemente afectadas por el manejo del cultivo, especialmente el uso de plaguicidas, los cuales suelen eliminarlos, en tanto los

tetraníquidos suelen persistir debido a sus hábitos de estar en el envés de las hojas, a protegerse en telaraña y a que suelen desarrollar resistencia en períodos bastante cortos (Monetti et al; 1995). En este caso, solo en huertos comerciales suele hacerse un manejo con plaguicidas.

Cuadro 3. Proporción fitoseidos/tetraníquidos encontrados en 12 sitios muestreados.

Localidad	Total de ácaros tetraníquidos	Total de fitoseidos	Proporción Fitoseidos/tetraníquido
Paso de Varas	287	12	1: 23.91
Actopan	45	1	1: 45
La Bocanita	10	2	1: 5
Ídolos	19	1	1: 19
Cerro Gordo	194	7	1: 27.71
Palmas de Abajo comer.	246	10	1: 24.6
Blanca Espuma	322	9	1: 35.77
Pinoltepec comer.	10	2	1: 5
Cerro Gordo	44	3	1: 14.66
La Cumbre	39	2	1: 19.5
Tamarindo tras	10	2	1: 5
Palo Gacho	14	3	1: 4.66

En sitios no mencionados, no se encontraron fitoseidos.

Los fitoseidos son los principales y más eficientes depredadores de los tetraníquidos, por lo que sus poblaciones están siempre muy relacionadas, regulándose mutuamente, así, Monetti (1995) estudió la relación existente entre los tetraníquidos *Panonychus ulmi* (Koch) y *Tetranychus urticae* (Koch) y el fitoseido *Neoseiulus californicus* (MC Gregor) en manzano en Argentina, encontrando que la presencia de los tetraníquidos está influenciada por las actividades de manejo del mismo, en tanto las poblaciones del fitoseido se ven influenciadas por las poblaciones de la presa (tetraníquidos), pero también se ven fuertemente influenciadas por los plaguicidas. Luviaz (2016), también estudió la relación entre estas dos familias en el bosque, encontrando una relación donde los tetraníquidos son al menos el doble que los fitoseidos, esta relación varió constantemente incluso en diferentes años de la investigación. Lo anterior, entre tantos estudios, demuestra la asociación depredador-presa existente entre fitoseidos y tetraníquidos, siendo los primeros biocontroladores eficientes de los segundos, cuyo desequilibrio, propicia que los fitófagos actúen como plagas.

Rodríguez et al., (2013) en estudios de control biológico en Cuba con *Neuseius longispinosus* sobre *Tetranychus truncatus* encontró resultados satisfactorios con tasas de liberación de 1:20, 1:30 y 1:40 (depredador/presa), por lo que en general, las proporciones encontradas en guanábana, están dentro de un rango en que los fitoseidos pueden controlar a los ácaros plaga potenciales

Conclusiones

Existe acarofauna de importancia agrícola en guanábano en la zona centro de Veracruz. Además, los ácaros prefieren colonizar al este y oeste de los árboles de guanábano.

Se encontró que el tetraniquido está bien distribuido en la región productora del guanábano, así como en árboles de traspatio.

Existe presencia de fitoseidos depredadores en la zona, aunque no en todos los sitios y en muy variadas proporciones; sin embargo, antes de iniciar medidas de control, debe tomarse en cuenta el control biológico ya presente.

Literatura citada

Abato-Zárate M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, Mpio, de Manlio Fabio Altamirano. Ver., México. 105 p.

Altieri, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. 338 p.

Argüelles R. A., R. A. Bustos. A., R. Cantor F., D. Rodríguez, N. Plazas, y A. Hilarion. 2013. Interacción entre dos Ácaros Depredadores de *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) en laboratorio. *Acta Biológica Colombiana* 137-148.

Bautista, Z., G. H. Delfín, J. L. Palacio-Prieto. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Centro de Investigación en Geografía Ambiental-Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. p. 507.

Evangelista-Lozano, S., J. G. Cruz-Castillo, S. Pérez. G., E. Mercado-Silva y G. Dávila. O. 2003. Producción y calidad frutícola de guanábanos (*Annona muricata* L.) provenientes de semilla de Juitepec, Morelos, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9(1):69-79.

Luviaz, M. 2016. Comparing densities of spider mites (Tetranychidae) and predatory mites (Phytoseiidae) on the common oak (*Quercus robur* L.) in forests of natural and industrial areas. *Forest Research Paper* 77(3):177–185.

Monetti, L. M. 1995. Dinámica estacional de ácaros fitófagos y depredadores (Acari: Tetranychidae; Phytoseiidae) en plantaciones comerciales de manzano de Argentina, con prácticas de desherbado alternadas. *Bol. San. Veg. Plagas* 21:231-241.

Otero-Colina, G. 2015. Importancia de los ácaros. En: Otero-Colina G., Abato-Zárate M., Villanueva-Jiménez J. (eds.). 2015. *Ácaros asociados al cultivo de papayo en México*. Primera Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. 90 p.

Rabinovich, J. E. 1982. *Introducción a la ecología de poblaciones de animales*. CECSA, México. 313 p.

Rodríguez, H., Montoya, A., Pérez-Madrugada, Y. y Ramos, M. 2013. Reproducción masiva de ácaros depredadores Phytoseiidae: Retos y perspectivas para Cuba. *Rev. Protección Veg.* 28(1):12-22.

Salazar-Santiago, M. A. 2012. *Identificación distribución y dinámica poblacional de escamas trips y ácaros en mango (*Mangifera indica* L) en Veracruz Mexico*. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Edo. de Méx., México. 20 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. *Producción Agrícola Nacional y por Estado*. <http://siap.gob.mx>. [consultado el 12 de febrero de 2017].

Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods*. U.K. Chapman and Hall London. Second edition. 524 p.

USO DEL MODELO AMMI EN CUATRO VARIEDADES DE TRIGO HARINERO EN EL BAJÍO DE MÉXICO

*Elba Gabriela Camacho Arellano⁸³, Ernesto Solís Moya⁸³, Aquilino Ramírez Ramírez⁸³, María del Carmen Gómez Servín⁸³, Mariano Díaz Ruiz⁸³ y María del Pilar Suaste Franco⁸⁴

Resumen

La estabilidad permite al genotipo ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación ambiental. Al respecto, se han desarrollado procedimientos univariados y multivariados. El modelo AMMI (additive main effects and multiplicative interactions) es empleado para estimar la interacción $G \times A$. Además, el modelo AMMI permite el análisis de la interacción con más de un procedimiento estadístico y disponer de estimados exactos del rendimiento. En el ACP los valores de los ejes describen los patrones de respuesta de los genotipos, por medio de un índice de sensibilidad. Los valores positivos describen los genotipos con mejor comportamiento en ambientes de alto rendimiento, y lo contrario ocurre con los puntajes negativos. Un valor de cero o próximo a éste corresponde a un genotipo con sensibilidad media. El objetivo fue usar el modelo AMMI para cuatro genotipos de trigo evaluados en 12 ambientes. Se evaluaron cuatro cultivares de trigo harinero: Alondra F2014, Urbina S2007, Nana S2007 y Luminaria F2012 en 12 ambientes. La siembra se hizo con densidad de 120 kg ha⁻¹ en parcelas de validación con productores cooperantes. El análisis de varianza mostró un efecto del ambiente altamente significativo con un 69.6% de la variación de la suma de cuadrados del total (SCT). El factor genotipo fue altamente significativo registrando 4.2% de la SCT. La interacción genotipo-ambiente fue significativa obteniendo 10.1% de la SCT. El modelo AMMI mostró dos primeros ejes del ACP significativos, explicando 48.4% y 36.8% de la SC de la interacción, respectivamente. El tercer componente principal y el residuo no fueron significativos. El modelo AMMI retuvo el 83.9% de la SCT. El estudio de la interacción realizado con el AMMI se completó con el empleo del biplot. Este explica un 78.7% de SCT. El ambiente JER15 (parcela sembrada en Jerecuaro, Gto., en el ciclo 2014-15), con valor del CP1 cercano a cero fue el ambiente que no discrimina genotipos, por lo que en esta localidad

⁸³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carr. Celaya, San Miguel de Allende, Celaya, Gto.

⁸⁴Instituto Tecnológico de Roque
*gaby.cm26@hotmail.com

la mayoría de los genotipos tuvieron una respuesta similar. En cambio, el ambiente DR14 con los valores más altos del CP1 fue el que mejor diferenció o discrimino a los genotipos.

Palabras clave: estabilidad, índice de sensibilidad, variación ambiental, procedimientos multivariados

Introducción

La estabilidad permite al genotipo ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación ambiental (Lin et al., 1986). Al respecto, se han desarrollado procedimientos univariados (Yates y Cochran, 1938; Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966) y multivariados para estimar la estabilidad y la interacción genotipo–ambiente ($G \times A$) (Mandel, 1971; Crossa et al., 1990). Los métodos multivariados son más adecuados para evaluar la estabilidad porque permiten describir e interpretar los efectos de la interacción $G \times A$ (Gauch y Furnas, 1991). El modelo AMMI (additive main effects and multiplicative interactions) es uno de los más empleados para estimar la interacción $G \times A$ (Zobel et al., 1988; Crossa et al., 1990; Chisi et al., 1996; Brancourt–Hulmel y Lecomte, 2003), ya que considera que los efectos de los factores principales (genotipos y ambiente) son aditivos y lineales, lo que permite estimarlos a través del análisis de varianza; mientras que la interacción $G \times A$ tiene efectos multiplicativos que pueden ser explicados por el análisis de componentes principales (ACP). Además, el modelo AMMI permite el análisis de la interacción con más de un procedimiento estadístico y disponer de estimados exactos del rendimiento (Gauch, 1992).

En el ACP los valores de los ejes describen los patrones de respuesta de los genotipos, por medio de un índice de sensibilidad. Los valores positivos describen los genotipos con mejor comportamiento en ambientes de alto rendimiento, y lo contrario ocurre con los puntajes negativos. Un valor de cero o próximo a éste corresponde a un genotipo con sensibilidad media. Según Crossa et al. (1990), las puntuaciones AMMI no miden la estabilidad sino el grado de interacción del genotipo con el ambiente. Cuando en el ACP un genotipo presenta un valor próximo a cero, la interacción es pequeña; cuando ambos valores del ACP tienen el mismo signo, su interacción es positiva; si son diferentes es negativa. Hernández y Crossa (2000), indican y ejemplifican la ventaja de la gráfica AMMI Biplot para explicar la interacción genotipo–ambiente. Según Yan et al. (2000) dada la necesidad de evaluar a los genotipos en un limitado número de ambientes, la mejor localidad puede ser la que disponga de altos valores del componente principal uno (CP1) y pequeños valores de componente principal dos (CP2). Crossa et al. (1991) señalan también que localidades con valores CP1 cercanos a cero tienen poca interacción y baja discriminación de genotipos.

Materiales y métodos

Se evaluaron cuatro cultivares de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.): Alondra F2014, Urbina S2007, Nana S2007 y Luminaria F2012 en 12 ambientes. La siembra se hizo con densidad de 120 kg ha⁻¹ en parcelas de validación con productores cooperantes. La parcela experimental y útil tuvo dos surcos de 3 m de longitud sembrados en doble hilera, separados 75 cm. Para todos los experimentos se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00, la mitad de N y todo el P₂O₅ con la siembra y el resto del N con el primer riego de auxilio. Las fuentes de fertilizantes fueron urea [CO (NH₂)₂] con 46% N, y superfosfato de calcio triple [Ca(H₂PO₄)₂] 46% P₂O₅. Las arvenses de hoja angosta se controlaron con Topik 24EC[®] 28 d después del riego de siembra y las de hoja ancha con Esteron 47[®] a los 34 d. Durante la etapa fenológica de grano masoso se aplicó Cipermetrina[®] al 2.5% para controlar pulgones. La cosecha se realizó con una cosechadora adaptada para parcelas experimentales, cuando el grano alcanzó 12 a 14% de humedad.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos de las parcelas de validación evaluadas en localidades de Guanajuato. El análisis de varianza mostro un efecto del ambiente altamente significativo con un 69.6% de la variación de la suma de cuadrados del total (SCT). El factor genotipo fue altamente significativo registrando 4.2% de la SCT.

Cuadro 1. Análisis de varianza del modelo AMMI para cuatro genotipos de trigo evaluados en 12 ambientes.

FV	GL	SC	%SC
AMB	11	313864074**	69.6
GEN	3	19037090*	4.2
AMB*GEN	33	45362161*	10.1
CP1	13	21965316*	48.4
CP2	11	16701665*	36.8
CP3	9	6698588	14.7
Residuo	7	0	0

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; %SC = porcentaje de la suma de cuadrados; AMB = ambientes; GEN = Genotipos; CP = componente principal.

La interacción genotipo-ambiente fue significativa obteniendo 10.1% de la SCT. El modelo AMMI mostro los dos primeros ejes del ACP significativos, explicando 48.4% y 36.8% de la SC de la interacción, respectivamente. El tercer componente principal y el residuo no fueron significativos. El modelo AMMI retuvo el 83.9% de la SCT (ambiente + genotipo + interacción) utilizando 47 grados de libertad (11 para ambientes, 3 para genotipos y 33 para CP1, CP2 y CP3). El estudio de la interacción realizado con el AMMI se completó con el empleo del biplot (Figura 1). Este explica un 78.7% de SCT (%SC CP1 + %SC ambiente +%SC genotipos).

Los resultados muestran que el modelo AMMI permitió la diferenciación confiable de los efectos principales aditivos (A y G en el eje X) y no aditivos (IGA en el eje Y). Gauch y Zobel (1996) señalaron que en una prueba multiambiental, normalmente, el ambiente captura el 80% del total de la variación para rendimiento, mientras que los genotipos y la interacción genotipo-ambiente contribuyen con alrededor de 10% cada uno. En investigaciones previas se observaron diferencias significativas entre ambientes, genotipos, en la IGA y en la CP1; la contribución de esta última a la IGA vario de 54 a 63%, por lo que los autores concluyeron que esta metodología fue eficiente para explicar los efectos aditivos y no aditivos asociados a la estructura de tratamientos representados en el biplot, cuando asignaron al rendimiento al eje X y la CP1 al eje Y (Crossa, 1990).

La interpretación de los resultados del análisis AMMI se facilita con la representación gráfica (grafico biplot), en el mismo espacio, de genotipos y ambientes. La correcta interpretación de la interacción GxA exige realizar dos representaciones graficas distintas. Por un lado, los datos medios de rendimiento de cada genotipo y ambiente frente a sus correspondientes valores en el primer eje principal (Figura 1).

En el eje de las abscisas (X) de la Figura 1, se lee el rendimiento de grano de los genotipos y ambientes. La línea punteada perpendicular a este eje indica el rendimiento medio. Así, a la izquierda del eje de las X's se grafican las entradas con menor rendimiento y a la derecha, se localizan los genotipos y ambientes de mayor rendimiento. El eje de las ordenadas (Y) en cambio, mide la estabilidad de los genotipos y ambientes: aquellos con valores cercanos a cero son estables mientras los que presentan valores altos del primer componente principal son inestables. De acuerdo a esta información la variedad Alondra F2014 fue el genotipo con mayor rendimiento seguido de Urbina S2007; en cambio la variedad Nana F2007 expreso los rendimientos más bajos. El ambiente ABA12 (una evaluación en Abasolo, Gto. durante el ciclo 2011-12) fue el que obtuvo el mayor rendimiento y el ICA14 (una evaluación realizada en Irapuato, Gto., en el ciclo 2013-14) registro el menor rendimiento. Cinco ambientes obtuvieron rendimientos iguales o superiores a la media y el resto registro rendimientos inferiores.

Los genotipos que tienen valores de CP1 >0, responden positivamente (se adaptan bien) a ambientes que tienen valores del CP1 >0 (esto es, su interacción positiva), pero responden

negativamente a ambientes que tienen valores del CP1 <0. Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores de CP1 >0. (Samonte et al., 2005). El ambiente JER15 (parcela sembrada en Jerecuaro, Gto., en el ciclo 2014-15), con valor del CP1 cercano a cero fue el ambiente que no discrimino genotipos, por lo que en esta localidad la mayoría de los genotipos tuvieron una respuesta similar. En cambio, el ambiente DR14 con los valores más altos del CP1 fue el que mejor diferenció o discrimino a los genotipos.

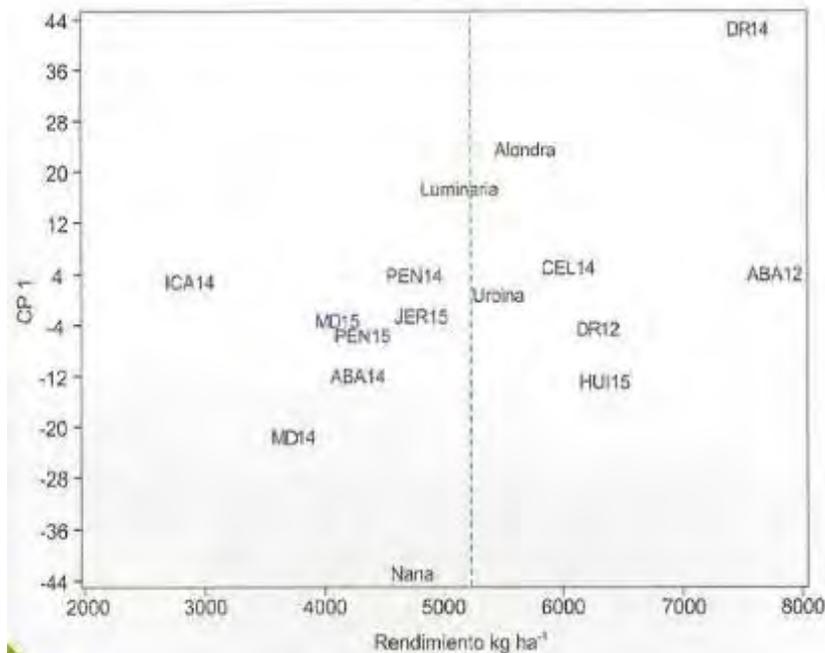


Figura 1. Biplot AMMI para rendimiento de grano de cuatro genotipos de trigo evaluados en 12 ambientes. ABA12 y ABA14 evaluaciones en Abasolo en los ciclos OI 2011-12 y 2013-14, CEL14 en Celaya OI 2013-14, HUI15 en Huipana OI 2014-15, DR12 y DR14 en Irapuato ciclos OI 2011-12 y 2013-14, ICA14 en Irapuato en OI 2013-14, JER15 en Jerécuaro 2014-15, MD14 y MD15 en Manuel Doblado en OI 2013-14 y 2014-15 y PEN15 evaluación realizada en Pénjamo en el ciclo OI 2014-15.

Conclusiones

El ambiente JER15 (parcela sembrada en Jerecuaro, Gto., en el ciclo 2014-15), con valor del CP1 cercano a cero fue el ambiente que no discrimino genotipos, por lo que en esta localidad la mayoría de los genotipos tuvieron una respuesta similar.

El ambiente DR14 con los valores más altos del CP1 fue el que mejor diferenció o discrimino a los genotipos.

Literatura citada

- Brancourt–Hulmel M., y C. Lecomte. 2003. Effect of environmental variates on genotype environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. *Crop Sci.* 43:608–617.
- Chisi M., P. Bramel–Cox, M. Witt, M. Classen, y D. Andrews. 1996. Breeding for grain yield stability using full–sib family recurrent selection in sorghum. *Crop Sci.* 36:1083–1085.
- Crossa J., H. G. Gauch Jr., y R. W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trails. *Crop Sci.* 30:493–500.
- Crossa J., P. N. Fox, W. H. Pfeiffer, S. Rajaram y H. G. Gauch Jr. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of two international maize cultivar trials. *Theor. Appl. Genet.* 81:27–37.
- Crossa J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Adv. Agron.* 44:55–85.
- Eberhart S. A. y W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36–46.
- Finlay K. W. y A. A. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Austr. J. Agric. Res.* 14:742–754.
- Gauch H. G. Jr, y Furnas R. E. 1991. Statistical analysis of yield trails with MATMODEL. *Agron. J.* 83:916–920.
- Gauch H. G. Jr. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, New York, New York. 278 p.
- Gauch H. G., and Zobel R. V. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: Kang M. S. and Gauch H. G. (eds.). *Genotype by Environment Interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 85–122.
- Hernández M. y J. Crossa. 2000. El análisis AMMI y la gráfica Biplot en SAS. <http://www.cimmyt.cgiar.org/biometrics> [consultado el 15 de mayo de 2015].
- Lin C. S., M. R. Binns and L. P. Lefkovich. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Sci.* 26:894–900.
- Mandel J. 1971. A new analysis of variance model for non–additive data. *Technometrics* 13:1–18.
- Samonte, S. O. P. B., L. T. Wilson, A. M. McClung, and J. C. Medley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Sci.* 45: 2414–2424.

Yan W., L. A. Hunt, Q. Sheng, and Z. Szlavnics. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40:597–605.

Yates F., and W. G. Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 28:556-580.

Zobel R., M. Wright and H. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:88-397.

EFFECTO DE LA CEPA SOLUBILIZADORA DE FOSFATO ITCB-09 EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense*) VAR. JAGUAR

Juan Carlos Camacho Chab^{85*}, Antonio O. Chab Ruiz⁸⁵, Katia I. Cob Rivera⁸⁵, Benito B. Dzib Castillo⁸⁵,
Guadalupe Collí Caamal⁸⁵ y Rodrigo E. Tun Che⁸⁶

Resumen

La solubilización de fosfatos se ha convertido en un tema de investigación por su importancia en la agricultura. Varios estudios han reportado evidencia de que en los suelos la flora microbiana presenta una gran diversidad metabólica que les permite utilizar como fuente de carbono y de energía diferentes tipos de compuestos orgánicos e inorgánicos. Con la finalidad de profundizar en la línea de investigación del estudio de microorganismos solubilizadores de fosfato, en el presente trabajo se llevó a cabo la determinación del efecto de la cepa bacteriana ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero. Para esto, en primera instancia, se realizaron estudios de viabilidad de la cepa ITCB-09 encapsulada en perlas de alginato, posteriormente, se realizaron los experimentos de inoculación de la cepa ITCB-09 en dos formas, encapsulada y en medio de cultivo líquido. Finalmente, el efecto en el crecimiento de plántulas de chile habanero de la cepa ITCB-09 fue evaluado a través a través de la medición del tiempo de germinación, altura y número de hojas por plántula durante 60 días comparado entre tratamientos (Cepa ITCB-09 en Caldo Pikovskaya, Cepa ITCB-09 en Caldo PDB+PO₄ y Cepa ITCB-09 en Perlas de alginato) y entre sustratos de crecimiento (Tierra de Monte TM, Peat Moss PM, Tierra de monte + Peat Moss y Peat Moss + Fertilizante). Los resultados de viabilidad de la cepa ITCB-09 mostraron que la concentración óptima de alginato para encapsular la bacteria fue al 3% (p/v) con un tiempo de degradación de la perla de 15 días. Respecto al efecto de la cepa en las plántulas, se observó que el tratamiento Cepa ITCB-09 en Perlas de alginato fue el mejor debido a presentaron los valores más altos respecto a la altura y cantidad de hojas por plántula en relación al testigo. Finalmente, con estos resultados se puede destacar el potencial biotecnológico de la cepa ITCB-09 en la solubilización de fósforo inorgánico lo cual represente un efecto positivo para el crecimiento de plantas de importancia en la agricultura.

⁸⁵Instituto Tecnológico de Chiná, Laboratorio de Instrumentación y Equipo.

⁸⁶Universidad Autónoma de Campeche, Depto. de Microbiología Ambiental y Biotecnología.

*juanccam19@gmail.com

Palabras clave: biotecnología agrícola, encapsulamiento bacteriano, altura y número de hojas

Introducción

La mayoría de los suelos agrícolas contienen grandes reservas de fósforo, una porción pertenece a las reservas naturales de fósforo y forman parte de los minerales del suelo, otra parte considerable se acumula como consecuencia de las aplicaciones regulares de fertilizantes ricos en fosfato, dicho fosfato precipita rápidamente después de su aplicación y ya no es disponible para las plantas (Chen et al., 2006). Los componentes de fósforo formados por la precipitación y fijación, pueden encontrarse en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo, siendo el fosfato de calcio y de aluminio, las sales que principalmente se forman (Ivanova et al., 2006). En las plantas, el fósforo es adquirido casi exclusivamente en la forma inorgánica de los iones de fósforo disueltos en el suelo, con una disponibilidad restringida, ya que sólo satisface la demanda de los cultivos por unas pocas horas durante el período de crecimiento, aún en suelos con un buen abastecimiento de este nutriente (Boschetti et al., 2001).

Por otro lado, la solubilización de fosfatos se ha convertido en un tema de investigación por su importancia en la agricultura. Varios estudios han reportado evidencia de que en los suelos la flora microbiana presenta una gran diversidad metabólica que les permite utilizar como fuente de carbono y de energía diferentes tipos de compuestos orgánicos e inorgánicos, como por ejemplo compuestos insolubles de fosfato inorgánico, tales como: fosfato tricálcico, fosfato dicálcico, hidroxapatita, fosfato de roca, entre otros (Chen et al., 2006). Entre los principales géneros bacterianos que han sido reportados con esta capacidad se encuentran: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium* y *Erwinia* (Vázquez et al., 2006).

Los microorganismos solubilizadores de fosfato inorgánico desempeñan un papel importante en el suplemento de fosfato para las plantas. Este factor ha despertado el interés para la utilización de dichos microorganismos, como una alternativa sustentable y mejora de los suelos que carecen de fosfato natural presente, o adicionalmente como biofertilizantes aplicados en las actividades agrícolas (Silva y Vidor, 2001). Por lo que, conocer y reproducir la microflora con actividad solubilizadora de fosfato en los campos de cultivo despliega ventajas para los productores, ya que, incrementando la disponibilidad del fósforo ayuda a disminuir la aplicación de fertilizantes químicos, reduciendo la contaminación química en suelos y promoviendo una agricultura sostenible (Sahu y Jana, 2000).

En un trabajo anterior se llevó a cabo el aislamiento de bacterias con potencial solubilizador de fosfato inorgánico en cultivos de chile habanero. Durante el aislamiento, 32 cepas fueron seleccionadas preliminarmente en base a la formación de un halo transparente alrededor de la colonia en el medio de cultivo como indicativo de una previa actividad solubilizadora. La determinación cualitativa de la actividad solubilizadora de fosfato demostró que la mayoría de las cepas acidificaron el pH del medio de cultivo y la determinación cuantitativa por cromatografía iónica confirmó la actividad solubilizadora de fosfato destacando la cepa ITCB-09 al presentar la mayor tasa de solubilización con valores de $940.72 \mu\text{g mL}^{-1}$ a los 6 días de inoculación.

Con la finalidad de profundizar en la línea de investigación del estudio de microorganismos solubilizadores de fosfato, en el presente trabajo se llevó a cabo la determinación del efecto de la cepa ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero. Para alcanzar este objetivo principal, primeramente, se realizaron estudios de viabilidad de la cepa ITCB-09 en su encapsulado en perlas de alginato, posteriormente, se realizaron los experimentos de inoculación de la cepa ITCB-09 en dos formas, encapsulada y en medio de cultivo líquido. Finalmente, el efecto de la cepa inoculada fue evaluado a través de mediciones cuantitativas en el crecimiento de las plántulas y del número de hojas en comparación a otros tratamientos.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Usos Múltiples y en el Laboratorio de Instrumentación y Equipo del Instituto Tecnológico de Chiná, en el estado de Campeche.

Viabilidad de la cepa ITCB-09 en el encapsulamiento con perlas de alginato

Para llevar a cabo la viabilidad de la cepa ITCB-09 en su encapsulado con alginato, se utilizaron tres concentraciones 1, 2 y 3% para valorar las propiedades de las perlas formadas (tamaño, diámetro, peso y tiempo de perdurabilidad). Las perlas fueron elaboradas de la siguiente manera: 100 ml de agua destilada fue entibiada a 48°C en placa de calentamiento y se procedió a agregar la concentración correspondiente de alginato de sodio y mediante agitación constante con una varilla de vidrio se fue homogenizando hasta disolución completa. Para el encapsulamiento de la cepa, se dejó enfriar la solución de alginato hasta los 40°C y se transfirió poco a poco un cultivo de la cepa ITCB-09 en Caldo de Papa Dextrosa suplementado con 1g de fosfato de calcio tribásico ($\text{PDB} + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) con 48 horas de incubación la mezcla permaneció en agitación constante. Posteriormente se elaboró una

solución de CaCl₂ al 0.5 M (Lee y Mooney, 2012), donde se hizo gotear la solución de alginato con el medio de cultivo para formar las perlas. Todo el procedimiento se realizó en condiciones estériles. La solución de cloruro de calcio al 0.5 M con las perlas se dejó en agitación leve por 24 horas, para mantener estable la perla. Transcurrido ese tiempo, se procedió a recuperar las perlas en cajas Petri para su conteo, análisis de tamaño, diámetro, peso y tiempo de perdurabilidad.

Acondicionamiento de la cepa ITCB-09 para establecimientos de experimentos in vivo

El acondicionamiento de la cepa se refiere a la preparación de esta para su posterior inoculación en los tratamientos con las semillas de chile habanero. En este sentido, la cepa ITCB-09 fue preparada para inocular bajo dos formas: encapsulada y en cultivo líquido. En cuanto al encapsulamiento, este se hizo tal y como se describió en el párrafo anterior. En cuanto a la forma líquida, esta se hizo utilizando dos medios de cultivos: el medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) suplementado con 1 g de fosfato de calcio tribásico y el medio de cultivo agar Pikovskaya. Primero, la bacteria fue crecida en medio sólido y posteriormente se llevó a cabo su escalamiento de tubo a 1L de cultivo por 6 días que es el tiempo reportado por Camacho-Chab y colaboradores (2016) donde la bacteria alcanza su máxima tasa de solubilización de fosfato in vitro.

Tratamientos y evaluación del efecto de la cepa ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero

Los tratamientos establecidos fueron en base a los sustratos utilizados para la siembra de las semillas de chile habanero. En el Cuadro 1, se presentan los tratamientos y sustratos empleados del diseño experimental.

Cuadro 1. Tratamientos empleados con sus diferentes sustratos para la evaluación del efecto de la cepa ITCB-09.

Tratamientos	Sustratos*			
	TM	PM	TM+PM	PM+F
Testigo	X	X	X	X
Cepa ITCB-09 en Caldo Pikovskaya	X	X	X	X
Cepa ITCB-09 en Caldo PDB+PO ₄ ⁻²	X	X	X	X
Cepa ITCB-09 en Perlas de alginato	X	X	X	X

* TM= Tierra de monte. PM= Peat Moss. TM+PM= 50%Tierra de Monte más 50% Peat Moss. PM+F= Peat Moss más Fertilizante 18-46-00 (1 g por semilla).

Cada tratamiento fue de cuatro repeticiones por lo que cada repetición tuvo 40 cavidades generando un total de 160 cavidades por tratamiento, por lo tanto, se usaron 640 cavidades

que equivalieron a nueve charolas de poliestireno. Los sustratos fueron empaquetados en bolsas de un kilogramo y esterilizados. Posteriormente, un lote del sustrato PM fue preparado y se le añadió fertilizante (PM+F). Los sustratos seleccionados son los más empleados debido a que presentan las condiciones adecuadas para permitir que la semilla tenga una óptima penetración en el medio para germinar y pueda enraizar adecuadamente (Geramillo, 2004). Luego de la esterilización los sustratos fueron transferidos a las charolas de germinación. La siembra de las semillas de chile habanero se realizó a medio centímetro de profundidad del sustrato, colocando una semilla por cavidad. Posteriormente, todas las charolas de germinación con los tratamientos y repeticiones, se colocaron en una cámara de germinación de semillas, bajo condiciones controladas. Luego que todas las plántulas de chile habanero germinaron, fueron transferidas al invernadero del Instituto Tecnológico de Chiná para su crecimiento. Para medir el efecto de la cepa ITCB-09 en las plántulas de chile habanero se registraron los siguientes parámetros: Tiempo de germinación: se realizó un monitoreo cada 24 horas luego de la siembra e incubación para observar cuál de los tratamientos presentaba el mejor tiempo de germinación de las semillas. Altura de la plántula: se procedió a medir la altura de las plántulas cada semana para observar diferencias en el crecimiento de las plántulas. Numero de hojas: de manera similar a lo anteriormente mencionado, se realizó un conteo de hojas cada semana para observar cuales tratamientos presentan un mejor rendimiento en el proceso de fotosíntesis. Monitoreo del pH: para monitorear el pH se tomaron muestras del sustrato de cada tratamiento y fueron diluidas en agua destilada. Las lecturas se realizaron cada 10 días para confirmar la actividad solubilizadora de fosfato de la cepa ITCB-09.

Resultados

Viabilidad de la cepa ITCB-09 en su encapsulado en alginato

Los estudios de viabilidad de la cepa ITCB-09 en su encapsulado con perlas de alginato, mostraron que la concentración óptima de alginato para lograr una perla con condiciones deseadas fue al 3% (p/v). Las perlas obtenidas fueron de color blanco a transparentes con un diámetro promedio de 0.6 mm. La determinación de viabilidad en placa mostró que la cepa ITCB-09 creció adecuadamente en medio de cultivo PDA con un tiempo de degradación de 15 días. Las microcápsulas observadas por microscopia, fueron irregulares (forma de gotas), completamente lisas, que al transcurrir el tiempo formaron hendiduras y porosidades, libres de contaminación.

Evaluación del efecto de la cepa ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero

Los resultados del efecto de la cepa ITCB-09 en el crecimiento de las plántulas de chile habanero se describen a continuación, en base a las determinaciones realizadas.

Tiempo de germinación

El tiempo de germinación de las semillas en todos los tratamientos oscilo entre los 10 y 15 días en general para todos los tratamientos. No observándose ninguna diferencia significativa de algún tratamiento respecto al control.

Determinación cuantitativa de la altura en plantas de chile habanero

Las plántulas que presentaron la mayor altura fueron las correspondientes al tratamiento Cepa ITCB-09 en perlas de alginato en el sustrato Tierra de Monte más Peat Moss con un promedio superior a los 15 cm (Figura 1). Cabe señalar, que los demás tratamientos también fueron superiores respecto al control, por lo que se puede suponer que existió un efecto positivo por parte de la cepa ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero.

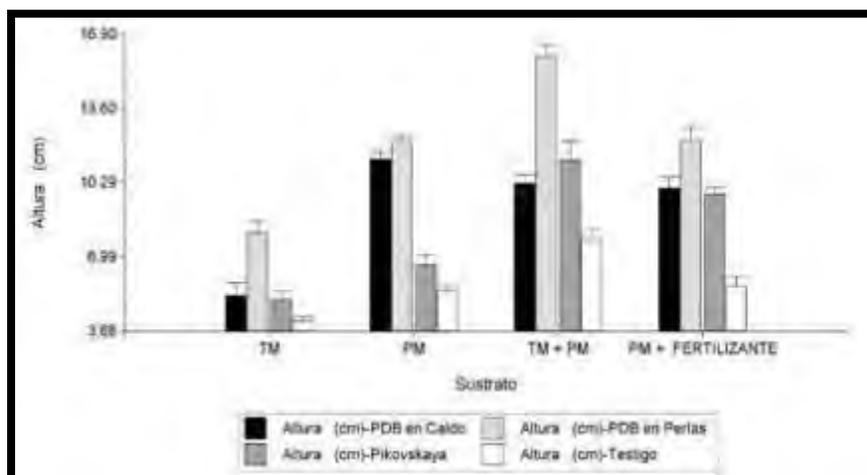


Figura 1. Altura promedio de plantas de chile habanero con los diferentes tratamientos de la cepa ITCB-09.

Determinación cuantitativa de hojas en plantulas de chile habanero

Por otro lado, respecto a la cuantificación del número de hojas, se observó que el tratamiento Cepa ITCB-09 en perlas de alginato en el sustrato Tierra de Monte más Peat Moss fue el que presentó la mayor cantidad de hojas en las plántulas con un promedio de 11 hojas en el sustrato mencionado (Figura 2). También, se observó que todos los tratamientos superaron la cantidad de hojas producidas en relación al testigo, demostrando que la cepa ITCB-09 tuvo un efecto positivo en el desarrollo de la planta.

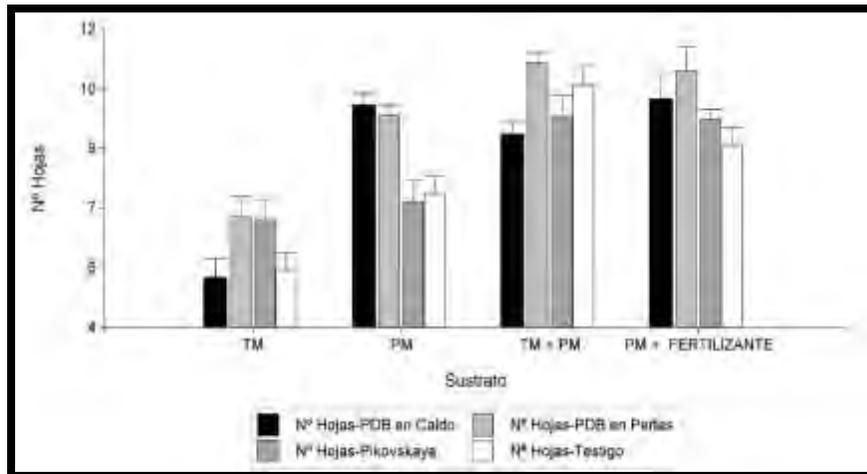


Figura 2. Número de hojas en plantas de chile habanero con los diferentes tratamientos de la cepa ITCB-09.

Discusión

Los microorganismos del suelo son el factor clave en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y de esta manera en el establecimiento y crecimiento de las plantas, desempeñando así un papel importante en el concepto agricultura sustentable. Varios experimentos han demostrado que algunos microorganismos del suelo, principalmente hongos filamentosos y bacterias, son capaces de solubilizar compuestos inorgánicos que contienen fósforo mediante la excreción de ácidos orgánicos (Vassileva et al., 1999). Recientemente, se ha demostrado que la eficacia en la aplicación de estos microorganismos podría incrementarse a través de tecnologías de inmovilización microbiana. En el presente estudio se llevó a cabo el efecto de la cepa bacteriana ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero. En primera instancia, la viabilidad de la cepa encapsulada en alginato mostró que las perlas de alginato al 3% (p/v) fueron las adecuadas para contener la suficiente cantidad de bacterias al mantenerlas vivas durante 15 días. Esta eficacia del alginato para el encapsulamiento de bacterias con aplicaciones ambientales ya ha sido demostrada en otros trabajos (Fenice et al., 2000; Zohar-Perez et al., 2002). Por otro lado, en general se observó que en todos los tratamientos inoculados con la bacteria ITCB-09 hubo un efecto positivo en el crecimiento de las plántulas de chile habanero. Sin embargo, el mejor tratamiento fue el de la Cepa ITCB-09 en perlas de alginato. Efectos positivos en el crecimiento de plántulas inoculadas con bacterias solubilizadoras de fósforo ya han sido reportados. En un trabajo similar, pero con plántulas de trigo, se observó que la cepa *Rhizobium* sp. inoculada en conjunto a una bacteria solubilizadora de fósforo presentaron un efecto positivo en relación al peso de la

raíz, altura de las plantas, proteínas de hojas, contenido de fósforo en semillas (Afzal y Bano, 2008). Finalmente, los resultados de esta investigación indican la necesidad de llevar a cabo estudios más profundos a través del uso de mayores capacidades analíticas incluyendo la identificación por biología molecular de la cepa ITCB-09. No obstante, son resultados prometedores con fines de que en un mediano plazo esta cepa bacteriana pueda ser introducida en el mercado de la agricultura sustentable como una cepa promotora de crecimiento.

Conclusiones

En el presente trabajo se llevó a cabo la determinación del efecto de la cepa bacteriana ITCB-09 en el crecimiento de plántulas de chile habanero. Los resultados de viabilidad de la cepa ITCB-09 mostraron que la concentración óptima de alginato para encapsular la bacteria fue al 3% (p/v) con un tiempo de degradación de la perla de 15 días. Respecto al efecto de la cepa ITCB-09 en el crecimiento de las plántulas, se observó que el tratamiento Cepa ITCB-09 en Perlas de alginato fue el mejor debido a presentaron los valores más altos de altura y cantidad de hojas por plántula en relación al testigo. Finalmente, con estos resultados se puede destacar el potencial biotecnológico de la cepa ITCB-09 en la solubilización de fósforo inorgánico lo cual representa un efecto positivo para el crecimiento de plantas de importancia en la agricultura.

Literatura citada

- Afzal, A. and A. Bano. 2008. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorous uptake in wheat (*Triticum aestivum*). *International Journal of Agriculture and Biology* 10:85-88.
- Boschetti, N., C. Quintero, R. Benavidez y L. Giuffre. 2001. Destino del fósforo proveniente de diferentes fuentes de fertilizante fosfatado en suelos de la provincia de entré ríos. *Revista Científica Agropecuaria* 5:23-30.
- Chen, Y., P. Rekha, A. Arun, F. Shen, W Lai and C. Young. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology* 34:33-41.

- Fenice, M., L. Selbman, F. Federici and N. Vassilev. 2000. Application of encapsulated *Penicillium variable* P16 in solubilization of rock phosphate. *Bioresource Technology* 73:157-162.
- Geramillo, H. 2004. Características de los suelos. *Científica Agropecuaria* 125-130.
- Ivanova, R., D. Bojinova and K. Nedialkova. 2006. Rock phosphate solubilization by soil bacteria. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 41:297-302.
- Lee, K. and D. Mooney. 2012. Alginate: Properties and biomedical applications. *Progr Pol Sci.* 1:106-126.
- Sahu S. N. and B. B. Jana. 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. *Ecological Engineering* 15:27-39.
- Silva, G. y C. Vidor. 2001. Actividad de microorganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36:1495-1508.
- Vassileva, M., R. Azcon, J. M. Barea and N. Vassilev. 1999. Effect of encapsulated cells of *Enterobacter* sp on plant growth and phosphate uptake. *Bioresource Technology* 67:229-232.
- Vázquez P., G. Holguin, M. Puente, A. López-Cortés and Y. Basan. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol. Fertil. Soils.* 30:460-468.
- Zohar-Perez, C., E. Ritte, L. Chernin, I. Chet and A. Nussinovitch. 2002. Preservation of chitinolytic *Pantoea* agglomerans in a viable form by cellular dried alginate-based carriers. *Biotecchnol Prog.* 18:1133-1140.

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A PUDRICIÓN DE RAÍZ POR *F. proliferatum* DE GERMOPLASMA DE TRIGO HARINERO

María del Pilar Suaste Franco^{87*}, Luis Antonio Mariscal Amaro⁸⁸, Ernesto Solís Moya⁸⁸, Gabriel Iturriaga de la Fuente⁸⁷, Juan Gabriel Ramírez Pimentel⁸⁷, Juan Carlos Raya Pérez⁸⁷

Resumen

La pudrición común de la raíz, pudrición del pie y pudrición de corona en trigo, son enfermedades que pueden ser causadas por diferentes tipos de hongos, tales como *Helminthosporium*, *Fusarium* y *Pythium* spp. En los últimos años, en regiones productoras de trigo de El Bajío se ha detectado una enfermedad conocida como amarillamiento o marchitez prematura de plantas. Se identificó a los hongos causantes y la mayor patogenicidad la presentó *F. proliferatum*. El objetivo de este trabajo fue evaluar e identificar líneas del germoplasma premejorado de CIMMYT e INIFAP tolerantes a *F. proliferatum* bajo invernadero. Se utilizó un conjunto de 400 genotipos de trigo harinero, se incrementó *F. proliferatum* y se realizaron tres inoculaciones a los 0, 14 y 35 días después de la siembra (dds). La variable evaluada fue el porcentaje de severidad de pudrición de raíz (%PR). 13 genotipos fueron identificados como tolerantes a la pudrición de raíz, con un 12.5% de severidad, estas líneas pudieran ser futuras candidatas como fuentes donadoras de resistencia. La variedad Faisán S2016 puede ser una opción viable para los productores de las zonas trigueras de El Bajío con problemas de pudrición de raíz y corona.

Palabras clave: BLUPs, líneas de germoplasma, severidad

Introducción

La pudrición común de la raíz, pudrición del pie y pudrición de corona en trigo, son enfermedades que pueden ser causadas por diferentes tipos de hongos, tales como *Helminthosporium*, *Fusarium* y *Pythium* spp. Estos hongos afectan los tejidos de la raíz, la

⁸⁷Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903.

⁸⁸Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222.

* suastef.mp@hotmail.com

corona y los tallos basales, que se tornan oscuros o de color café. A veces se acaman plantas aisladas o grupos de plantas y con frecuencia se observan espigas blancas antes de llegar a la madurez fisiológica normal. La infección a comienzos del desarrollo del cultivo puede provocar "secadera temprana" de las plántulas antes o después de emerger (Prescott et al., 1986).

Los rastrojos son una fuente importante de inóculo, ya que pueden tener conidios, micelio, clamidosporas y ascosporas, los que pueden sobrevivir por varios años. Inviernos secos y cálidos, provocan estrés hídrico en la planta. Si dicho estrés se presenta durante la floración y llenado de grano, aunado a temperaturas altas del suelo (entre 20 – 30°C) y temperaturas ambientales cálidas, predisponen a la planta de trigo al ataque de este complejo de especies. El problema se acentúa después de realizar el segundo y tercer riego, en condiciones de altas temperaturas, de esta manera las raíces mueren por falta de ventilación en el suelo y se presentan pudrición de raíz (CESAVEG, 2010; Wall, 1987).

Los efectos negativos de *Fusarium* son evaluados tanto en daño directo a los cultivos (carcomas de los granos, diferentes niveles de delgadez), como daño indirecto (reducción del rendimiento debido al desarrollo de la pudrición de raíz, tallos y espigas), estos últimos debidos a las diversas anomalías en el crecimiento y desarrollo de la planta (Bilal, 1990).

En zonas productoras de trigo a nivel mundial como Turquía, las pérdidas de rendimiento causadas por la pudrición común de la raíz, se han registrado entre el 24 y el 36% en los trigos de invierno cultivados comúnmente (Hekimhan et al., 2004). La pudrición de la corona y de raíces son las principales enfermedades del trigo cuando la humedad es deficiente (Gilchrist et al., 2005). La patogenicidad de los hongos del género *Fusarium* depende de varios factores, incluyendo las características varietales y períodos en que la infección por el agente causante se lleva a cabo. El control químico mediante fungicidas o el cultural como la solarización del suelo no son viables para solucionar esta problemática porque representan mayores costos de producción. Se ha propuesto el control biológico pero la sobrevivencia de los microorganismos se ve afectada en ocasiones por la fertilización química y por el método de aplicación. Los métodos más eficientes, amigables con el medio ambiente y económicamente rentables de obtener altos rendimientos de grano es la introducción de variedades que sean resistentes a las enfermedades (Mozgovoy, 1989).

En los últimos años, en regiones productoras de trigo de El Bajío se ha detectado una enfermedad conocida como amarillamiento o marchitez prematura de plantas que se presenta en manchones que a veces alcanzan grandes superficies ocasionando pérdidas de rendimiento considerables para los productores y cuando se logra cosechar grano este es de mala calidad. Esta enfermedad produce una sintomatología en la planta que muchas veces se confunde con los daños por heladas, aunque las condiciones para la presencia de estas

últimas no se hayan presentado. Se ha determinado que los agentes causales de esta enfermedad principalmente son varias especies del género *Fusarium* (Delgadillo, 2008).

Se ha observado una mayor incidencia y severidad en trigos cultivados bajo riego donde los síntomas son más visibles cuando existen lluvias invernales o después del tercer riego de auxilio. Por otro lado, las prácticas agrícolas comunes de los productores tales como mantenimiento de rastrojo de trigo u otros cereales con los cuales se rota, las tiradas largas del riego, los riegos excesivos y la mala nivelación del suelo que ocasiona encharcamientos, propician el desarrollo e incidencia de este complejo de especies (Delgadillo, 2008).

En trabajos previos (realizados por otros autores), se identificó a los hongos causantes y la mayor patogenicidad la presentó *F. proliferatum*. El objetivo de este trabajo fue evaluar e identificar líneas del germoplasma premejorado de CIMMYT e INIFAP tolerantes a *F. proliferatum* bajo invernadero.

Materiales y métodos

Se utilizó un conjunto de 400 genotipos de trigo harinero, de las cuales, 386 líneas provienen de CIMMYT y 14 variedades de INIFAP (Bajío, Sonora y Valles Altos).

El ensayo se estableció en invernadero perteneciente al INIFAP-CEBAJ, bajo el diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, donde los genotipos fueron los tratamientos. Cada parcela (unidad experimental) consistió de una maceta de unicel de 60 oz., con una densidad de 10 plantas por maceta. El testigo susceptible fue la variedad Cortázar S94 de INIFAP. En cuanto al manejo agronómico, se realizaron dos aplicaciones de fertilizante foliar con Fosfacel-800 a los 20 y 27 dds. Los riegos se dieron periódicamente para mantener la humedad del sustrato. La semilla se desinfectó sumergiéndola en una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 2 minutos y después se lavó tres veces con agua estéril.

Previo a la siembra, para la preparación del inóculo se incrementó *F. proliferatum* en medio PDA y se incubó a 27°C durante 14 días. Se realizaron tres inoculaciones, la primera inoculación fue a la siembra mediante contacto directo, colocando tres discos de medio de cultivo con micelio joven del hongo, sobre ellos se colocó la semilla y se cubrió con sustrato. A los 14 dds se realizó la segunda inoculación, para ello se aplicó 5 mL de solución de inóculo a una concentración de 200,000 conidios por ml en cada planta, directamente sobre la base del tallo con ayuda de una jeringa. Por último, para garantizar la infección de la enfermedad, se realizó la tercera inoculación a los 35 dds, inyectando en la base del tallo una solución de conidios a la misma concentración anteriormente mencionada, después de realizar la herida con la aguja de la jeringa el resto del inóculo se aplicó sobre de ella.

La información se analizó con el uso del paquete estadístico SAS, versión 9.3, bajo el siguiente Modelo Lineal Mixto:

$$Y = \mu + \text{REP} + \text{GEN} + \text{error}$$

Los genotipos fueron considerados como efectos aleatorios, mientras que las repeticiones fueron consideradas como efectos fijos. Se calculó el predictor lineal BLUPS (Best linear unbiased prediction) y a partir de él, se realizó una gráfica de dispersión y un histograma de frecuencias para observar el comportamiento de los datos fenotípicos.

La variable evaluada fue el porcentaje de severidad de pudrición de raíz (%PR), la cual se evaluó bajo la siguiente escala: 1 (0 a 25%), 2 (26 – 50%), 3 (51 – 75%) y 4 (76 a 100%).

Resultados y discusión

El Cuadro 1, describe los componentes de varianza para los efectos aleatorios, en dicho cuadro se observa que los genotipos fueron altamente significativos ($P \leq 0.01$) por lo que la hipótesis nula se rechaza, es decir sus varianzas pueden considerarse diferentes a cero y, por lo tanto, presentaron alta variabilidad.

Cuadro 1. Estimaciones de parámetros de varianza para efectos aleatorios.

Parámetros	Estimador	Error Estándar	Valor Z	Pr > Z
Gen	45.6689	15.4263	2.96	0.0015
Residual	259.07	18.3418	14.12	<.0001

Gen = Genotipos.

Los parámetros para los efectos fijos (Cuadro 2), se muestra a continuación:

Cuadro 2. Solución para efectos fijos.

Parámetros	Estimador	Error Estándar	gl	Valor t	Pr > t
Intercepto	43.625	0.8728	399	49.98	<.0001
Rep	-7.3125	1.1381	399	-6.43	<.0001

Rep = Repeticiones; gl = grados de libertad.

En la Figura 1, se presenta la dispersión de los BLUPs con la finalidad de observar la estructura de la población respecto al porcentaje de severidad de la pudrición de raíz. En dicha figura se muestra una distribución con tendencia a concentrarse alrededor de un nivel de severidad del 40% aproximadamente. El resto de los genotipos se distribuyen por encima de este nivel, lo que indica que la mayoría de los genotipos evaluados en este ensayo son

susceptibles, coincidiendo con Yang et al. (2010), quienes indican que las variedades con altos niveles de resistencia a pudriciones de raíz y corona, aún no están disponibles. Fueron 13 los genotipos más tolerantes, los cuales obtuvieron porcentajes de severidad del 12.5%, todos pertenecen al grupo de líneas provenientes de CIMMYT. Cortázar S94 se utilizó como testigo susceptible, este alcanzó porcentajes aproximados al 50%, aunque en este ensayo se detectaron genotipos con niveles mayores de severidad. Dentro del grupo de genotipos de INIFAP, la nueva variedad Faisán S2016 registró valores del 25% aproximadamente.

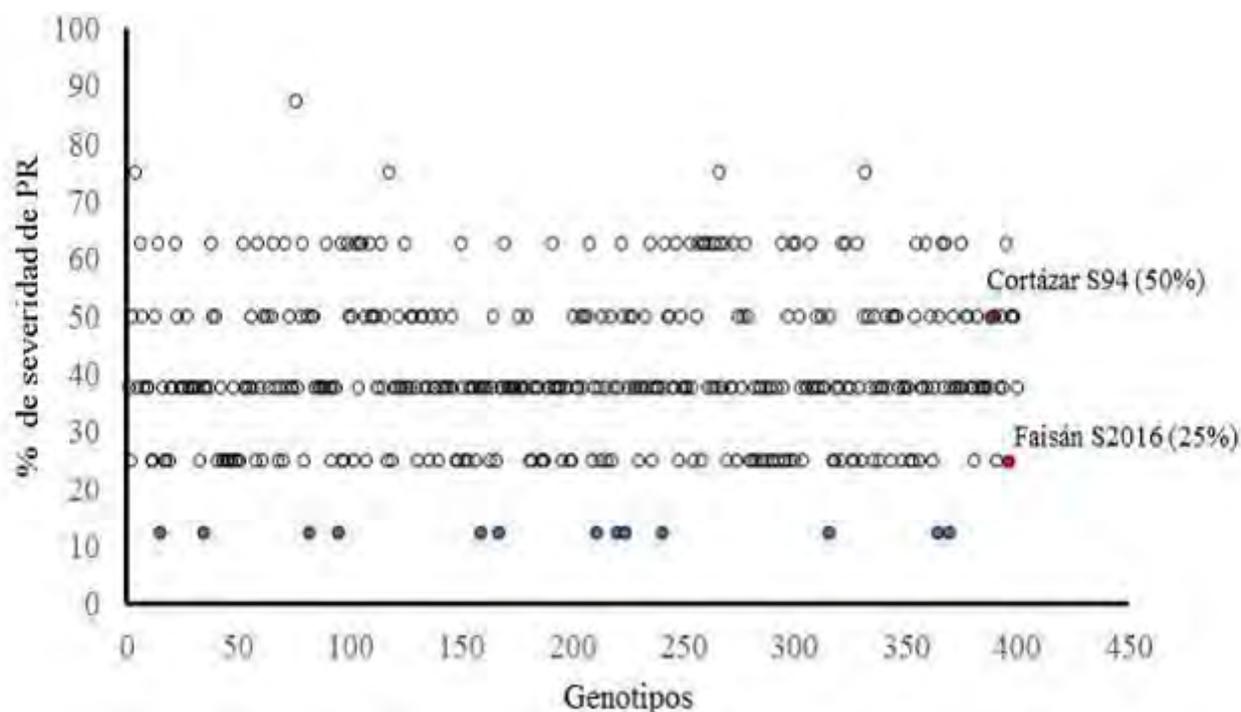


Figura 1. Dispersión de porcentajes de severidad por pudrición de raíz (PR).

En el histograma de frecuencias (Figura 2) puede observarse una distribución que se ajusta bastante a la normal. Se confirma nuevamente que 13 de los 400 genotipos fueron los que obtuvieron los porcentajes de infección más bajos. La frecuencia más alta fue de 31 a 50% de severidad (247 genotipos), mientras que un solo genotipo fue el extremadamente susceptible con una severidad del 76 al 100%.

En el Cuadro 3 se presenta de forma resumida el listado de los 10 genotipos más resistentes y los 10 más susceptibles a la pudrición de raíz (%PR). A partir de esta evaluación fenotípica se observó que solo 13 genotipos fueron identificados como tolerantes a la pudrición de raíz, con un 12.5% de severidad, estas líneas pudieran ser futuras candidatas como fuentes donadoras de resistencia; sin embargo, la mayoría de los genotipos fue susceptible, registrando valores por arriba del 50%, incluso el genotipo 110 registró un porcentaje de severidad del 87.5%. El hecho de que la mayoría de los genotipos sean susceptibles, sugiere

que la pudrición de raíz, pudiera poseer una resistencia de tipo cuantitativo al igual que lo indicaron Bai y Shaner (1994) para la fusariosis de la espiga, además de indicar también, que es altamente influenciada por factores ambientales.

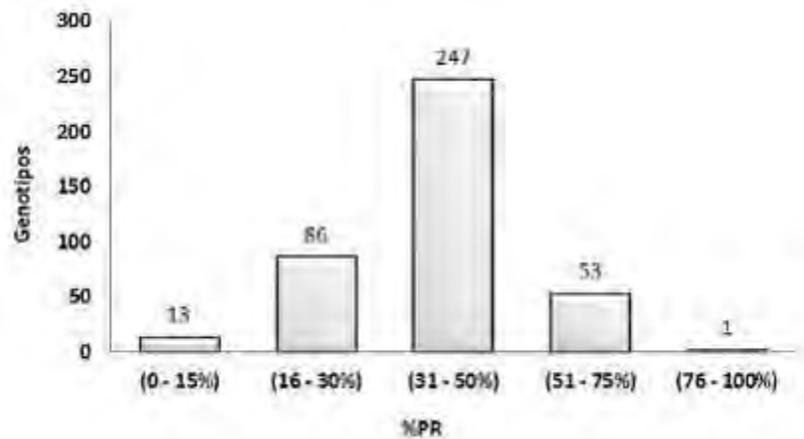


Figura 2. Histograma de frecuencia del porcentaje de severidad por pudrición de raíz (%PR).

Cuadro 3. Listado de los 10 genotipos más susceptibles y los 10 más tolerantes a pudrición de la raíz de acuerdo a la estimación de BLUPs.

Genotipo	Estimador (BLUP)	%PR
25	-7.1601	12.5
53	-7.1601	12.5
123	-7.1601	12.5
145	-7.1601	12.5
228	-7.1601	12.5
237	-7.1601	12.5
288	-7.1601	12.5
297	-7.1601	12.5
302	-7.1601	12.5
322	-7.1601	12.5
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
471	5.8731	62.5
481	5.8731	62.5
484	5.8731	62.5
497	5.8731	62.5
521	5.8731	62.5
7	9.1314	75
175	9.1314	75
353	9.1314	75
436	9.1314	75
110	12.3896	87.5

%PR= Porcentaje de severidad de pudrición de raíz.

Conclusiones

De acuerdo a la evaluación fenotípica, los genotipos 25, 53, 123, 145, 228, 237, 288, 297, 302 y 322 pudieran ser utilizados como fuentes de resistencia a la pudrición de raíz.

La variedad Faisán S2016 puede ser una opción viable para los productores de las zonas trigueras de El Bajío con problemas de pudrición de raíz y corona.

Literatura citada

Bai, G. and G. Shaner 1994. Scab of wheat: Prospects for Control. APS. Plant Disease 78 (8):760-766.

Bilai, V.I. 1990. The determinant of the toxigenic micromycetes / Bilai V.I., Kurbatskaya Z.A. // Kiev. – Naukova Dumka. - 236 p.

CESAVEG. 2010. Manual de Plagas y Enfermedades del Trigo. Manual Técnico. CESAVEG. Irapuato, Guanajuato. 18 p.

Delgadillo, S. F. 2008. Informe final de actividades del proyecto “Estudio para la identificación de los agentes causales de la pudrición de raíz y secado prematuro de cebada”. Fundación Guanajuato Produce A. C. Obtenido de la red. www.fundacionguanajuato.com. 30 de enero de 2012.

Gilchrist S. L., D. Fuentes G., C. Martínez C., R. M. López A., E. Duveiller, R.P. Singh, M. Henry, y García A. I. 2005. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada. Segunda edición. México, D.F.: CIMMYT. 120 p.

Hekimhan, H., A. Bagcı, J. Nicol, T. Arısoy and S. Sahin, 2004. Dryland Root Rot: a major threat to winter cereal production under sub-optimal growing conditions. 4th international Crop Science Congress, 26 Sep.- 1 Oct., Brisbane, Australia. www.regional.org.au/au/cs.

Mozgovoy, A.F. 1989. How to reduce the harmfulness of the Fusarium head blight / A.F. Mozgovoy // Protection of plants. p. 21-22.

Prescott, J. M., P. Burnett, A., E. Saari, E., J. Ransom, K., J. Bowman, W. A. De Milliano, J., y Bekele, G. T. 1986. Enfermedades y plagas del trigo: Una guía para su identificación en el campo.

Wall, P. 1987. Central and South America. In: Wheat Production Constraints in Tropical Environments. Klatt, A. R. (ed.). CIMMYT. Mexico, D. F. 410 p.

Yang, X., Ma, J., Li, H., Ma, H., Yao, J., & Liu, C. 2010. Different genes can be responsible for crown rot resistance at different developmental stages of wheat and barley. European Journal of Plant Pathology 128(4):495-502.

USO DEL MODELO GGE BILOT EN TRIGO CRISTALINO EN FECHAS DE SIEMBRA Y CALENDARIOS DE RIEGO

María del Carmen Gómez Servín⁸⁹, Ernesto Solís Moya^{89*}, Oscar Arath Grageda Cabrera⁸⁹, Mariano Díaz Ruiz⁸⁹, Aquilino Ramírez Ramírez⁸⁹ y María del Pilar Suaste Franco⁹⁰.

Resumen

La mayoría de los programas de fitomejoramiento genético intentan desarrollar variedades de trigo estables en su rendimiento, característica de gran importancia para los agricultores cuando adoptan cultivares nuevos. La interacción genotipo ambiente (IGA) es una de las principales dificultades en los procesos de selección; la IGA ocasiona que los mejores genotipos varíen con el ambiente, y dificulta el proceso de selección de cultivares para una región particular. El objetivo fue analizar la naturaleza de la IGA de cuatro cultivares de trigo, con tres calendarios de riego y cinco fechas de siembra en los ciclos de otoño-invierno de 2009-2010 y de 2010-2011. Se evaluaron los cultivares de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf.): Anatoly C2011, Gema C2004, Aconchi C89 y Topacio C97. Los calendarios de riego fueron: dos, tres y cuatro riegos a los 0-55, 0-45-75 y 0-45-75-100 d después de la siembra. En las fechas de siembra se inició el 16 de noviembre cada 15 días hasta el 15 de enero, con una densidad de 120 kg ha¹. El análisis de estabilidad fenotípica se realizó con el modelo GGE biplot. La variedad Anatoly C2011 fue la de mayor rendimiento, pues en su sector contiene los 16 ambientes. También se ubicó la variedad Gema C2004, lo que indica que obtuvo alto rendimiento en todos los ambientes, aunque inferior a Anatoly C2011. Ningún ambiente se ubicó en los sectores de Topacio C97 y Aconchi C89, lo que indica que estas variedades fueron las de más bajo rendimiento en todos los ambientes. Gema C2004 y Anatoly C2011, fueron las que obtuvieron los valores más cercanos a cero del componente principal 2 (CP2), por lo tanto, este modelo las clasificó como los más estables dentro de la interacción genotipo-ambiente.

Palabras clave: fitomejoramiento, rendimiento, estabilidad, interacción genotipo-ambiente, componente principal

⁸⁹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. A. P. 112. C. P. 38000 Celaya, Gto., México. Tel: 01 800 088 2222

⁹⁰Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas km 8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903

* solis.ernesto@inifap.gob.mx

Introducción

En México, las principales regiones trigueras están en el noroeste del país, donde se produce el 53% del total nacional, y el Bajío contribuye con el 28%. En ambas regiones, el trigo (*Triticum* spp.) se produce en el ciclo otoño-invierno (noviembre-mayo) bajo condiciones de riego. El 19% restante se produce en áreas de temporal, principalmente en el altiplano mexicano (SIAP, 2010). La escasez de agua es uno de los principales problemas que afectan la producción de trigo en El Bajío. En esta región, el balance hidráulico subterráneo presenta un déficit de más de 900'000,000 m³, debido a una sobre explotación del acuífero (más de 16,000 pozos en operación), que ocasiona un abatimiento del manto freático de 3 a 6 m año⁻¹ y eleva los costos de energía eléctrica en la extracción de agua (Ledesma et al., 2010). La eficiencia en el uso del agua (EUA), es un concepto que incluye cualquier acción que reduzca la cantidad de agua utilizada por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua. En los cultivos la EUA es modificada por diversas prácticas de manejo agronómico, como rotación de cultivos, sistema de labranza, riego, fertilización, variedades y fecha de siembra, entre otras (Loomis y Amthor, 1999). También es modificada mediante el mejoramiento de las plantas, para incrementar el rendimiento económico en condiciones deficientes de humedad, para lo cual, es necesario aplicar métodos de selección que permitan identificar aquellas que muestren mayor EUA (Condon et al., 2004). La mayoría de los programas de fitomejoramiento intentan producir variedades estables en su rendimiento, el cual es el carácter más importante para los agricultores cuando adoptan cultivares nuevos. La interacción genotipo-ambiente (IGA) es una de las principales dificultades en los procesos de selección; la IGA ocasiona que los mejores genotipos varíen con el ambiente, y dificulta el proceso de selección de cultivares para una región particular (Yan y Holland, 2010).

El concepto de estabilidad tiene diversas definiciones y se han desarrollado varios métodos biométricos para evaluarla (Kang, 1998). Estudios de estabilidad se han realizado en cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Jalata, 2011), maíz (*Zea mays* L.) (González et al., 2009) y trigo (Mohammadi et al., 2010). Una IGA significativa puede ser: 1) del tipo sin cruce, cuando el orden de clasificación de los genotipos a través de los ambientes se mantiene, y sólo se presentan cambios en la magnitud de la expresión del carácter evaluado; 2) del tipo cruzado, cuando la clasificación de los genotipos cambia con el ambiente. Según Baker (1990), la interacción de cruce es más importante que la interacción sin cruce. Cuando se realiza la selección de genotipos para varios ambientes, los fitomejoradores buscan el tipo de interacción sin cruce, esto es, genotipos con adaptación general y el tipo de interacción con cruce para adaptación específica (Okoye et al., 2008).

En la identificación de cultivares estables se usaron métodos paramétricos univariados como los de Eberhart y Russell (1969), Shukla (1972) y Francis y Kannenberg (1978). Estos métodos requieren pocos cálculos y sus parámetros son fáciles de interpretar biológicamente, pero tienen utilidad limitada cuando la respuesta de los genotipos a los ambientes no es lineal; además, la clasificación de estabilidad sólo se aplica a los genotipos y a los ambientes evaluados (González et al., 2009).

La identificación de cultivares sobresalientes también puede efectuarse desde una perspectiva multivariada con la técnica de componentes principales. Yan et al. (2000) desarrollaron la metodología GGE biplot para el análisis gráfico de los datos de pruebas multi-ambientales (MET). En una MET, el ambiente (E) representa 80% de la variación, el genotipo (G) y la interacción genotipo-ambiente (GE) 10% cada uno (Yan y Kang, 2003). Para evaluar cultivares, sólo los efectos de genotipos y de la interacción son importantes (Gauch y Zobel, 1996); como estos componentes de la variación son los de interés en pruebas de cultivares, se propuso el término GGE. Un biplot (Gabriel, 1971) es una gráfica que muestra simultáneamente genotipos y ambientes (o en términos generales, filas y columnas de los factores). El GGE biplot es una gráfica que muestra los genotipos y los ambientes de los datos MET (Yan, 2001). Se construye mediante el trazado de los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2, también llamados efectos primarios y secundarios), derivados de la descomposición en valores singulares (SVD) de los datos centrados en el ambiente. Los modelos que descomponen los datos centrados en el ambiente se conocen como modelos de sitios de regresión o SREG y el modelo SREG con dos componentes principales se llama SREG2 (Yan y Kang, 2003).

Una de las características más sobresalientes del modelo GGE biplot es que puede mostrar gráficamente "quién (que cultivar) - ganó-dónde (en qué localidad)" en un conjunto de datos (Yan et al., 2000). Esto es, las marcas de los genotipos más alejados del origen (0,0) se conectan con líneas rectas para formar un polígono; de tal manera, que las marcas de los otros cultivares están dentro del polígono. Para cada lado del polígono se traza una línea perpendicular, desde el origen del biplot, y se extiende más allá del polígono; así, el biplot se divide en varios sectores, y las marcas de los sitios de prueba son separadas dentro de estos sectores. El cultivar en el vértice de cada sector es el que tiene mejor comportamiento en los sitios incluidos en dicho sector, siempre que la proporción de los efectos de GGE sea explicada suficientemente por PC1 y PC2. Así, los grupos de sitios que presentan comportamiento similar son identificados gráficamente (Yan, 2001).

Con el conocimiento de la magnitud de la interacción entre el genotipo y el ambiente, puede estimarse la estabilidad de los cultivares con riego normal y restringido cuando se evalúan con diferentes calendarios de riego y fechas de siembra. También pueden evaluarse los potenciales productivos y las posibles limitaciones de los genotipos en cada condición de

humedad. El objetivo fue analizar la naturaleza de la IGA de cuatro cultivares de trigo, con tres calendarios de riego y cinco fechas de siembra realizadas en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, en los ciclos de otoño-invierno de 2009-2010 y de 2010-2011, con el modelo GGE biplot.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante los ciclos agrícolas de otoño-invierno de 2009-2010 y de 2010-2011, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Celaya, Guanajuato, localizado a 20°32' LN, 100°48' LO, a 1752 m de altitud; la precipitación y temperatura media anuales son de 578 mm y 19.8°C, respectivamente. Se evaluaron cuatro cultivares de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf.): Anatoly C2011, Gema C2004, Aconchi C89 y Topacio C97. Los tres calendarios de riego fueron: dos, tres y cuatro riegos a los 0-55, 0-45-75 y 0-45-75-100 d después de la siembra.

Las fechas de siembra fueron a partir del 16 de noviembre cada 15 días hasta el 15 de enero, con densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹. La parcela experimental y útil se conformó de dos surcos de 3 m de longitud sembrados en doble hilera y separados a 75 cm. En todos los experimentos se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00; la mitad de N y todo el P₂O₅ se adicionó a la siembra y el resto del N con el primer riego de auxilio. Las fuentes de fertilizantes fueron: urea [CO(NH₂)₂] con 46% de N y superfosfato de calcio triple [Ca(H₂PO₄)₂] con 46% de P₂O₅. Las arvenses de hoja angosta se controlaron con Topik 24EC, a los 28 d después del riego de siembra y las de hoja ancha con Esteron 47 a los 34 d. Durante la etapa fenológica de grano masoso se aplicó Cipermetrina al 2.5% para controlar pulgones. La cosecha se realizó con una cosechadora adaptada para parcelas experimentales, cuando el grano alcanzó de 12 a 14% de humedad.

Para el análisis de la IGA, cada calendario de riego se consideró como un ambiente; así, en cada año se tuvieron tres ambientes, uno por cada calendario de riego. También para fechas de siembra. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones, por calendario de riego por año. El análisis de estabilidad fenotípica se realizó con el modelo GGE biplot (Yan et al., 2000), que se basó en el gráfico producido del biplot simétrico, obtenido del programa desarrollado por Burgueño et al. (2001). Los valores del primer componente principal (CP1) que se graficaron en la abscisa, representan el rendimiento de grano, los del segundo componente principal (CP2) en la ordenada, representan la interacción genotipo-ambiente. Así, los genotipos o ambientes ubicados en la extrema derecha son los de mayor rendimiento y viceversa. Los genotipos con valores más pequeños

del CP2 son los más estables. Dos líneas punteadas indican el punto cero de los CP1 y CP2. Los dos ejes utilizan la misma escala, una condición importante para la visualización correcta de un biplot (Yan y Kang, 2003).

La vista del polígono de un gráfico GGE biplot, fue documentada en primera instancia por Yan (1999), la cual proporciona una forma efectiva y elegante de visualizar el patrón de quien-ganó-dónde de un conjunto de datos de pruebas multi-ambientales (MET). Las variedades en la esquina del polígono son denominadas cultivares vértice. Así, los cultivares vértice son los más alejados del origen del biplot. Estas variedades tienen los vectores más largos en sus direcciones respectivas, una medida de la capacidad de respuesta a los ambientes. Las variedades vértice, por lo tanto, son las más sensibles; el resto de las variedades son menos sensibles en sus direcciones respectivas. Una variedad que se encuentra en el origen se clasificaría igual en todos los ambientes; esto es, no respondería al cambio ambiental (Yan y Kang, 2003).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestran el biplot del modelo GGE. El trazo perpendicular en cada lado del polígono, pasando por el origen, permite obtener tres sectores con el genotipo extremo ubicado en el vértice del mismo (los sectores fueron identificados con números romanos en el sentido de las manecillas del reloj).

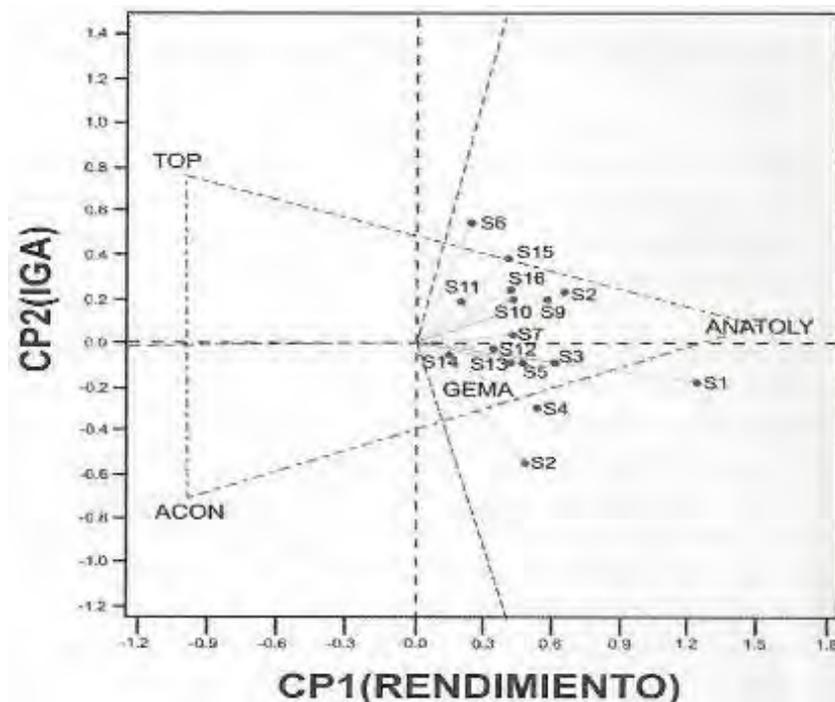


Figura 1. Biplot GGE para rendimiento de grano de cuatro genotipos de trigo evaluados en 16 ambientes (Top = Topacio C97; Acon = Aconchi C89).

Cada sector se nombra de acuerdo a la variedad vértice del mismo; por ejemplo, el sector de la variedad Topacio C97 (Top en la figura), puede ser nombrado como sector Topacio C97. Como regla, la variedad vértice es la de rendimiento máximo en todos los ambientes de su sector. La variedad Anatoly C2011 es el genotipo de mayor rendimiento, ya que en su sector contiene los 16 ambientes que incluyeron las cinco fechas de siembra y los tres calendarios de riego. En el sector Anatoly C2011, se ubicó la variedad Gema C2004, lo que indica que obtuvo alto rendimiento en todos los ambientes, aunque inferior a Anatoly C2011.

Ningún ambiente se ubicó en los sectores de Topacio C97 y Aconchi C89 (Acon en la figura), lo que indica que estas variedades no fueron las mejores en ningún ambiente de prueba. Sobre todo, indica que estas variedades fueron las de más bajo rendimiento en todos los ambientes.

Gema C2004 y Anatoly C2011, fueron las que obtuvieron los valores más cercanos a cero del componente principal 2 (CP2), por lo tanto, este modelo las clasificó como las más estables. Se ha señalado que la estabilidad es importante, aunque no es más que un modificador del rendimiento medio. Un corolario del concepto de GGE, es que una medida de la estabilidad que está determinada por la IGA, es útil solo cuando se considera conjuntamente con el rendimiento de los genotipos.

Conclusiones

Anatoly C2011 es el genotipo de mayor rendimiento, pues en su sector contiene los 16 ambientes. La variedad Gema C2004 también obtuvo alto rendimiento en todos los ambientes, aunque inferior a Anatoly C2011.

Ningún ambiente se ubicó en los sectores de Topacio C97 y Aconchi C89, lo que indica que estas variedades fueron las de más bajo rendimiento en todos los ambientes.

Gema C2004 y Anatoly C2011, fueron los genotipos que obtuvieron los valores más cercanos a cero del componente principal 2 (CP2), por lo que este modelo los clasificó como los más estables.

Literatura citada

Baker, R. J. 1990. Crossover genotype-environment interaction in spring wheat. p. 42-51. In: Kang, M. S. (ed.). Genotype-by-Environment Interaction. Louisiana State University Agricultural Center. Baton Rouge, LA, USA.

- Burgueño, J., J. Crossa and M. Vargas. 2001. SAS programs for graphing GE and GGE biplot. p. 29-36. In: The AMMI Analysis and Graphing the Biplot. Biometrics and Statistics Unit CIMMYT. México.
- Condon, A. G., R. A. Richards, G. J. Rebetzke and G. D. Farquhar. 2004. Breeding for high water-use efficiency. *J. Exp. Bot.* 55(407):2447-2460.
- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1969. Yield stability for a 10-line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids. *Crop Sci.* 9:357-361.
- Francis, T. R. and L. W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 58:1029-1034.
- Gabriel, K. R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58:453-467.
- Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. p. 85-122. In: Kang, M. S. and H. G. Gauch (eds.). *Genotype-by-Environment Interaction*. CRC Press. Boca Ratón, FL, USA.
- González, H. A., J. Sahagún, L. M. Vázquez, J. E. Rodríguez, D. J. Pérez, A. Domínguez, O. Franco y A. Balbuena. 2009. Identificación de variedades de maíz sobresalientes considerando el modelo AMMI y los índices de Eskridge. *Agríc. Téc. Méx.* 35(2):189-200.
- Jalata, Z. 2011. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in southeastern Ethiopia highlands. *Int. J. Plant Breed. Gen.* 5:59-75.
- Kang, M. S. 1998. Using genotype by environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.* 62:199-252.
- Ledesma, R. L., E. Solís, M. P. Suaste F. y M. F. Rodríguez G. 2010. Relación de métodos de labranza, siembra, riego y dosis de nitrógeno con el rendimiento de trigo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1:55-63.
- Loomis, R. S. and J. S. Amthor. 1999. Yield potential, plant assimilatory capacity and metabolic efficiencies. *Crop Sci.* 39:1584-1596.
- Mohammadi, R., R. Haghparast, A. Amriand and S. Ceccarelli. 2010. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. *Crop Pasture Sci.* 61(1):92-101.

- Okoye, M. N., C. O. Okwuagwu and M. I. Uguru. 2008. Genotype and genotype by environment (GGE) biplot analysis of fresh fruit bunch yield and yield components of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *J. Appl. Biosci.* 8(1):288-303.
- Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype x environmental components of variance. *Heredity* 29:237-245.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> [consultado en octubre de 2015].
- Yan, W. 1999. A study on the methodology of cultivar evaluation base don yield trial data – with special reference to winter wheat in Ontario. Ph. D. thesis. University of Guelph. Ontario, Canada.
- Yan, W. 2001. GGE-biplot a windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93(5):1111-1118.
- Yan, W. and J. B. Holland. 2010. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. *Euphytica* 171:355-369.
- Yan, W. and M. Kang. 2003. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 271 p.
- Yan, W., L. A. Hunt, S. Qinglai and Z. Szalvincs. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40:597-605.

ESTUDIO MORFOLÓGICO DE CLONES DE CAFÉ (*Coffea canephora* var. *robusta*) EN LA REGIÓN DE TEZONAPA, VERACRUZ

Juan Guillermo Huerta Mijangos⁹¹, Jasiel Valdivia Sánchez^{91*}, Aristarco Aguas Atlahua⁹¹, Susana Isabel Castillo Martínez⁹¹ y Pompeyo Quechulpa Pérez⁹¹

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo morfológico de nueve clones de café robusta (*C. canephora*) en la región de Tezonapa, Ver., con indicadores de su adaptabilidad a las condiciones de la zona. Se evaluaron nueve clones en un experimento completamente al azar con seis repeticiones, con un total de 54 unidades experimentales. Las variables respuesta fueron: altura de planta, número de hojas, número de ramas, diámetro del tallo, número de brotes y número de nudos; cada unidad consistió en una planta de café. Las mediciones se realizaron cada mes, durante cinco meses. Se realizó el análisis de varianza por clon y en su caso, comparación de medias, utilizando la prueba de Tukey ($p=0.05$), mediante el paquete estadístico R y RStudio. El clon 006 presentó el mayor crecimiento en altura (31.95 cm) seguido de los clones 09, 9714, 007, 06, 07, 9715 y 0024. El clon 007 presentó el mayor número de hojas (60.42) seguido de los clones 006, 9714, 0028, 09, 9715, 06, 07 y 0024. El clon 09 presentó el mayor grosor de tallo (0.68 mm) seguido de los clones 07, 006, 06, 007, 0028, 9714, 9715 y 0024. No hubo diferencias significativas, en las variables número de ramas, número de brotes y número de nudos. Existen diferencias en el desarrollo fisiológico entre clones de café robusta que se cultivan en la región de Tezonapa, Veracruz.

Palabras clave: *Coffea canephora*, desarrollo morfológico, variedades de café

Introducción

⁹¹Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, CeDE Tezonapa. Km 10 Antiguo Recinto Ferial, Carretera al Palmar s/n, Tezonapa, Ver.

* jasiel_ias@itszongolica.edu.mx

Por su importancia económica, sociocultural, ecológica y ambiental, la cafecultura es una de las actividades agrícolas mayormente difundidas en el mundo. La actividad abarca más de 10.2 millones de hectáreas de café arábigo y robusta. Se estima que 25 millones de familias cultivan y dependen de esta especie aromática como la principal fuente de ingresos económicos, y es la única oportunidad de empleo en muchas comunidades rurales (Pohlan et al., 2006).

En México se cultivan las dos especies de café: arábigo (*Coffea arabica* L.) y robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). Aproximadamente el 55% de la superficie total es arábigo. Con base en el registro del Padrón Nacional Cafetalero, en México, el cultivo del café se desarrolla en 675 mil 258 ha, comprendidas en 12 estados, 404 municipios y 4 mil 572 localidades, e involucra a 510 mil 544 productores (AMECAFÉ-SIAP). De acuerdo con el SIAP (2016), para el cierre del año 2015 en México se tenían 732,526.73 ha establecidas con cafetales, de las cuales se cosecharon 663,285.80 ha, cuyo valor de la producción fue de 5'323,252.04 miles de millones de pesos. Los principales estados productores son Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca en los que se concentra el 93.3% del total de la producción (SHCP, 2014).

La caficultura es una rama importante de la actividad agrícola que origina la configuración de un sistema agroindustrial y un mercado de orden internacional que tiene impacto como fuente de divisas. En México, esta actividad ocupa el segundo lugar como generadora de divisas en la balanza agrícola. Por ser un producto de escala mundial, el café está sujeto a los vaivenes de las cotizaciones del mercado internacional; sin embargo, salvo en los periodos de desplome de precios, su rentabilidad es alta (Salinas-Callejas, 2000).

El 40% de la superficie con cafetales corresponde a selvas altas y medianas (zona tropical húmeda), el 23% a bosques de pino y encino, el 21% a selvas bajas caducifolias y el 15% a bosque mesófilo de montaña. Por lo anterior, desde el punto de vista biológico, las regiones cafetaleras son de las más ricas y diversas en flora y fauna (Bartra, 2006).

La temperatura óptima en que se desarrolla el cultivo de café robusta oscila entre los 24 y 26°C; crece hasta los 800 m de altitud, con abundante precipitación pluvial en condiciones de humedad cercanas a la saturación del suelo y una estación seca corta, aunque es sensible a climas extremos (DaMatta y Ramalho, 2006).

En la variedad robusta existe una diversidad de clones, que se cultivan en diferentes regiones del país. Los métodos actuales de micropropagación constituyen una importante herramienta biotecnológica para la obtención acelerada de numerosas especies de plantas, puesto que permiten regionalizar en corto tiempo genotipos promisorios, y, por lo tanto, mantener colecciones específicas de variedades deseadas (Fernández et al., 2002).

El objetivo general de la presente investigación fue la evaluación del desarrollo morfológico de nueve clones de café robusta en la región de Tezonapa, Ver. A su vez, los objetivos específicos fueron: 1. Medir las variables dasométricas en las plantas de café: altura, diámetro, número de nudos, ramas y hojas, y 2. Comparar el desarrollo de los clones de café después del establecimiento.

Se trabajó bajo la hipótesis de que existen diferencias significativas en las características morfológicas entre clones de café robusta de la región de Tezonapa, Ver.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el área de producción de café del rancho La Luisa del ITSZ, CeDE Tezonapa, localizado en las coordenadas -96.719444 y 18.571667 a una altitud media de 220 m, en el municipio de Tezonapa Ver., México.

Se evaluó y comparó el desarrollo morfológico de nueve clones de café robusta bajo las condiciones edafoclimáticas de la región de Tezonapa: 9714, 006, 0028, 9715, 007, 0024, 06, 07 y 09, durante cinco meses, de mayo a septiembre de 2016. Las plantas se encuentran establecidas en marco real a una distancia de plantación de 2.5 m entre plantas y 3 m entre filas. Se tienen un total 372 plantas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis repeticiones; del total de la población, se eligieron al azar seis individuos de cada variedad. En total se tuvieron 54 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en una planta de café. Las variables de respuesta fueron las características morfológicas: altura de planta, número de ramas, número de hojas, grosor del tallo, número de nudos y número de brotes. Se hicieron mediciones mensuales de las variables de respuesta. Las mediciones de las variables respuesta se realizaron los días 27 y 28 de cada mes a partir de mayo y hasta septiembre de 2016.

Los datos colectados se tabularon y se les practicó análisis de la varianza de las variables repuesta, para detectar diferencias significativas entre los clones y una comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha=0.05$) (Cochran y Cox, 1976), utilizando el paquete de R (R Core Team, 2017).

Durante el periodo de evaluación, no se aplicaron riegos, ni fue necesario el control de plagas o enfermedades, únicamente se mantuvo el control manual de malezas.

Resultados y discusión

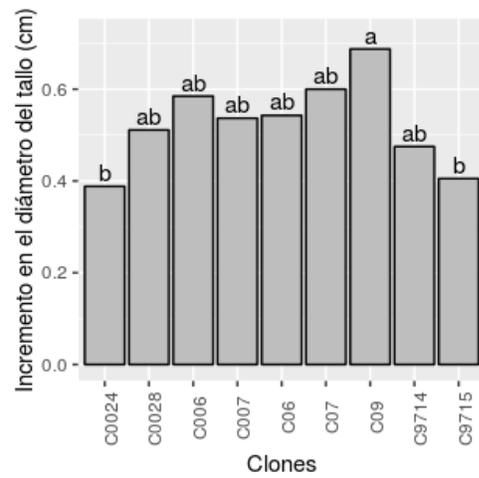
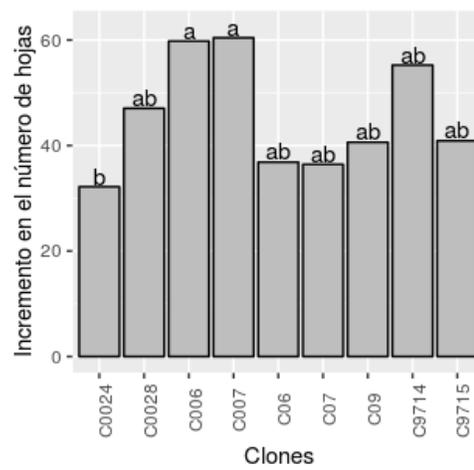
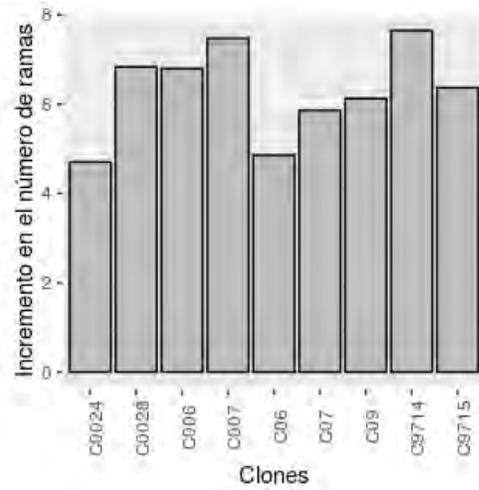
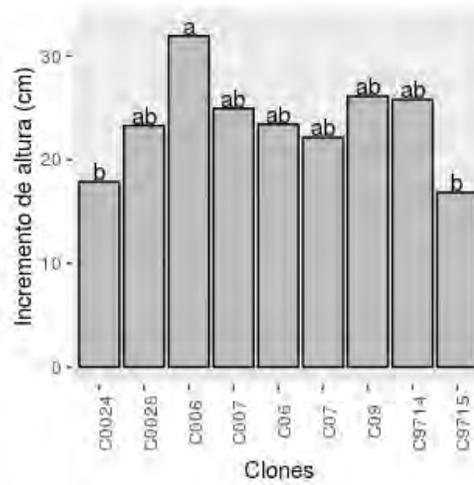
En el Cuadro 1 se presentan los valores de significancia al 95% del análisis de varianza por el método Tukey al 0.05. Se observó que hubo diferencias estadísticamente significativas en las variables altura final, número de hojas y grosor del tallo. Por el contrario, en las variables número de ramas, número de brotes y número de nudos no hubo significancia, es decir, los valores promedio no variaron en función de los clones.

Cuadro 1. Variables evaluadas de los nueve clones de café robusta

Clones	Altura final (cm)	Número de hojas	Grosor del tallo (mm)
P(>f)	0.0028**	0.00188**	0.0047**
C0024	17.88b	32.18b	0.388b
C0028	23.28ab	47.06ab	0.511ab
C006	31.95a	59.80a	0.585ab
C007	24.95ab	60.42a	0.536ab
C06	23.43ab	36.86ab	0.542ab
C07	22.14ab	36.43ab	0.600ab
C09	26.12ab	40.62ab	0.687a
C9714	25.80ab	55.25ab	0.475ab
C9715	16.84b	40.89ab	0.405b

Letras iguales de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Como se observa en la Figura 1, los resultados indican que existe diferencia significativa en el comportamiento morfológico entre clones, propagados vía estaca e in vitro en altura de planta, número de hojas y grosor del tallo. Por su parte, no hubo diferencia significativa en el número de ramas, número de brotes y número de nudos; estas diferencias pueden deberse a la genética de las plantas (Regalado, 2006). Las variaciones en estos valores pueden ser también debidas a factores externos como la luminosidad, el contenido de humedad del suelo, la temperatura, la precipitación pluvial y la altitud (Mora, 2008).



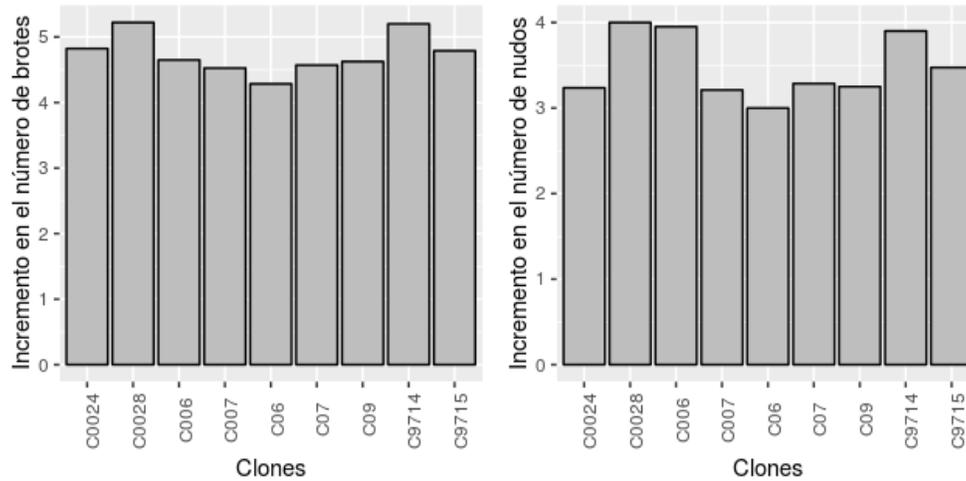


Figura 1. Comparativa de las variables de los nueve clones de café robusta.

Conclusiones

1. Existe diferencia significativa en la variable altura final.
2. El clon 006 presentó el mayor crecimiento, seguido de los clones 09, 9714, 007, 06, 07, 9715 y 0024.
3. Existe diferencia significativa en la variable número de hojas final.
4. El clon 007 presentó el mayor número de hojas, seguido de los clones 006, 9714, 0028, 09, 9715, 06, 07 y 0024.
5. Existe diferencia significativa en la variable grosor del tallo final.
6. El clon 09 presentó el mayor grosor de tallo, seguido de los clones 07, 006, 06, 007, 0028, 9714, 9715 y 0024.
7. No hubo diferencias significativas en las variables número de ramas, número de brotes y número de nudos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Ramiro Sánchez Uranga, Director General del ITSZ, por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación.

Literatura citada

- Bartra, A. 2006. Virtudes económicas, sociales y ambientales del café certificado. El caso de la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca. p. 153-202. In: Canabal, C. B., G. Contreras P. y A. León L. (coords.). Diversidad rural: estrategias económicas y procesos culturales. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D. F.
- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1976. Diseños experimentales. Trillas. México, D. F. 661 p.
- DaMatta, F. M. and J. D. Ramalho. 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. Braz. J. Plant Physiol. 18:55-81.
- Fernández, K., F. Fernández, M. E. González, E. Pérez, L. Mirabal y M. Pazos. 2002. Micorrización in vitro de plántulas de Coffea canephora var. robusta: ¿una realidad? Cultivos Tropicales 23(3):47-52.
- Mora, N. 2008. Agrocadena de café. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 49 p.
- Pohlan, J., L. Soto y J. Barrera (eds.). 2006. El cafetal del futuro: realidades y visiones. Shaker Verlag. Aachen, Germany. 462 p.
- R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> [consultado el 14 de abril de 2016].
- Regalado, O. A. 2006. ¿Qué es la calidad en el café? Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 309 p.
- Salinas-Callejas, E. 2000. Regulación y desregulación en el caso del café. Análisis Económico 15(31):185-205.
- SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público). 2014. Panorama del café. <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Caf%C3%A9.pdf> [consultado el 26 de mayo de 2016].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario estadístico <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/café/Descripcion.pdf> [consultado el 14 de diciembre de 2016].

USO DE MICORRIZA Y ABONOS FOLIARES EN TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot Ex Horm) EN VERACRUZ

Juan Valente Megchún García⁹², Laureano Rebolledo Martínez^{93*}, Daniel Rodríguez Lagunes⁹²,
Andrés Rebolledo Martínez⁹³ y María del Refugio Castañeda Chávez⁹⁴

Resumen

El uso de productos químicos para la producción de tomate de cáscara y en otras hortalizas, genera un impacto negativo al ecosistema, como lo es la contaminación del agua subterránea y superficial. El uso de micorriza y abonos orgánicos nos permite obtener frutos inocuos de hortalizas que no impactan severamente la salud de los humanos. Por lo que se avaluó en el cultivo de tomate de cáscara el uso de micorriza y abonos foliares de origen orgánico. El experimento fue establecido en la localidad de Mata Tambor, municipio de Cotaxtla, Veracruz, ubicado entre las coordenadas de 18°53'502'' latitud Norte y 96°22'28'' longitud Oeste. Los tratamientos que se evaluaron son: T1: Rizofermic; T2:

⁹²Universidad Veracruzana, Campus Córdoba, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba.

⁹³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla.

⁹⁴Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río.

*rebolledo.laureano@inifap.gob.mx

Rizofermic+Sulfocalcio; T3: Rizofermic+Bioestimulante; T4: Rizofermic+Humo líquido; T5: Manejo químico. Las variables de respuesta fueron: Diámetro de tallo, Altura de planta, Número de frutos/planta, Número de frutos/hectáreas. Los resultados de diámetro de tallo indican que el tratamiento T3: Rizofermic+Bioestimulante fue mejor el con valores de 1.45 cm; en Altura de planta los tratamientos T2: Rizofermic+Sulfocalcio y T3: Rizofermic+Bioestimulante con un rango de 60 y 65 cm fueron superior al tratamiento testigo en 28%. Asimismo, en la variable número de frutos/planta el T2 y T3, fueron significativamente superior a los otros tratamientos. Con respecto al rendimiento de frutos por hectárea, fue mejor el T2: Rizofermic+Sulfocalcio que el tratamiento manejado químicamente. En la combinación de micorriza con los abonos foliares de origen orgánico, el manejo de las plantas de tomate de cáscara con Rizofermic y Sulfocalcio proporciona un mejor crecimiento y producción de frutos por hectárea.

Palabras clave: micorriza, abonos foliares, *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm

Introducción

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm), se cultiva en 28 de los 33 estados de la república mexicana, y ocupa el quinto lugar en superficie cultivada con respecto de las demás hortalizas. El 73.4% es bajo riego, en los estados de Sinaloa, Sonora, Puebla, Guanajuato, Michoacán y Zacatecas; el resto 26.6% se siembra bajo condiciones de temporal (secano), donde sobresalen los estados de México, Sinaloa, Morelos, Nayarit y Puebla (Peña-Lomeli et al., 2014). El alto consumo del fruto de tomate de cáscara en México condujo a cultivar 51,237 ha en el año 2000, con un rendimiento promedio de 12.3 y 9.3 t ha⁻¹ en riego y temporal, respectivamente (SAGARPA, 2002). En la actualidad, se ha dado especial interés en hortalizas al uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la agricultura de México. Sin embargo, es importante considerar algunos aspectos que pueden influir en el efecto benéfico de estos micosimbiontes, como lo es la aplicación de sulfocalcio y bioestimulantes de plantas en el cultivo. Dentro del manejo orgánico se incluyen también los caldos minerales, que son soluciones que nutren a la planta, bloquean metales pesados y estimulan el crecimiento de raíces; Hay caldos que se preparan con calor como el caldo sulfocálcico a base de azufre y cal, se usa como acaricida, fungicida, y estimula la síntesis de proteínas.

Los bioestimulantes independientemente de su contenido de nutrientes, pueden contener sustancias, compuestos y/o microorganismos, cuyo uso funcional, cuando se aplican a las hojas o en la rizósfera es mejorar el desarrollo del cultivo y consecuentemente el rendimiento, ya que mediante la estimulación de procesos naturales benefician el aprovechamiento de

nutrientes e incrementa la resistencia a condiciones de estrés biótico y/o abiótico. Los bioestimulantes pueden estar compuestos a base de hormonas vegetales o extractos de plantas de ajo, chile y cebolla entre otras. La aplicación de bioproductos a los cultivos va teniendo cada vez más importancia, desde el punto de vista económico y ecológico, además de que actúan como estimuladores o reguladores del crecimiento de las plantas. Estos productos en pequeñas cantidades aumentan, inhiben o modifican, de una forma u otra, cualquier proceso fisiológico del vegetal.

Por otro lado, los productores de tomate de cáscara basan la nutrición del cultivo en el uso de fertilizantes industriales en especial aquellos con contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) (Araméndiz et al., 2008). A nivel nacional los fertilizantes están un 45% por encima del precio internacional (Suárez, 2014), por lo que se requiere el uso de fuentes nutricionales menos costosas. Con base a lo anterior se evaluó en el cultivo de tomate de cáscara con el uso de micorriza y abonos foliares de origen orgánico, en comparación con una plantación de tomate de cáscara manejado químicamente en la localidad de Mata Tambor, municipio de Cotaxtla, Veracruz.

Materiales y métodos

Se estableció una parcela de tomate de cáscara en febrero de 2017, en una parcela en la localidad de Mata Tambor, municipio de Cotaxtla, Veracruz, ubicado entre las coordenadas de 18°53'502" LN y 96°22'28" LO. Donde se evaluaron tratamientos con manejo químico con la tecnología del productor y otro manejado con micorriza y abonos foliares de origen orgánico. La parcela experimental fue constituida por una hilera de tomate de 20 m, con plantas distribuidas a 0.5 m entre ellas y a un metro entre hileras, con sistema de riego por goteo. Los tratamientos evaluados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de biofertilizante de micorriza con abonos foliares orgánicos.

No.	Micorriza	Abono foliar	Dosis del abono foliar
1		Rizofermic	
2	Rizofermic	Sulfocalcio	250 ml/20 L de agua
3	Rizofermic	Bioestimulante	500 ml/20 L de agua
4	Rizofermic	Humo liquido	500 ml/20 L de agua
5	Manejo químico (tecnología del productor: fertilización química y uso de insecticidas químicos)		

Las variables que se midieron fueron diámetro de tallo, altura de planta, número de frutos por planta y rendimiento (Número de frutos/hectárea). El diseño experimental fue bloques

completos al azar con cuatro repeticiones y se analizó mediante un análisis paramétrico y no paramétrico con Statistica Versión 7.

La descripción de los tratamientos se menciona a continuación.

1. Rizofermic es una micorriza que se aplicó a 2 gramos por planta, se compone por una mezcla de doce especies de micorrizas con una amplia gama de acción, un gramo de este producto contiene al menos 60 esporas por gramo. Se aplicó de forma manual a la cama de producción de plántula de tomate.
2. El Sulfocalcio está compuesto por azufre, cal y agua, esto le permite tener un efecto fungicida y acaricida (Rebolledo et al., 2012).
3. El bioestimulante, es un repelente natural compuesto de extractos de *Capsicum annum*, *Allium sativum* L, *Allium cepa* L., *Piper auritum* Kunth, *Azadirachta indica* A. juss, *Morinda citrifolia* L., *Ricinus communis* L., para el control de plagas, enfermedades (Rebolledo et al., 2012).
4. Humo líquido es un producto que se obtiene de la condensación del humo de madera, el 15% está formado por 14 componentes orgánicos y el 85% de agua. De los compuestos orgánicos el de mayor proporción es el ácido acético (58%), (Rebolledo et al., 2012).

Resultados y discusión

En la variable diámetro de tallo, el tratamiento tres presentó mayor grosor con la aplicación de micorriza Rizofermic y bioestimulantes, seguido del tratamiento cuatro Rizofermic más la aplicación de humo líquido. Estos dos superaron al tratamiento cinco que correspondió a la parcela de tomate de cáscara manejado químicamente con la tecnología del productor (Figura 1); esto se debe a que las plantas manejadas con micorriza permiten un mejor crecimiento y desarrollo, debido a que actúa como acelerador del crecimiento y el uso de abonos foliares orgánicos permite mayor sanidad y vigor (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1999). Con respecto a la altura de planta de tomate de cáscara el tratamiento dos y tres micorrizas (Rizofermic) manejado con Sulfocalcio y Bioestimulante fueron significativamente mejores que los tomates manejados con el tratamiento químico, esto coincide a lo reportado por (Castañón-Silva et al., 2013) donde indica que las plantas manejada con micorriza tienen mayor absorción de nutrimentos, por la simbiosis que realiza la micorriza con las raíces de las plantas de tomate. Considerando que el uso de diferentes abonos foliares orgánicos en el cultivo de tomate de cáscara, les permite un mejor crecimiento, ya que actúan como reguladores de crecimiento cuando se aplica en pequeñas cantidades las cuales aumentan, inhiben o modifican de una u otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Ruiz et al., 2009).

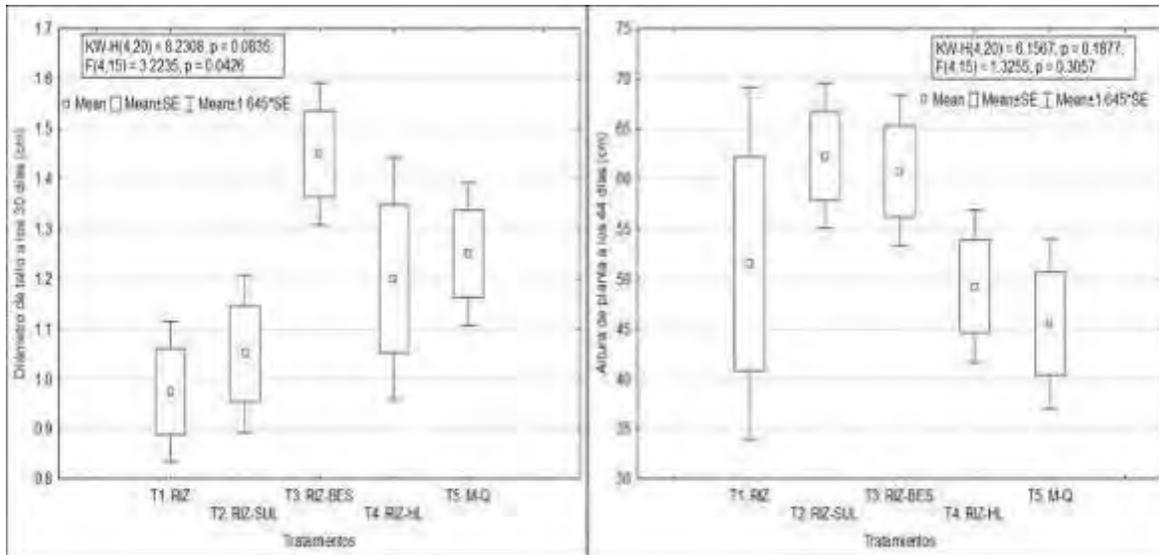


Figura 1. Diámetro de tallo y altura de planta en los diferentes tratamientos con micorriza y abonos foliares.

La mayor producción de frutos por planta se logró en los tratamientos 1, 2 y 3, micorriza, micorriza más sulfocalcio y micorriza con el uso de bioestimulante, estos tratamientos fueron mejores significativamente en relación a las plantas de tomate manejados químicamente con la tecnología del productor (Figura 2). Asimismo, el mayor rendimiento de frutos por hectárea se logró con los tratamientos manejados con micorriza y el uso de abonos foliares orgánicos, esto puede ser a que las plantas manejadas con micorriza producen efectos significativos en algunos aspectos fisiológicos como la fotosíntesis y distribución de carbohidratos, además que existe una mayor concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en hojas y raíces en plantas manejadas con micorriza que aquellas manejadas químicamente. Además, las micorrizas arbusculares tienen un mayor impacto en la capacidad de absorción y aprovechamiento de N y P en las plantas, lo que permite mayor crecimiento en altura y área foliar, y consecuentemente con mayor producción de frutos de tomate de cáscara (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2003).

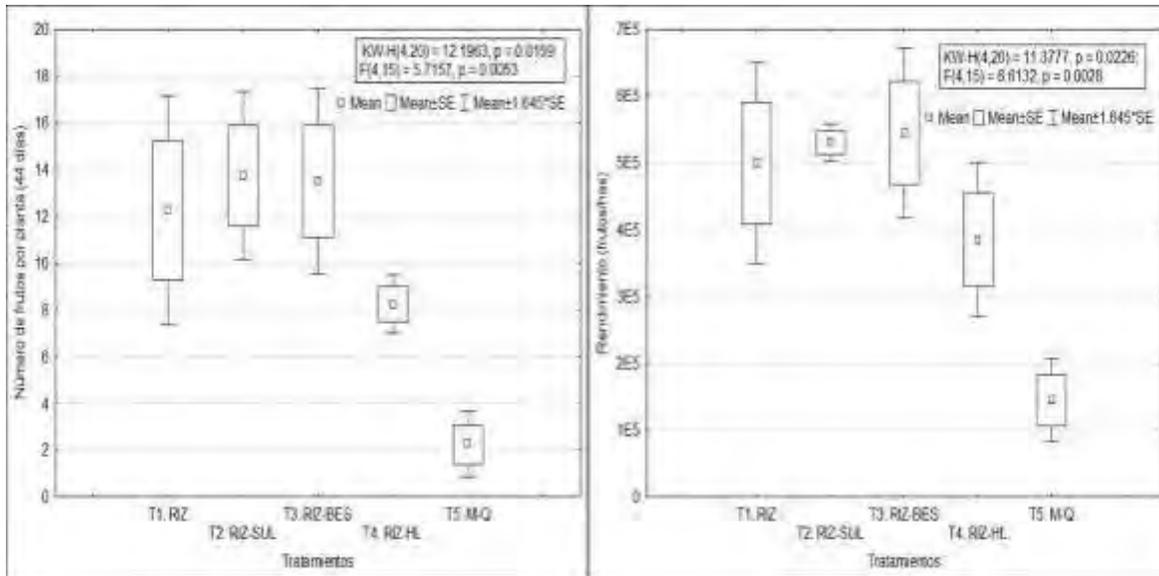


Figura 2. Número de frutos y rendimiento por hectárea de tomate de cáscara con micorriza y abonos foliares.

En la Figura 3 se observa que la mayor altura fue significativa en las plantas de tomate de cáscara, manejados con Rizofermic. Asimismo, las plantas de tomate inoculadas con la aplicación de Rizofermic (micorriza) tienen mayor producción de frutos por planta, ésta coincide con Adriano et al. (2008), donde menciona que la respuesta al incremento de rendimiento puede ser explicado debido a que en la etapa de floración y fructificación cuando se requiere grandes cantidades de agua, nutrientes minerales y fotosintatos para el crecimiento de frutos, la planta permite mayor colonización.

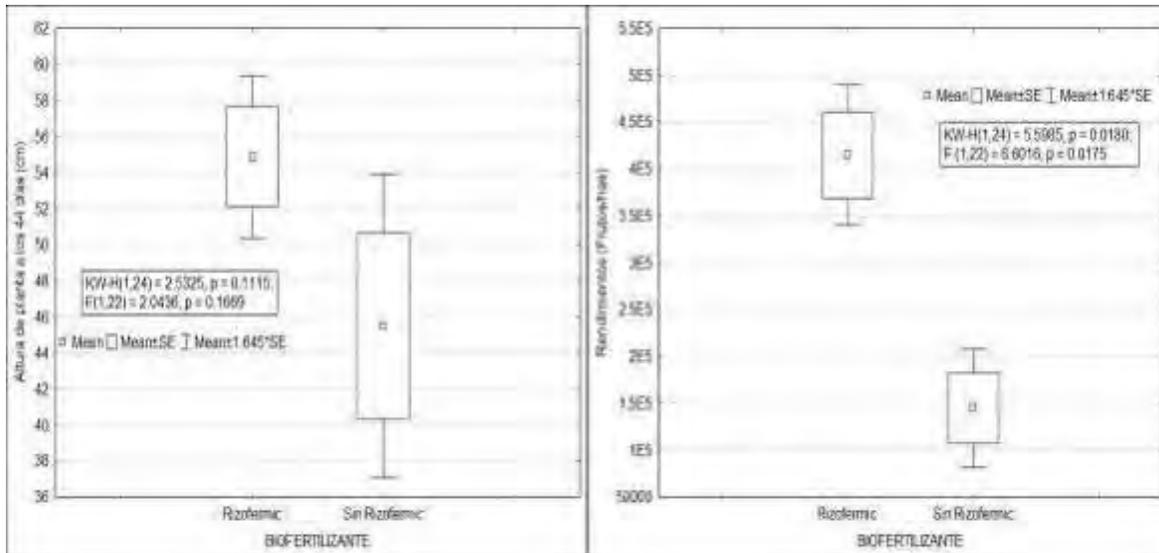


Figura 3. Altura de planta y rendimiento de frutos por planta de tomate de cáscara.

Conclusiones

El uso de micorriza Rizofermic proporciona un mejor crecimiento y desarrollo sobre las plantas de tomate de cáscara. En la combinación de micorriza con los abonos foliares de origen orgánico, el manejo de las plantas de tomate de cáscara con Rizofermic y Sulfocalcio proporciona un mejor crecimiento y producción de frutos por hectárea. Es posible tener una producción rentable de tomate manejados con productos de origen vegetal, que nos permita reducir el impacto negativo al ecosistema por el uso de agroquímicos.

Agradecimientos

- A la empresa Agroinsumos de alta calidad del sureste de Veracruz S. A. de C. V. por su apoyo en el suministro de los insumos Rizofermic.
- GG Provedora Agrícola S.A. de C. V., por el apoyo en el suministro de algunos insumos orgánicos.
- Al C. Isidoro González García, productor cooperante de la localidad de Mata Tambor, municipio de Cotaxtla, Veracruz.

Literatura citada

- Adriano A., M. L., M. A. García A., M. A., I. Ovando M., M. G. De Gyves C. y M. Salvador F. 2008. Dinámica de hongos micorrízicos arbusculares en el mango variedad Ataúlfo. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(6):25-31.
- Alarcón A. y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoamericana* 17(3):179-191.
- Alarcón A. y R. Ferrera-Cerrato. 2003. Aplicación de fósforo e inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y estado nutricional de *Citrus volkameriana* Tan and Pasq. *Terra Latinoamericana* 21(1):91-99.
- Araméndiz, H., C. Cardona, A. Jarma y M. Espitia. 2008. El cultivo de la Berenjena (*Solanum melongena* L.). *Produmedios*, Bogotá. 152 p.
- Castañón-Silva P. A., M. A. Venegas-Urrutia, M. G. Lobos-Valenzuela y H. J. Gaete-Olivares. 2013. Influencia de micorriza arbusculares *Glomus* spp. en el crecimiento y acumulación de cobre en girasol *Hianthus annuus* L. *Agrociencia* 47(4):309-317.
- Peña-Lomeli A., J. J. Ponce-Valerio, F. Sánchez-del-Castillo y N. Magaña-Lira. 2014. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(4): 381-391.
- Rebolledo M L., J. Nataren V, A. Rebolledo M. y A. L. Del Ángel P. 2012. Elaboración de productos orgánicos: composta, bocashi, microorganismos locales, bioestimulantes, humo líquido y sulfocalcio. Folleto No. 17. INIFAP, CIRGOC. 33 p.
- Ruiz J., E. Terry, T. Tejeda. y M. M. Díaz. 2009. Aplicación de bioproductos a la producción ecológica de tomate. *Cultivos Tropicales* 30(3):60-64.
- SAGARPA. 2002. Estadísticas Básicas Agropecuarias. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México.
- Suárez, A. 2014. Colombia, campeón mundial en precio de fertilizantes. <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/colombia-campeon-mundial-precio-de-fertilizantes-articulo-440962>. [consultado el 1 de mayo de 2015].

EVALUACIÓN FORRAJERA DE CUATRO ESPECIES DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN EL BAJÍO

*Mariano Díaz Ruíz⁹⁵, Ernesto Solís Moya⁹⁵, Oscar Arath Grageda Cabrera⁹⁵, Elba Gabriela Camacho Arellano⁹⁵, María del Carmen Gómez Servín⁹⁵ y Lourdes Ledesma Ramírez⁹⁶.

Resumen

Los forrajes son la base principal de los sistemas de producción pecuaria, existen limitaciones estacionales en la cantidad y calidad de los forrajes, lo que afecta la rentabilidad para los productores ganaderos. El objetivo de este trabajo fue evaluar como forraje cuatro especies de cereales de grano pequeño en el ciclo Otoño Invierno (OI) 2016-2017. Se evaluaron las especies avena, triticale, trigo y cebada y tres variedades dentro de cada especie. El diseño fue bloques completamente al azar con tres repeticiones, se midió peso seco y fresco y el rendimiento de grano. Los resultados de este trabajo mostraron que la avena obtuvo mayor peso fresco con 91 t ha⁻¹, y en peso seco solo superó a cebada. Trigo y avena fueron superiores en rendimiento a triticale e iguales a cebada. En producción de forraje no se detectó diferencias significativas entre variedades en avena, trigo y cebada, en triticale la variedad Impulso TCL2016 fue superior en peso fresco a Siglo 21. En rendimiento de grano las mejores variedades fueron Avemex, Alondra F2014, Siglo 21 y Alina para avena, trigo, triticale y avena, respectivamente. No se observó correlación entre peso fresco y rendimiento de grano.

Palabras clave: peso fresco, peso seco, rendimiento

Introducción

Los forrajes son la base principal de los sistemas de producción pecuaria, las especies utilizadas como forraje son muy numerosas ya sea para consumir en verde, para producir heno o silo. En la región centro de México y Bajío los principales forrajes de mayor

⁹⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Bajío. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222

⁹⁶Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903

* mariano171193@hotmail.com

producción son alfalfa, trigo, sorgo, avena y maíz. Existen limitaciones estacionales en la cantidad y calidad de los forrajes, lo que afecta la rentabilidad para los productores ganaderos (SAGARPA, 2013). El objetivo de esta investigación es comparar el rendimiento de cuatro especies de cereales de grano pequeño en el Campo Experimental Bajío: trigo, cebada, avena y triticale

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ), ubicado en el Km 6.5 de la carretera Celaya – San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20°32' Latitud Norte; 100°48' Longitud Oeste; y una altura de 1752 msnm. El clima característico del área donde se encuentra el CEBAJ presenta valores de precipitación media anual de 578 mm y temperatura media anual de 19.8 °C. (Fundación Guanajuato Produce, 2017). El experimento se estableció en el ciclo otoño invierno (OI) 2016-17. Se sembraron 4 especies de grano pequeño, y de cada especie tres variedades con tres repeticiones la fecha de siembra fue el día 20 de diciembre del 2016, el diseño experimental que se utilizó fue bloques completos al azar, se evaluaron 3 genotipos de cada especie triticale: TR2, Bicentenario, Siglo 21. Avena: Turquesa, Karma, Avemex. Trigo: Roelf F2007, Alondra F2014, Quaiu. Cebada: Forrajera, Alina, Armida. Se establecieron 36 parcelas, la parcela experimental consistió en dos surcos de 3 m separados a 75 cm. Las variables que se evaluaron fueron peso seco, peso fresco y rendimiento de grano. Se cosechó un metro cuadrado de cada parcela en etapa de embuche el cual se pesó en una báscula digital para poder obtener el peso fresco, después cada muestra se cortó en pedazos pequeños y se colocaron en bolsas de papel para ponerlas en la estufa de secado por 72 horas a una temperatura de 75 grados para determinar el peso seco de cada muestra. Cuando las variedades llegaron a madurez fisiológica se cosecharon con una trilladora minicombinada para obtener el rendimiento de grano de cada variedad y especie.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de varianza para las especies con las variables peso seco, peso húmedo y rendimiento de grano. Se detectaron diferencias altamente significativas para especies en las tres variables, entre genotipos se obtuvieron diferencias altamente significativas para rendimiento de grano y significativas para peso fresco. En tres especies (avena, trigo y cebada) no se detectó diferencias significativas entre variedades en

peso fresco y seco, pero sí en triticale. En rendimiento de grano se detectaron diferencias altamente significativas entre variedades en avena y trigo y significativas en cebada y triticale.

Cuadro 1. Cuadrados medios de peso fresco, seco y rendimiento de grano de cuatro especies de cereales de grano pequeño evaluadas en el ciclo OI 2016-17 en el Campo Experimental Bajío.

FV	GL	CM PF kg ha ⁻¹	CM PS kg ha ⁻¹	cm ren kg ha ⁻¹
Rep	2	96357100	2830786	1156144
Especies	3	2805898499 **	36941802 **	3814108 **
Genotipos(especies)	8	132074697 *	9706502	11562387 **
Avena	2	120526933	25420311	23147748 **
Trigo	2	8463678	2121700	6185526 **
Cebada	2	114823600	3140400	9593871 *
Triticale	2	284484578 *	8143600	7322405 *
Error	22	43613000	4742652	450764
Total	35			
Cv		9.958677	22.51	16.7

FV= fuente de variación, REP= repetición, CM= cuadros medios, GL= grados de libertad, CV= coeficiente de variación PF = peso fresco, PS = peso seco, Ren = rendimiento (kg ha⁻¹).

En el Cuadro 2 se presentan las comparaciones de medias para especies en las variables peso fresco, peso seco y rendimiento de grano. Se observó que, en peso fresco la avena 91100 kg ha⁻¹ superó estadísticamente a las otras tres especies. Triticale y trigo obtuvieron producciones estadísticamente iguales 65140 y 58980 kg ha⁻¹, respectivamente. La cebada obtuvo la menor producción con 50020 kg ha⁻¹. En peso seco la avena y el triticale superaron estadísticamente a la cebada con valores de 11630 y 10960 kg ha⁻¹, respectivamente la cebada apenas alcanzó un peso seco de 8910 kg ha⁻¹. En rendimiento de grano trigo y avena superaron estadísticamente ($p < 0.05$) al triticale con rendimientos de 4800 y 4200 kg ha⁻¹, respectivamente, por 3900 kg ha⁻¹ del triticale. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ortiz (2015) quienes reportaron que en peso fresco la avena es mayor que el de triticale, trigo y cebada. Se ha reportado que el peso seco de trigo es de 8400 kg ha⁻¹ el cual se cataloga como un buen rendimiento, el rendimiento de este trabajo fue de 8900 kg ha⁻¹ lo cual es un rendimiento mejor que el obtenido por Sáenz.

Cuadro 2. Comparaciones de medias de cuatro especies de cereales de grano pequeño evaluadas en el ciclo OI 2016-17 en el Campo Experimental bajo.

Especie	Pesof	Pesos	Rend Grano
Triticale	65140 b	10960 a	3214 b
Avena	91100 a	11630 a	4160 a
Trigo	58980 b	8910 ab	4788 a
Cebada	50020 c	7180 b	3914 ab
DMS	8644.6	2850.7	878.9

PESOF: peso fresco. PESOS: peso seco. REND: rendimiento. DMS: diferencia mínima significativa.

En el Cuadro 3 y Figura 1 podemos observar la correlación entre peso húmedo y rendimiento de grano donde se observa que no hay asociación entre estas variables.

Cuadro 3. Correlación entre peso húmedo y rendimiento de grano.

	Pesof	Rend
Pesof	1	-0.14592
Rend	-0.14592	1

PESOF: peso fresco; REND: rendimiento de grano

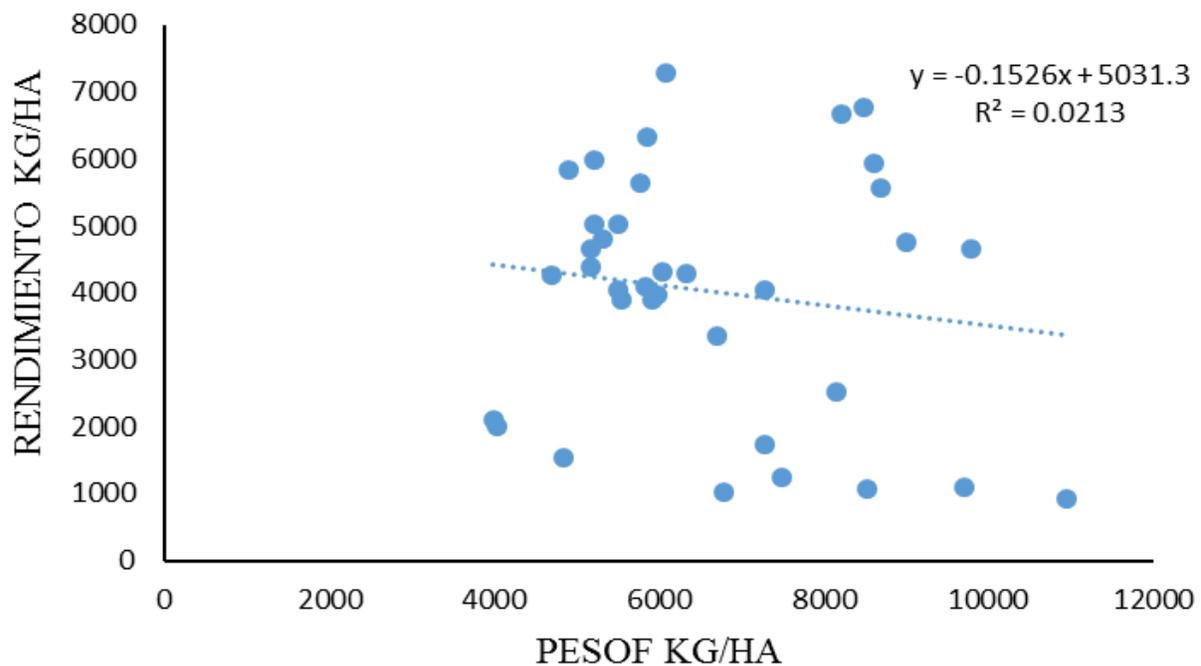


Figura 1. Correlación de peso fresco y rendimiento de grano de 4 variedades de grano pequeño.

Comparaciones de medias entre variedades

Avena

La prueba de comparación de medias no decretó diferencias significativas entre variedades para la variable peso fresco (Cuadro 4), en este caso las diferencias numéricas fueron a favor de la variedad Karma que produjo 97.3 t ha⁻¹ por solo 84.6 de la variedad Avemex. Para peso seco tampoco se detectaron diferencias significativas, nuevamente Karma fue el genotipo que obtuvo el mayor valor con 14.3 t⁻¹ ha superior en 5.8 toneladas al registrado por Avemex. En rendimiento de grano Avemex y Turquesa superaron estadísticamente a Karma que obtuvo un rendimiento de apenas 1.03 t ha⁻¹ inferior al de Avemex en 5.3 t ha⁻¹.

Cuadro 4. Comparaciones de medias entre variedades de avena para las variables peso fresco, peso seco y rendimiento de grano en evaluaciones en el Campo Experimental Bajío durante el ciclo OI 2016-17.

Variedad	Preso fresco (kg ha ⁻¹)	Peso seco (kg ha ⁻¹)	Rendimiento grano kg ha ⁻¹
Karma	97293 a	14327 a	1031 b
Turquesa	91400 a	12040 a	5113 a
Avemex	84627 a	8547 a	6336 a
DSH	14439	6789	1347

Trigo

La prueba de comparación de medias no decretó diferencias significativas entre variedades para la variable peso fresco (Cuadro 5), en este caso las diferencias numéricas fueron a favor de la variedad Roelf 2007 que produjo 60.6 por 57.2 t ha⁻¹ de la línea Quaiu. En peso seco tampoco se detectaron diferencias significativas, en este caso Quaiu fue el genotipo que obtuvo el mayor valor con 9.6 t ha⁻¹ superior en 1.6 toneladas al registrado por Alondra F2014. Al igual como ocurrió en avena el genotipo menos productivo en forraje produjo más grano. En este caso Alondra F2014 superó a Roelf F2007 y Quaiu con 2705 y 2189 kg ha⁻¹.

Cuadro 5. Comparaciones de medias entre variedades de trigo para las variables peso fresco, peso seco y rendimiento de grano en evaluaciones en el Campo Experimental Bajío durante el ciclo OI 2016-17.

Variedad	Preso fresco (kg ha ⁻¹)	Peso seco (kg ha ⁻¹)	Rendimiento grano kg ha ⁻¹
Roelf f2007	60600 a	9227 a	3715 b
Alondra f2014	59097 a	7957 a	6420 a
Quaiu	57247 a	9547 a	4231 b
DSH	26464	3960	1384

Triticale

La prueba de comparación de medias decretó diferencias significativas entre variedades para la variable peso fresco (Cuadro 6), la variedad Impulso TCL2016 obtuvo la mayor producción superando a Siglo 21 con 19,473 kg ha⁻¹. En peso seco no se detectaron diferencias significativas, en este caso Impulso TCL2016 fue el genotipo que obtuvo el mayor valor con 12,407 kg ha⁻¹ superior en 3.2 toneladas al registrado por la variedad Siglo 21. El rendimiento en materia seca de Impulso TCL2016 es comparable incluso con el de la variedad de avena Turquesa y superior al de Avemex. Al igual como ocurrió en avena y trigo el genotipo menos productivo en forraje produjo más grano. En este caso Siglo 21 superó a Impulso TCL2016 y Bicentenario con 3117 y 1380 kg ha⁻¹.

Cuadro 6. Comparaciones de medias entre variedades de triticale para las variables peso fresco, peso seco y rendimiento de grano en evaluaciones en el Campo Experimental Bajío durante el ciclo OI 2016-17.

Variedad	Preso fresco (kg ha ⁻¹)	Peso seco (kg ha ⁻¹)	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)
Impulso TCL2016	74793 a	12407 a	1596 b
Bicentenario	65333 ab	11307 a	3333 ab
Siglo 21	55320 b	9167 a	4713 a
DMS	18006	9899	2792

Cebada

Al hacer la prueba de comparación de medias para las variedades de cebada no se observaron diferencias significativas para la variable peso fresco, las diferencias numéricas fueron a favor de la variedad Forrajera con 11.24 t ha⁻¹ más que la variedad Armida. En la variable peso seco no se detectaron diferencias significativas, numéricamente la variedad Forrajera obtuvo el mayor valor con 7.820 t ha⁻¹, mientras que, Armida obtuvo solo 6 t ha⁻¹, el menor del experimento. En rendimiento de grano se detectaron diferencias significativas, las variedades Alina y Forrajera obtuvieron rendimientos superiores ($p \leq 0.05$) a Armida que solo rindió 1.87 t ha⁻¹.

Cuadro 7. Comparaciones de medias entre variedades de cebada para las variables peso fresco, peso seco y rendimiento de grano en evaluaciones en el Campo Experimental Bajío durante el ciclo OI 2016-17.

Variedad	Preso fresco (kg ha ⁻¹)	Peso seco (kg ha ⁻¹)	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)
Forrajera	54147 a	7820 a	4653 a
Alina	53007 a	7720 a	5215 a
Armida	42907 a	6000 a	1876 b
DMS	13744	1845	2418

Conclusiones

La avena produjo mayor cantidad de forraje verde sin embargo en materia seca fue igualada por el triticale y el trigo. En rendimiento de grano trigo y avena fueron superiores al triticale. En forraje seco y verde la cebada obtuvo los menores valores de experimento, en forraje verde es inferior estadísticamente a avena, triticale y trigo y en forraje seco a avena y triticale. En general, las mejores variedades para producción de forraje verde y seco obtuvieron los menores valores en rendimiento de grano.

No se observó asociación entre peso fresco y rendimiento de grano.

Literatura citada

Ortiz 2015. Rendimiento de forraje total y por componente en cuatro cereales de siembra de otoño. https://chapingo.mx/produccionanimal/administrador/components/com_jresearch/files/publications/12%20rendimiento%20de%20forraje.pdf. [consultado el 4 de julio de 2017]

FGP (Fundación Guanajuato produce AC). 2017. Datos meteorológicos y climáticos de la red de estaciones www.estaciones.fundacionguanajuato.mx [consultado el 05 de julio de 2017].

SAGARPA (Secretaría de Agricultura ganadería, desarrollo Rural pesca y alimentación. 2013. Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichas_COUSSA/silo%20forrajeros.pdf [consultado el 10 de julio de 2017].

CALIDAD Y METABOLITOS FUNCIONALES EN CHICOZAPOTE (*Manilkara zapota* L.) 'BETAWI' CULTIVADOS EN DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN

Yamir Sosa Hernández⁹⁷, Irán Alia Tejacal^{97*}, Andrés Rebolledo Martínez⁹⁸, Laura Josefina Pérez Flores⁹⁹, Víctor López Martínez⁹⁷, Fernando Díaz de León Sánchez⁹⁹ y Gloria Alicia Pérez Arias⁹⁷

Resumen

Se cosecharon frutos de chicozapote (*Manilkara zapota*) 'Betawi' en madurez fisiológica provenientes de densidades de plantación a 8 x 8, 8 x 4, 4 x 4, 4 x 2 m y 4 x 4 ó 4 x 2 m con acolchado en el suelo. Los frutos fueron madurados a temperatura ambiente (20 ± 2 °C; 60 % de HR) y cada tercer día se evaluaron características físicas, químicas y actividad antioxidante por tres métodos. Los resultados indicaron un comportamiento típico climatérico de los frutos en la producción de etileno y CO₂, sin detectarse efecto por la densidad de plantación o acolchado en estas variables. La firmeza y actividad antioxidante de los frutos evaluada por el método de DPPH y ABTS fue significativamente menor en los frutos provenientes de densidades de 8 x 8 m. Los azúcares solubles fueron afectados negativamente por la alta densidad de plantación, 4 x 4 m con acolchado. La concentración de fenoles totales fue menor en las densidades de 4 x 4 y 4 x 2 m, con o sin acolchado. En conclusión, se determinó efecto de la densidad de plantación en algunas variables respuesta de la calidad en frutos de chicozapote 'Betawi', donde densidades bajas afectan negativamente algunas variables de calidad y acumulación de metabolitos funcionales y actividad antioxidante.

Palabras clave: DPPH, ABTS, FRAP, fenoles totales, flavonoides, firmeza

Introducción

El principio fundamental de los sistemas de cultivo es cosechar luz (energía) y convertirla en rendimiento económico, gran parte en forma de carbohidratos, aceites o fibras. Para

⁹⁷Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad, Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C.P. 62209.

⁹⁸Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba. Apdo. Postal No. 423, C.P. 91700, Medellín de Bravo, Veracruz.

⁹⁹Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340, Iztapalapa, Ciudad de México.

incrementar la productividad, el diseño de cualquier sistema de cultivo debe optimizar la intercepción de luz durante la vida del cultivo de tal manera que maximice y establezca su rendimiento (Whiley et al., 2013). En frutales, cuando se establece la huerta, la elección de la densidad de plantación determina el tiempo para el desarrollo total del dosel donde la intercepción de la luz es maximizada. Sin embargo, la elección de la densidad y diseño de plantación considera algunas características socioeconómicas-ambientales. Por ejemplo, cuando el suelo donde se considera plantar es barato y el clima, así como el suelo son conducentes para desarrollar árboles grandes y vigorosos, existe la oportunidad de espaciar ampliamente dentro y entre hileras (10 x 8 a 12 x 9 m, estableciendo de 92 – 100 árboles por ha⁻¹) (Whiley et al., 2013). Esto resulta en bajo retorno durante la vida inicial de la huerta y eventualmente árboles grandes con pobre calidad de fruto y altos costos para la cosecha (Hofsi, 1999).

Actualmente en diversos frutales tropicales existe la tendencia de implementar el sistema de alta densidad, que proporciona mayores ganancias debido a la alta producción y el reembolso temprano. En un sistema de alta densidad los árboles se mantienen de tamaño menor que en el sistema convencional. Los árboles de porte menor son más fáciles de manejar, pero requieren de más cuidados. La ventaja que presentan los sistemas de plantación de alta densidad es que facilitan en gran medida el manejo agronómico y cosecha (Ousthyse, 2005). Existe alguna información en cultivos como mango, aguacate, cítricos (Avilán et al., 2005; Whiley et al., 2013), pero en frutales de menor superficie establecida como chicozapote, existe poca información.

El chicozapote (*Manilkara zapota*) es uno de los árboles frutales tropicales más interesante y deseable y pertenece a la familia de las Sapotáceas (Morton, 2013). Es una especie frutícola tropical que tiene su origen en el sur de México hasta Nicaragua (Bautista-Reyes et al., 2005). En México se distribuye en la vertiente del Golfo de México, desde San Luis Potosí y el norte de Veracruz y Puebla, hasta la Península de Yucatán y la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán, 2005).

El fruto de chicozapote es altamente delicioso y nutritivo, valorado por su pulpa melosa y dulce, con textura granular y aroma agradable (Wasin et al., 2014). El fruto aporta azúcares (12-18 %), proteínas (0.7 g 100 g⁻¹), ácido ascórbico (6 g 100 g⁻¹), fenoles (15.35 mg equivalentes de ácido gálico 100 g⁻¹), carotenoides (1.69 mg de caroteno- α 100 g⁻¹) y minerales tales como calcio (28 mg 100 g⁻¹), fósforo (27 mg 100 g⁻¹), hierro (2 mg 100 g⁻¹), cobre (0.086 mg 100 g⁻¹), potasio (193 mg 100 g⁻¹) (Balerdi y Shaw, 1998; Wasin et al., 2014). El fruto también aporta energía (83 kcal 100 g⁻¹ de porción comestible), fibra dietética (2.6 g 100 g⁻¹), lo cual lo hace un excelente laxante. El jugo además tiene potencial para atrapar radicales libres debido a la presencia de fenoles, carotenoides y ácido ascórbico (Wasin et al., 2014).

El fruto de chicozapote es climatérico, sensible al daño por frío y se conoce que el uso de atmosferas modificadas y otros métodos de preservación se requieren para incrementar el tiempo de almacenamiento y mejorar su transporte (Yahia y Gutiérrez-Orozco, 2011). Después de la cosecha los frutos pueden madurar entre 3 a 7 días cuando se mantienen a 25 °C, pero en promedio se tiene una vida comercial de 6 días (Paull y Duarte, 2012).

Se ha recomendado un espaciamiento entre 10 y 14 m en árboles con hábito de crecimiento abierto y entre 7 y 9 m para aquellos de hábito erecto. Recientemente Rebolledo et al. (2012) evaluó distancias de plantación de 8 x 8 m, 8 x 4 m, 4 x 4 m y 4 x 2 m, estas últimas dos con y sin acolchado, determinaron que a mayor densidad de plantación los rendimientos son mayores, sin efecto del acolchado.

La calidad de los frutos y los cambios físicos, fisiológicos, bioquímicos y de metabolitos funcionales no se han evaluado en respuesta a las diferentes densidades de plantación y la aplicación del acolchado. Por lo que en el presente trabajo se investigó el posible efecto de estas condiciones en la calidad de los frutos de chicozapote 'Betawi'.

Materiales y métodos

Durante marzo de 2016 se cosecharon frutos de chicozapote en madurez fisiológica proveniente árboles de 8 años de chicozapote, establecidos en el Campo experimental Cotaxtla, Veracruz del INIFAP. Se utilizó el índice de cosecha propuesto por Rebolledo et al. (2012) que consistió en raspar ligeramente la epidermis, procurando no causar daños mayores al fruto, si la epidermis era de color café-amarillento-verde, el fruto se cosechaba. Posterior a la cosecha se transportaron en cajas de plástico al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias donde se acondicionaron durante 5 horas antes de iniciar los análisis. Se evaluó la variedad 'Betawi', la cual es originaria de Indonesia, el fruto es cónico, de masa promedio de 240 g, color de pulpa ámbar-amarillo, jugoso, buen rendimiento y de producción a partir de diciembre (Balerdi y Shaw, 1998).

Se cosecharon 50 frutos de cada densidad de plantación de chicozapote, es decir 300 frutos en total (Cuadro 1). En cada tratamiento se formaron seis lotes de seis frutos, en los cuales se evaluarán algunas variables destructivas, adicionalmente se tenían 12 frutos donde se evaluaron las variables no destructivas.

Cuadro 1. Densidades de plantación y frutos cosechados.

Densidad de plantación	Número de frutos a cosechados	Con acolchado plástico
8 x 8 m	50	No
8 x 4 m	50	No
4 x 4 m	50	No
4 x 2 m	50	No
4 x 4 m	50	Si
4 x 2 m	50	Si

Las variables destructivas se determinaron a los 0, 3, 6, 9 y 12 días después de la cosecha; en tanto que las variables no destructivas se evaluaron diariamente. Las evaluaciones se realizaron hasta que los frutos fueran comercialmente aceptables y se realizarán bajo condiciones del ambiente, 20°C y 60% de HR. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, donde la unidad experimental es un fruto con seis repeticiones.

Se determinaron variables no destructivas como la pérdida de masa, la velocidad de producción de respiración (CO₂) y producción de etileno que se cuantificó mediante un sistema estático (Salveit, 2016 a). Las variables destructivas fueron: la firmeza, los azúcares totales por el método de antrona. Los fenoles totales se determinaron conforme a la metodología de Folin-Ciocalteu. La actividad antioxidante por los métodos ABTS (Re et al., 1999), DPPH (Brand-Williams et al., 1995) y FRAP (Benzie y Strain, 1996). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey a una probabilidad de 0.05% (Castillo, 2011).

Resultados y discusión

El fruto de chicozapote 'Betawi' mostró incrementos en la producción de etileno durante la maduración. Se reporta que el fruto de chicozapote es climatérico, es decir que después de la cosecha se observa un incremento significativo en la producción de etileno, por lo que se confirmó este fenómeno (Bautista-Reyes et al., 2005). Sin embargo, no se observa un efecto de la densidad de plantación en los árboles en la producción de etileno (Figura 1).

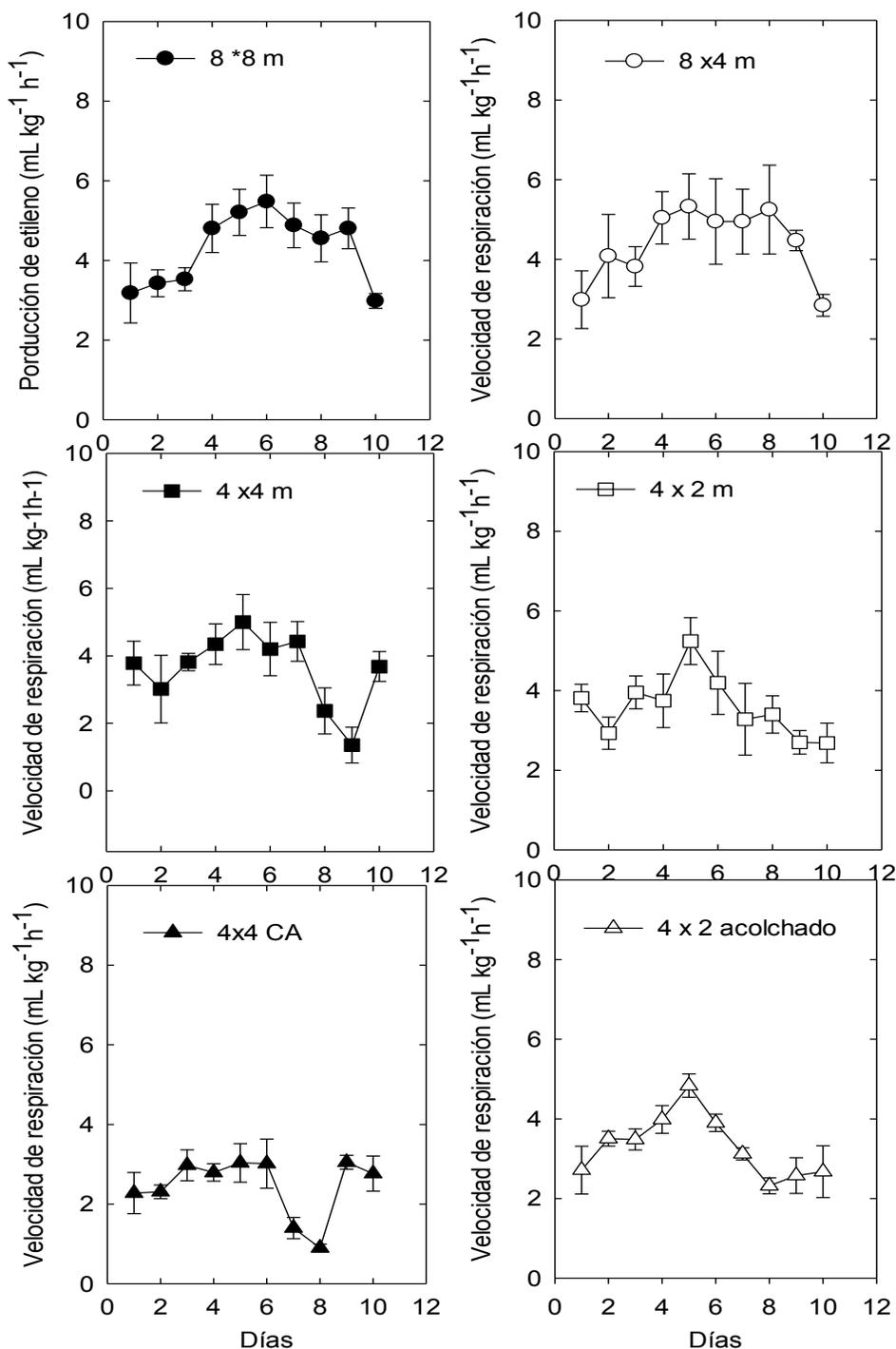


Figura 1. Velocidad de respiración durante la maduración de frutos de chicozapote 'Betawi' cultivados a diferentes densidades de población con acolchado (CA) y sin acolchado (SA). Cada punto representa la media de 10 observaciones y su error estándar.

Los frutos de chicozapote 'Betawi' mostraron un incremento en la velocidad de respiración después de la cosecha en todos los tratamientos evaluados. El máximo de respiración se determinó entre los cinco y seis días después de cosecha, con valores entre 4.83 y 5.48 mL

$\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, a excepción de los frutos cultivados a 4 x 4 m con acolchado quienes mostraron valores de $3.0 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$. Bautista-Reyes et al. (2005) reportaron que frutos de chicozapote tipo fino incrementaron su respiración después de cosecha, alcanzando el máximo al octavo día ($21.3 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Es sabido que el chicozapote es un fruto de velocidad de respiración moderada (entre 38 y $81 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Yahia y Gutiérrez-Orozco (2011) reportan que la velocidad de respiración de chicozapote a temperaturas entre 24 y 28°C es de $8.7 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$. La respiración es un proceso por el cual los carbohidratos, proteínas y aceites almacenados en el fruto son degradados a productos más simples para liberar energía que se utilizará en el metabolismo del fruto. La pérdida de estas reservas en los frutos durante la respiración acelera la senescencia, ya que proveen la energía para mantener el producto vivo hasta que son agotadas. Lo anterior disminuye la calidad sensorial del producto, especialmente en dulzura, y causa la pérdida de materia seca. La energía liberada en forma de calor, conocida como calor vital, debe considerarse en diferentes tecnologías postcosecha para estimar las necesidades de refrigeración o ventilación (Kader y Yahia, 2011). En el presente trabajo no se observaron diferencias significativas en la velocidad de respiración debidas a los tratamientos.

La pérdida de masa mostró un comportamiento lineal conforme los días de evaluación en todos los tratamientos evaluados; sin embargo, la intensidad de pérdida de masa fue diferente en dependencia de la densidad de población y si el cultivo tenía o no acolchado. Los frutos cultivados a 8 x 8 m y 4 x 2 m, mostraron en promedio pérdida de masa diaria entre 1.05 y 1.10%, respectivamente; mientras que los frutos cultivados a 8 x 4 y 4 x 4 m mostraron pérdidas de masa diaria entre 0.82 y 0.83%. Por otra parte, los frutos cultivados a una distancia de 4 x 4 m y 4 x 2 m con acolchado, tuvieron la mayor pérdida de masa entre 1.10 y 1.36%. Salveit (2016 b) indica que la porosidad y difusión de la epidermis y cutícula pueden variar significativamente debido a si los frutos crecieron en ambientes húmedos comparados con ambientes más secos. En esta investigación, las diferencias encontradas probablemente se atribuyan a esta situación, donde los frutos establecidos a menor densidad y con acolchado probablemente tuvieron mejores condiciones y desarrollaron mayor porosidad y menos barreras para evitar la difusión.

En todos los tratamientos evaluados la pérdida de masa vario entre 7.44 y 9.68%. Dantas et al; (2006) reportaron pérdida de masa en frutos de chicozapote de 9.35% después de almacenados a 25°C y 70% de HR. Bautista-Reyes et al. (2005) reportan pérdidas de masa de 10% entre el tercer y noveno día después de cosecha en frutos de chicozapote tipo Fino. Vishwasrao y Ananthanarayan (2017) reportan pérdida de masa cercana a 30% después de ocho días a $24 \pm 1^\circ\text{C}$ y $65 \pm 5\%$ de HR en frutos de chicozapote 'Kalipatti'. La pérdida de masa debido a la transpiración puede ser una fuente mayor de pérdidas económicas durante el periodo de cosecha. La calidad asociada con estos cambios puede resultar desde la

disminución en clasificación, calidad, precio del producto. Además, que la pérdida de agua reduce la masa fresca, lo cual directamente disminuye el valor del producto al vender por masa. La pérdida de agua produce una pérdida de turgencia en los frutos lo que ocasiona una apariencia de marchitez o flacidez en frutos (Salveit, 2016 b).

Es importante indicar que los frutos provenientes de las distancias 8 x 8 m, 8 x 4 m y 4 x 4 m se evaluaron durante nueve días, mientras que los frutos cosechados de una densidad de 4 x 2 m solo se evaluaron ocho días, finalmente los frutos cultivados a 4 x 4 m y 4 x 2 m, ambos en acolchado se evaluaron por siete días. Estos resultados sugieren una menor vida de anaquel cuando los frutos provenían de una mayor densidad y con acolchado.

La firmeza inicial en los frutos de chicozapote evaluados fue de 35.1, 53.4, 56.6, 57.8, 51.8 y 58.3 N cuando fueron cultivados a 8 x 8 m, 8 x 4, 4 x 4 m, 4 x 2 m y 4 x 4 m ó 4 x 2 m con acolchado, respectivamente. Posteriormente la firmeza disminuyó significativamente en todos los tratamientos hasta los seis días donde se perdió entre el 57 y 78.1% de la firmeza inicial, a los nueve días la pérdida de firmeza fue entre 87.5 y 94.1% con respecto al valor inicial. La menor firmeza se obtuvo en los frutos cultivados a una distancia de 8 x 8 m y los frutos cultivados a 4 x 2 m sin acolchado mantuvieron la firmeza por más tiempo.

De miranda et al. (2002) indican que los frutos de chicozapote tienen una firmeza inicial de 80 N a la cosecha y después de diez días la firmeza disminuye a 10 N. Por otra parte, Bautista-Reyes et al. (2005) indican que en chicozapote tipo fino la firmeza disminuye entre el tercer y noveno día de 3.3. kg cm² a 0.5 kg cm². Dantas et al. (2006) reportan que el chicozapote recién cosechado tiene una firmeza de 79.7 N y después de ocho días se tienen valores de 7.79 N. Vishwasrao y Ananthanarayan (2017) indican que en frutos de chicozapote 'Kalipatti' cambian de firmeza a la cosecha de 10 N a 0.5 N después de tres días a temperatura ambiente. En el presente experimento los chicozapotes 'Betawi' se registró la firmeza de entre 1.1 y 7.2 N y se alcanzó después de 9 días.

El contenido de azúcares totales al inicio del muestreo fue entre 118.8 y 191.3 mg g⁻¹ de peso fresco (p.f.). Seis días después en todos los tratamientos el contenido de azúcares solubles se incrementó entre 6.9 y 31.4% con respecto a los valores iniciales, a excepción de los frutos cultivados a 4 x 4 ó 4 x 2 m con acolchado. En el noveno día de evaluación el contenido de azúcares totales fue entre 12.8 y 29.2% más comparado con los valores iniciales. Con la excepción de los frutos que fueron cultivados en acolchado bajo una densidad de 4 x 4 m quienes tuvieron una disminución de entre 12.8 y 18.4% con respecto al día inicial. En general en la madurez de consumo el contenido de azúcares totales en los frutos de chicozapote 'Betawi' fue entre 194.3 y 226.2 mg g⁻¹ de p.f.

Se reporta que el contenido de azúcares en chicozapote varía entre 120 y 140 mg g⁻¹ de peso fresco, aunque algunos autores reportan valores entre 16.7 y 260 mg g⁻¹ de p.f. (Yahia y Gutiérrez-Orozco, 2011). Bautista-Reyes et al. (2005) reportan azúcares totales no mayores

a 160 mg g^{-1} de p.f. en frutos de chicozapote tipo fino. Los resultados indican que el chicozapote 'Betawi' es un fruto con alto contenido de azúcares totales, y durante el proceso de maduración esto se incrementan. El acolchado en la densidad de $4 \times 4 \text{ m}$ afecto negativamente el contenido de azúcares totales.

El contenido de fenoles en el día inicial fue entre 148.4 y $595.4 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco, entre el tercer y sexto día de evaluación se cuantificaron los valores mayores de fenoles totales entre 515.3 y $1718.7 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco, y finalmente en el noveno día de evaluación la concentración de fenoles disminuyó drásticamente hasta valores entre 29.5 y $319.6 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco. Esto indica que los fenoles disminuyeron durante la maduración. Diferentes autores indican que los fenoles disminuyen durante la maduración asociado principalmente a una disminución de la astringencia del fruto (Bautista-Reyes et al., 2005; Yahia y Gutiérrez-Orozco et al. 2011; Vishwasrao y Ananthanarayan, 2017).

Se determinó que los frutos cultivados en densidades de $4 \times 4 \text{ m}$ ó $4 \times 2 \text{ m}$ con o sin acolchado mantuvieron mayor el contenido de fenoles durante el proceso de maduración. Ageorges et al. (2014) indican que varios reportes científicos destacan que la luz estimula la acumulación de ciertos fenoles durante el desarrollo de los frutos, además de una respuesta diferencial, ya que la exposición a mayor luz puede favorecer el desarrollo de ciertos fenoles o el sombreado estimula la aparición de otros tipos de fenoles. En el presente experimento la acumulación de mayor contenido de fenoles en las densidades altas, indica que ciertas condiciones pueden favorecer este comportamiento, probablemente una menor cantidad de luz dentro de la huerta. Sin embargo, es necesario realizar experimentos donde se evalúe el perfil de fenoles y su efecto de la densidad de plantación correlacionada con los factores ambientales dentro de la huerta.

La actividad antioxidante en los frutos de chicozapote 'Betawi' evaluada por el método de DPPH disminuyó durante la maduración de valores iniciales entre 131.6 y $238.0 \text{ mg EAA } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco a valores entre 14 y $74 \text{ mg EAA } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco después de nueve días. Los frutos provenientes de la densidad $8 \times 8 \text{ m}$ fueron los que tuvieron la menor actividad antioxidante comparados con el resto de los frutos provenientes de otras densidades con o sin acolchado.

La actividad antioxidante evaluada por el método de ABTS, mostro una tendencia similar a la actividad antioxidante evaluada por DPPH. Al inicio de las evaluaciones la actividad antioxidante fue entre 313.3 y $633.2 \text{ mg EAA}100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco y después de nueve días la actividad disminuyó hasta valores entre 24.3 y $182.4 \text{ mg EAA}100\text{g}^{-1}$ de peso fresco. Los frutos de la densidad $8 \times 8 \text{ m}$ mostraron la menor actividad antioxidante por este método.

Finalmente, la actividad antioxidante evaluada por el método de FRAP en los frutos de chicozapote 'Betawi' disminuyó de valores iniciales entre 70.1 y $97.8 \text{ mg EAA}100\text{g}^{-1}$ de peso

fresco a valores entre 40.9 y 58.8 mg EAA100 g⁻¹ de peso fresco, después de nueve días, en las densidades donde no hubo acolchado del suelo. No así los frutos provenientes de densidades entre 4 x 4 m y 4 x 2 m con acolchado en el suelo, donde no se observaron cambios significativos de la actividad antioxidante durante la maduración. Los resultados indican que durante la maduración del chicozapote la actividad antioxidante por DPPH y ABTS, disminuyen significativamente, no así por FRAP, donde es menos evidente.

Conclusiones

Se determinó efecto de la densidad de plantación en algunas variables respuesta de la calidad en frutos de chicozapote 'Betawi', donde densidades bajas afectan negativamente algunas variables de calidad y acumulación de metabolitos funcionales y actividad antioxidante.

Literatura citada

- Ageorges, A., V. Cheyner, and N. Terrier. 2014. Polyphenols. p.151-177. In: Fruit Ripening. Physiology, Signalling and Genomics. Nat, P., M. Bouzayen, A. K. AMtoo, J. c. Pech. (eds.). CABI.
- Avilán, L., C. Marín. R. M. Rodríguez, y J. Ruíz. 2005. Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad (278 pl ha⁻¹) durante el periodo de crecimiento. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 22:99-111.
- Balerdi, F. C. and P. E. Shaw. 1998. Sapodilla, Sapote and Related Fruit. P. 78-136. In: Tropical and Subtropical Fruits. Shaw, E. P., H. T. Chan Jr., S. Nagy (eds.). AgScience. Florida, USA.
- Bautista-Reyes, B., Ma. De L. Arévalo-Galarza, C. Saucedo-Veloz, y Ma. T. Martínez-Damián. 2005. Proceso de maduración de frutos de chicozapote (*Manilkara sapota* (L.) P. Royen) tipo fino. Revista Chapingo Serie Horticultura 11:387-391.
- Benzie, I.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. Analytical. Biochemistry 239:70-76.
- Brand-Williams, W., Culivier, M.E., and Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft and Technologie. Food Science Technology 28:25-30.

- Castillo, M. L. E. 2011. Introducción al SAS® para Windows. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 295 p.
- Dantas, de M. P. L., L. C. de Oliveira L., R. Elesbao A., J. Donizeti A., y A. de Paiva A. 2006. Amadurecimiento de sapoti (*Manilkara zapota* L.) submetido ao 1-metilciclopropeno. *Rev. Bras. Frutic.* 28: 369-373.
- De Miranda, A. M. R., F. S. da Silva, R. Elesbao A., H. A. Cunha F., y N. C. Costa A. 2002. Armazenamento de dois tipos de sapoti sob condicao de ambiente. *Rev. Bras. Frutic.* 24:644-646.
- Hofsi, R. 1999. High-density avocado planting. An argument for replanting trees. *Subtropical Fruit News* 7(1):9-13.
- Kader, A.A., and E. M. Yahia. 2011. Postharvest biology of tropical and subtropical fruits. p. 79-111. In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and subtropical Fruits*. Yahia, E. M. (ed.). Woodhead Publishing.
- Morton, F. J. 2013. *Fruits of Warm Climate*. Echo Point Books & Media. USA. 505 p.
- Ousthuysse, S. A. 2005. Mejoramiento productivo en mango cultivado en alta densidad sobre árboles pequeños. *SOM Europe N. v. Antwerpen, Belgium*. 45 p.
- Pennington D. T., y J. Sarukhán. 2005. *Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las Principales Especies*. Universidad Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 523 p.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., and Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26:1231-1337.
- Rebolledo, M. A., A. L. del Angel P., and N. Peralta A. 2012. El chicozapote en México: usos y técnicas de cultivo. Libro Técnico Núm. 30. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver., México. 195 p.
- Salveit, M. E. 2016a. Respiratory metabolism. p. 139-156. In: Pareek, S. (ed.). *Postharvest Ripening Physiology of Crops*. CRC Press-Taylor & Francis Group. Boca Raton, USA.
- Salveit, M. E. 2016b. Water loss from harvested horticultural commodities. p. 217-235. In: Pareek, S. (Ed.). *Postharvest Ripening Physiology of Crops*. CRC Press-Taylor & Francis Group. Boca Raton, USA.

Vishwasrao, C., and L. Ananthanarayan. 2017. Delayed postharvest ripening-associated changes in *Manilkara zapota* L. var. Kalipatti with composite edible coating. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97:536-542.

Wasin, S. M., M. Longkumer, M. Shamsheer A., K. Borman, P. Krishna T, and J. Kabir. 2014. Postharvest biology and technology of sapota: a concise review. *Acta Physiol. Plant* 36:3115-3122.

Whiley, A. W., B. N. Wolstenholme, and B. A. Faber. 2013. Crop management. p. 342-379. In: *The Avocado. Botany, production and uses*. Schaffer, B., B.N. Wolstenholme, A. W. Whiley (eds.). CABI Publishing.

Yahia, M. E., F. and Gutiérrez-Orozco. 2011. Sapodilla (*Manilkara achras* (Mill) Fosb., syn *Achras sapota* L.). p. 351-362. In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. Volume 4: Mangosten to white sapote*. Yahia, M. E. (ed.). Woodhead Publishing. Cambridge, UK.

EFFECTO DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE LA BIOLOGÍA FLORAL EN PROCEDENCIAS DE *Jatropha curcas* L. DE VERACRUZ

Izteotl Gómez-Zúñiga¹⁰⁰, Olivia Palacios-Wassenaar¹⁰⁰, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez¹⁰⁰ y Arturo Pérez-Vázquez^{101*}

Resumen

Jatropha curcas es una especie multipropósito originaria de México y Centro América, crece de forma silvestre y se cultiva como cerco vivo o en huertos familiares; es adaptable a condiciones adversas pues no demanda suelos fértiles, ni riego para sobrevivir; sin embargo, para mejorar su productividad se recomienda la aplicación de abono. Sus poblaciones, producto de una adaptación silvestre, tienen mucha variabilidad morfológica y diversos contenidos y características del aceite en sus semillas lo que dificulta su manejo productivo. Dada esta variabilidad, es importante estudiar su respuesta al manejo agronómico, a fin de mejorar sus características productivas. Con el objetivo fue conocer el efecto de la aplicación de lombricomposta sobre algunas características de las inflorescencias de *J. curcas*: número de botones florales, flores masculinas, flores femeninas y frutos maduros, en dos procedencias de Veracruz (Actopan y Amatlán de los Reyes), se evaluaron tres plantas y cuatro inflorescencias por planta, desde la etapa de botones hasta la maduración del fruto, durante un periodo productivo anual, con aplicación de 10 kg de lombricomposta por planta cada tres meses (T1) comparadas con plantas sin tratamiento (T0), mediante una prueba t con un nivel de significancia de 5%. Se encontró diferencia estadística ($p < 0.05$) en el número de flores femeninas de la procedencia de Amatlán de los Reyes. Para los demás parámetros, sólo se observó diferencia entre procedencias, y no para la aplicación de lombricomposta. Se concluye que, la aplicación de lombricomposta no tuvo un efecto directo sobre las características de la inflorescencia de *J. curcas*.

Palabras clave: morfología, inflorescencia, flores femeninas, abono

¹⁰⁰ El Colegio de Veracruz. Academia de Desarrollo Regional Sustentable.

¹⁰¹ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. parturo@colpos.mx

Introducción

Jatropha curcas L. es una oleaginosa de la familia de las Euforbiáceas, originaria de Mesoamérica (Guerrero, 2010). Es una planta multipropósito con innumerables atributos en diversos sectores tales como el farmacéutico, energético, biotecnológico, biorremediación, y cosmetológico (Martínez et al., 2006) y es útil para la restauración de suelos erosionados, lo que la convierte en una especie interesante de estudiar (Gubitz et al., 1998). Esta especie presenta una gran variabilidad, tanto morfológica como productiva, así como en las características y la calidad del aceite que contiene en sus semillas (Córdova et al., 2015; Rao et al., 2008) lo que representa un problema para el manejo del cultivo con fines productivos (Guerrero, 2010). *J. curcas* se ha reportado como adaptable a condiciones adversas, sin requerir suelos fértiles y en áreas con baja precipitación; sin embargo, el crecimiento de la planta depende de la fertilidad del suelo y especialmente de la precipitación, por lo que el manejo agronómico puede potencializar la productividad de la planta (Bindraban et al., 2007; Openshaw, 2000). Dados estos requerimientos, algunos autores recomiendan la aplicación de abonos orgánicos tales como la lombricomposta, para mejorar la productividad del cultivo (Behera et al. 2010). Esta práctica se ha promocionado como una alternativa sustentable para los procesos de producción agrícola, a fin de reducir el impacto adverso al ambiente generado por la fertilización química (Schriefer, 2000). Los abonos orgánicos mejoran las características del suelo que ha sido deteriorado por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación (Nieto et al. 2002). Además, pueden satisfacer la demanda de nutrientes de los cultivos, reduciendo el uso de fertilizantes químicos y mejorando las características de los productos de consumo (Rodríguez et al. 2009).

Entre los factores relacionados con la productividad de *Jatropha curcas* destaca su biología floral. Las características de la inflorescencia, principalmente el número de flores femeninas y el grado de éxito de éstas en producir un fruto maduro (Rao et al., 2008; Gurgel et al., 2011; Córdova et al., 2015). Por ello, con el objetivo de conocer si el uso de abonos orgánicos puede favorecer las características de la inflorescencia de *J. curcas*, en el presente trabajo se realizó una evaluación del efecto de la aplicación de lombricomposta sobre el número de botones florales, flores masculinas, flores femeninas y frutos maduros, en dos procedencias del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el banco de germoplasma de *Jatropha curcas* del Colegio de Posgraduados-Campus Veracruz, ubicado en la comunidad de Tepetates, municipio de

Manlio Fabio Altamirano, en la región centro del estado Veracruz. Las coordenadas geográficas de ubicación son 19°11'14.92'' LN y 96°20'47.03'' LO. El banco de germoplasma se encuentra a una altitud de 19 m. El clima de la zona es cálido seco con una temperatura promedio de 25°C y precipitaciones de 1239 mm anuales; el suelo es de tipo franco arcillo-arenoso. El banco se estableció con esquejes provenientes de distintas localidades del estado de Veracruz en el año 2012, el cual está constituido por 20 procedencias con 20 repeticiones cada una, separadas tres por dos metros, para una densidad de población de 1666 plantas por hectárea.

Para determinar si la aplicación de lombricomposta tiene efecto sobre las características de la inflorescencia de *J. curcas* en dos procedencias del estado de Veracruz (02- Actopan) y (45- Amatlán de los Reyes), se realizaron evaluaciones semanales durante la etapa productiva (abril-diciembre), en tres plantas por tratamiento (T0=control y T1=lombricomposta) tomando cuatro inflorescencias en cada planta, las cuales fueron observadas desde la etapa de botones florales hasta la maduración de los frutos. Las variables medidas fueron: número total de botones, número total de flores masculinas abiertas, número total de flores femeninas abiertas y número de frutos que alcanzaron la madurez en las inflorescencias evaluadas. Para el T1 se distribuyeron 5 kg de lombricomposta por planta en rodetes de 10 cm de profundidad, abiertos a 50 cm de la base de la planta; en tres aplicaciones (marzo, julio y octubre) durante el año, para un total de 15 kg de abono por planta. Las plantas control no recibieron abono. El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva y prueba t para dos muestras con nivel de significancia de 5%. Para las pruebas se utilizó el programa SigmaPlot 10.0.

Resultados y discusión

El número promedio de botones florales \pm desviación estándar (Cuadro 1) no mostró diferencia estadística entre tratamientos ($p = 0.989$ y $p = 0.698$), así como tampoco entre las dos procedencias ($p = 0.969$).

Cuadro 1. Número de botones florales por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm Desviación
Actopan	T0	133.5 \pm 39.65
Actopan	T1	133.3 \pm 31.40
Amatlán de los Reyes	T0	153.3 \pm 89.37
Amatlán de los Reyes	T1	166.4 \pm 50.36

Los valores promedio del número de botones florales mostrados en el Cuadro 1 fueron superiores a los reportados para *J. curcas* en Filipinas e India, que oscilan entre 17 y 66 (Raju y Ezradanam, 2002; Malaysiana et al., 2015).

El número promedio de flores masculinas abiertas se muestra en el Cuadro 2. No se presentó diferencia estadística entre tratamientos ($p=0.878$ y $p =0.315$), pero sí entre las procedencias ($p < 0.05$) (Figura 1).

Cuadro 2. Número de flores masculinas abiertas por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm Desviación
Actopan	T0	25.11 \pm 16.06
Actopan	T1	23.9 \pm 17.8
Amatlán de los Reyes	T0	11.1 \pm 6.16
Amatlán de los Reyes	T1	14.0 \pm 6.73

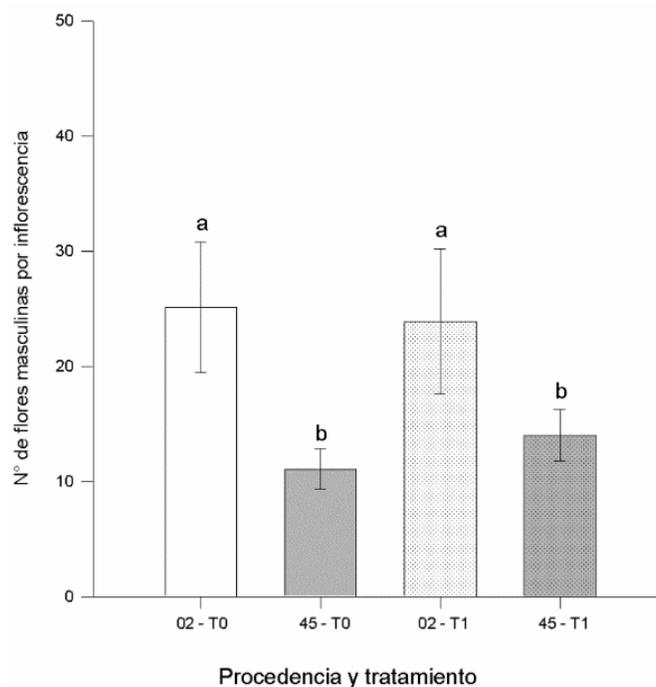


Figura 1. Número de flores masculinas abiertas por procedencia (02: Actopan y 45: Amatlán de los Reyes) y tratamiento (T0: control y T1: lombricomposta). Promedio \pm error estándar. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

Actopan no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p = 0.283$), pero la procedencia de Amatlán de los Reyes presentó un mayor número de flores femeninas con la aplicación de lombricomposta ($p<0.05$) (Figura 2). También se observó que la procedencia de Actopan presentó mayor número de flores femeninas en comparación con la de Amatlán de

los Reyes en las plantas de control ($p < 0.05$). Esta diferencia desaparece al aplicar el abono, ya que para T1, no hay diferencia entre las procedencias en cuanto al número de flores femeninas.

Cuadro 3. Número de flores femeninas por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm Desviación
Actopan	T0	9.3 \pm 2.82
Actopan	T1	10.9 \pm 3.00
Amatlán de los Reyes	T0	6.17 \pm 2.66
Amatlán de los Reyes	T1	9.89 \pm 3.59

Número de flores femeninas por inflorescencia

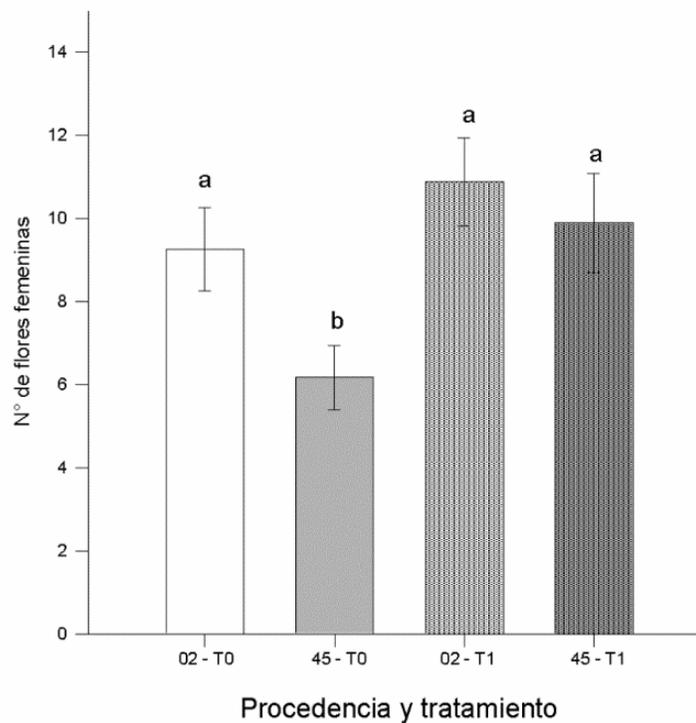


Figura 2. Número de flores femeninas abiertas por procedencia (02: Actopan y 45: Amatlán de los Reyes) y tratamiento (T0: control y T1: lombricomposta). Promedio \pm error estándar. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En ambas procedencias, el número de flores femeninas es superior a lo reportado en estudios realizados con procedencias de Malasia, Indonesia, Filipinas y África, que sólo registraron de una a tres flores; mientras que procedencias de India y Cabo Verde mostraron valores entre cinco y seis (Raju y Ezradanam, 2002; Malaysiana et al., 2015).

En lo referente al número de frutos que alcanzaron la madurez en las inflorescencias evaluadas (Cuadro 4), no se encontró diferencia estadística entre tratamientos ($p = 0.784$ y $p = 0.146$), ni entre procedencias ($p = 0.579$ y $p = 0.251$) (Figura 3).

Cuadro 4. Número de frutos maduros por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm Desviación
Actopan	T0	1.9 \pm 1.07
Actopan	T1	2.0 \pm 0.82
Amatlán de los Reyes	T0	1.9 \pm 0.57
Amatlán de los Reyes	T1	2.83 \pm 1.60

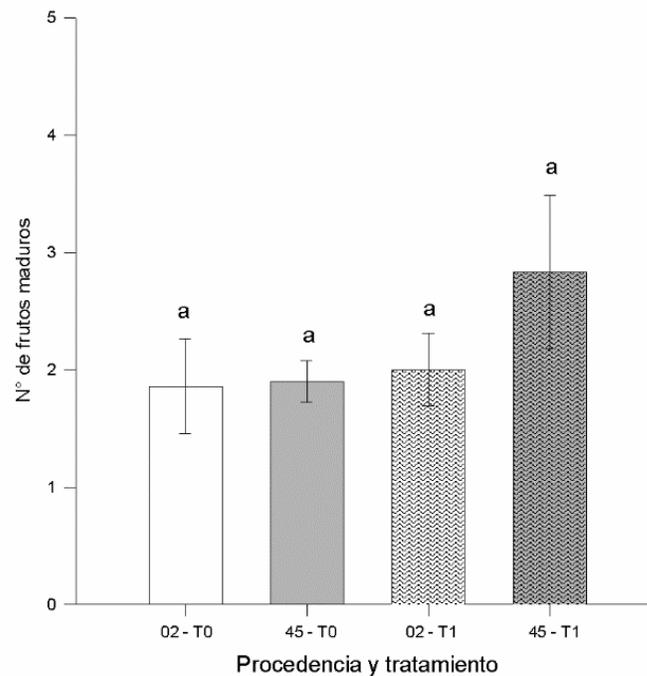


Figura 3. Número de frutos maduros alcanzados por inflorescencia, por procedencia (02: Actopan y 45: Amatlán de los Reyes) y tratamiento (T0: control y T1: lombricomposta). Promedio \pm error estándar. Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Los resultados obtenidos coinciden con estudios anteriores que señalan la gran variabilidad morfológica y productiva que se presenta entre individuos y procedencias de *J. curcas* (Gurgel, et al. 2011; Rao, et al. 2008). Por otro lado, en este estudio no fue posible comprobar las aseveraciones de algunos autores como Martiñon-Martínez et al. (2017) quienes indican que la aplicación de biofertilizantes genera mayor número de racimos florales y mayor número de frutos maduros por planta en *Jatropha curcas*.

Conclusiones

No se encontró diferencia significativa entre las variables evaluadas para los tratamientos aplicados, a excepción del número de flores femeninas en la procedencia de Amatlán de los Reyes, que fue mayor con la aplicación de lombricomposta. Comparando entre las procedencias evaluadas, se encuentra que la de Actopan presenta un mayor número de flores masculinas y femeninas, lo cual podría indicar que tiene mayor potencial productivo que la de Amatlán de los Reyes. Sin embargo, además del potencial que representa el número de flores femeninas por inflorescencia, es importante considerar el amarre del fruto, que es un factor de vital importancia para la productividad final de la planta. Aunque en este trabajo no se pudo verificar el efecto de la aplicación de lombricomposta sobre este factor, se recomienda ampliar y profundizar el estudio, ya que podría beneficiar a otros elementos de la productividad y tener efectos en un plazo superior a un año. Por otro lado, ambas procedencias presentan un elevado número de flores femeninas en comparación con otros estudios, lo cual las hace de interés para su evaluación con fines de mejoramiento genético.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la Línea Prioritaria de Investigación 3 del Colegio de Posgraduados Campus Veracruz, en mano de obra en campo y la oportunidad de trabajar en sus instalaciones. Al CONACYT por la beca de estudios de maestría de Izteotl Gómez Zúñiga y de estancia posdoctoral de Olivia Palacios-Wassenaar. Al CITRO por el préstamo de la balanza analítica y vernier digital.

Literatura citada

Behera, S. K., P. Srivastava., R. Tripathi., J. P. Singh and N. Singh. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. *Biomass and Bioenergy* 34(1):30-41.

Bindraban, P. S., Brandenburg, W. A., Jongschaap, R. E., and Corre, W. J. 2007. Claims and Facts on *Jatropha curcas* L. Informe N° 158 Plant Research International Stichting Het Groene Woudt. Laren, Ámsterdam. 37 p.

- Córdova T., L., R. E. Bautista., C. A. Zamarripa., L. J. Rivera., V. A. Pérez., S. O. Sánchez. et al. 2015. Diagnóstico y Plan Estratégico de la Red *Jatropha* spp. En México. SNICS, SINAREFI. México. 105 p.
- Gubitz, G. M.; M. Mittelbach., and M. Trabi. 1998. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology*, Essex 67(1):73-82.
- Guerrero, J. A. 2010. Tesis "Caracterización Morfológica y Agronómica del Piñón (*Jatropha curcas* L.), en la Colección Nacional de Germoplasma de Corpoica "La Libertad". Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta. 156 p.
- Gurgel, F. D. L., B. G. Laviola., D. Medeiros., A. K. Kobayashi., and T. B. Rosado. 2011. Phenology and biometry of physic nut in the brazilian savannah. *Ciência E Agrotecnologia* 35(6):1122-1131.
- Malaysiana, S., P. Aksesí., H. Tertinggi., P. Benih., H. Elit., y C. America. 2015. Selection of High Yielding *Jatropha curcas* L. Accessions for Elite Hybrid Seed Production. *Sains Malaysiana* 44(11):1567-1572.
- Martínez, J., P. Siddhuraju., G. Francis., G. Davila., K. Becker. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry* 96(1):80-9.
- Martiñon, A. S., R. Figueroa., J. Piña., C. Castro., J. L. Lean., and D. Aguilar. 2017. Evaluación de biofertilizantes y enraizador hormonal en *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(2).
- Nieto, A., B. Murillo., E. Troyo., J. A. Larrinaga., y J. L. García. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de chile (*Capsicum annum* L) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8):417-421.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19(1):1-15.
- Raju, A. y Ezradanam, V. 2002. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Current Science India* 83:1395-1998.
- Rao, G. R., G. R. Korwar., A. K. Shanker & Y. S. Ramakrishna. 2008. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. *Trees-Structure and Function* 22(5):697-709.

Rodríguez, N., P. Cano., U. Figueroa., E. Favela., A. Moreno., C. Márquez. et. al. 2009. Uso de abonos orgánicos en producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 27:319-327.

Schriefer, D. 2000. *Agriculture in transition*. Acres, Austin, TX, EEUU. 238 p.

Valdés, O. A., O. Sánchez., A. Pérez y J. Caplan. 2013. The Mexican non-toxic *Jatropha curcas* L. food resource or biofuel? *Ethnobotany Research and Applications* 11:1-8.

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA OBTENIDAS POR VIA BIOLÓGICA CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

Gabriela Lucero Cuatra Xicalhua¹⁰², Norma Gabriela Rojas Avelizapa¹⁰³, Otto Raúl Leyva Ovalle¹⁰², Rosalía Nuñez Pastrana¹⁰², María Elena Galindo Tovar¹⁰², Joaquín Murguía González¹⁰² y Luz Irene Rojas Avelizapa^{102*}

Resumen

El objetivo principal de la presente investigación fue probar la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata (AgNP) sintetizadas por un hongo (patente en trámite) sobre 23 aislados fúngicos obtenidos de diferentes frutos con síntomas de enfermedad, los cuales fueron aislados, purificados e identificados utilizando diferentes claves taxonómicas y algunos atlas ilustrados. La síntesis de las nanopartículas se realizó creciendo al hongo en un medio formulado a base de peptona, extracto de levadura y caldo papa dextrosa, e incubándolo durante 48 horas. La producción de las nanopartículas fue evaluada por espectrofotometría UV-visible (320 a 460 nm). La actividad antimicrobiana de las AgNP se evaluó in vitro contra hongos aislados de diferentes muestras, los cuales incluyeron a los géneros: *Alternaria*, *Fusarium*, *Colletotrichum* y *Epicocum*. La solución madre de las AgNP contenía 1500 ppm y los bioensayos se hicieron diluyéndola 3, 5 y 10 veces, de tal forma que las concentraciones utilizadas fueron 500, 300 y 150 ppm. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial obtenido fue del 60 y 80% usando la relación más alta (1:3, 500 ppm) a las 72 horas, en comparación con las dos relaciones utilizadas primeramente (1:5 y 1:10), las cuales no propiciaron la inhibición del crecimiento micelial.

Palabras clave: bioensayos, inhibición, nanopartículas de AgNp

Introducción

En la agricultura los factores que causan graves pérdidas en la producción de los cultivos son las plagas y enfermedades, causados por microorganismos que afectan a la planta durante

¹⁰²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana (Zona Orizaba-Córdoba).

¹⁰³Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA) Unidad Querétaro.

* luzirenerojas@gmail.com

su desarrollo y al fruto durante la postcosecha. Del total de los frutos y vegetales cosechados en el mundo, entre el 20-25% sufren deterioro debido a la invasión de patógenos durante el manejo postcosecha. Estos microorganismos producen micotoxinas, que pueden llegar a ser perjudiciales, aun cuando se encuentren en concentraciones muy bajas, poniendo en entredicho su inocuidad: Así, un 25% de las cosechas de alimentos a nivel mundial están contaminadas con algún tipo de micotoxinas, lo cual representa un fuerte riesgo para la salud de la población de países importadores de alimentos que no controlan estos contaminantes. Al respecto, varios hongos han sido caracterizados como causantes del deterioro patológico siendo las especies más comunes *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor* (Fhia, 2007), los cuales afectan el aspecto físico, valor nutricional, características organolépticas y dificulta la conservación, provocando además alergias e intoxicaciones en los consumidores.

Control de enfermedades de las plantas

Los métodos de control varían considerablemente de una enfermedad a otra, dependen del patógeno, del hospedante y de la interacción que se establece entre ambas. Los distintos métodos de control pueden clasificarse como reguladores, culturales, biológicos físicos y químicos. En 1878, fue introducida en Europa una enfermedad conocida como mildiu veloso de la vid. Se llegó a la conclusión de que una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada podía controlar al mildiu; a esa mezcla se le denominó "caldo bórdeles", Luego se comprobó que este tenía un éxito notable en el control de los mildius velosos y otras enfermedades del follaje de las plantas. Los métodos de control físico y químicos ayudan a proteger a las plantas contra el inóculo del patógeno y a curar una infección que ya está en desarrollo (Agrios, 2005). En 1934, se descubrió el primer fungicida de ditiocarbamatos (tuíram), el cual llevó al desarrollo de una serie de fungicidas eficaces y ampliamente utilizados, como el ferbam, zineb y maneb. En 1963 se descubrió la aparición de nuevas razas de patógenos resistentes a varios fungicidas.

Importancia de la nanotecnología y uso de las AgNP como agente bactericida

La aplicación de la nanotecnología en la agricultura, es una alternativa más amable con el medio ambiente, sobre todo para el control de insectos y plagas, que los métodos con agroquímicos sintéticos que tantos problemas medioambientales han generado. Normalmente para el control de enfermedades, se recurre al uso de fungicidas o agroquímicos sintéticos (AQS), los cuales ocasionan un severo impacto en los humanos y el ecosistema (Lira et al., 2003). Por ellos, se requieren nuevos productos orgánicos y biológicos, u otras innovaciones tecnológicas que sean inocuas, de bajo impacto ambiental y que no permitan el desarrollo de resistencia por los patógenos. En este contexto, las AgNP

son agregados de átomos de plata (Ag^0) con medidas de 1 a 100 nm de diámetro. Los agregados de átomos de plata presentes en una AgNP crecen adoptando diversos tamaños y formas (esférica, triangular, plana y tubular) dependiendo de las condiciones de síntesis (Sandoval-Cárdenas 2012). La característica principal de las AgNP es que son eficientes absorbiendo y dispersando la luz, debido a la resonancia localizada del plasmón de superficie (LSPR por sus siglas en inglés). Para la síntesis de nanopartículas de plata existen métodos químicos, físicos y biológicos, siendo los más comunes los químicos. La síntesis biológica, ha surgido como una nueva opción, acorde con la necesidad de utilizar métodos de síntesis más amigables con el medio ambiente. Dicha biosíntesis involucra el empleo de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) o de extractos de plantas para lograr la reducción de varios tipos de iones metálicos (Sastry et al., 2003). Uno de los métodos biológicos que está adquiriendo relevancia, es la producción de las nanopartículas de plata sintetizadas por hongos. Se plantea que el efecto biocida de los iones plata interactúan fuertemente con los grupos tiol de enzimas vitales, provocando su inactivación. Se ha reportado que los iones de plata provocan cambios estructurales irreversibles en la membrana celular de las bacterias, afectando drásticamente sus funciones propias como permeabilidad y respiración (Morones et al., 2005). Aunque se ha planteado que las nanopartículas de plata pueden actuar de una manera similar a la plata iónica, hay indicios de que el efecto biocida que producen cada uno de ellos es distinto. De acuerdo con (Morones et al., 2005), los iones plata producen una región de baja densidad en el centro de la bacteria. Este efecto se debe a que el microorganismo agrupa y protege su ADN como mecanismo de defensa contra compuestos tóxicos. Se ha reportado que entre más pequeña es la partícula, mayor es la superficie de contacto, y por lo tanto mayor es el poder bactericida. Morones en 2005, encontró que las partículas de 1-10 nm presentan una mayor interacción con la membrana celular bacteriana, también observaron las nanopartículas de plata de forma triangular tienen un mayor efecto bactericida en comparación con aquellas de formas esférica y cilíndrica. Lo anterior puede encontrar explicación en el hecho de que las nanopartículas triangulares presentan planos cristalinos preferentemente y se ha demostrado que en este tipo de planos existe una mayor densidad atómica, lo que favorece la reactividad (Aguilar, 2009). De acuerdo con (Sondi y Salopek-Sondi, 2004), la inhibición bacteriana depende también de la concentración de nanopartículas de plata y de la cantidad de microorganismos presentes. El efecto de nanopartículas de plata sobre hongos ha sido poco estudiado. Kim et al. (2009), observó que las nanopartículas de plata pueden retrasar el crecimiento del hongo *Raffaelea* sp., además de que la velocidad de crecimiento se reduce al aumentar la concentración de las nanopartículas.

La síntesis de las nanopartículas referidas por vía biológica, representan una nueva opción ya que involucra el empleo de microorganismos para lograr la reducción de los iones metálicos por vía enzimática, ya sea intra o extracelularmente. Con base en estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivos fundamentales A) Aislar hongos fitopatógenos de muestras de frutos y verduras con síntomas de enfermedad, B) Identificar morfológicamente a los hongos aislados de las diferentes muestras, C) Sintetizar las nanopartículas (AgNP) utilizando un aislado fúngico; y D) Evaluar in vitro la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata obtenidas, contra los hongos fitopatógenos aislados de las diferentes muestras.

Materiales y métodos

Las muestras de frutos enfermos fueron colectadas en el mercado Revolución de Córdoba, Veracruz. Todas presentaban síntomas de enfermedad como: antracnosis, necrosis, atizonamientos, puntos necróticos rodeados de halo clorótico, etc. El aislamiento e identificación de los hongos fitopatógenos, se llevó a cabo en el área de Microbiología del Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y la síntesis de nanopartículas así como los bioensayos, se realizaron en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN unidad Querétaro. El aislamiento, purificación e identificación de los hongos se realizó en placas con papa dextrosa agar de acuerdo a las instrucciones del fabricante, se esterilizó a 120°C y 15 lb de presión, durante 15 min. Posteriormente se vació en placas estériles en una campana de flujo laminar marca ArqStyle modelo CFL-90. El proceso de aislamiento, se realizó cortando fragmentos de 0.5 a 1 cm del material biológico infectado, utilizando un bisturí. Dichos fragmentos se desinfectaron por inmersión en hipoclorito de sodio al 4% durante un minuto. Posteriormente, se hicieron de 3 a 6 lavados con agua destilada estéril hasta que se eliminó el hipoclorito. Las muestras se sembraron en condiciones de esterilidad, colocando tres fragmentos desinfectados en las cajas con PDA, y se incubaron a 28°C durante tres días. Una vez aislados y purificados, los hongos se sembraron en tubos con PDA inclinado para su conservación en refrigeración a 4°C.

La identificación se llevó a cabo por observación de las características macroscópicas de la colonia, así como la observación de las características microscópicas, tipo de micelio (tamaño, presencia o ausencia de septos y producción de pigmentos) y de las estructuras reproductivas asexual/sexual (conidios, picnidios, ascas, ascocarpos, ascosporas). Se realizaron preparaciones con KOH al 3% y azul de algodón lactofenol y observaciones en un microscopio Labomed acoplado a un programas-Viewer, el cual fue calibrado utilizando la

reglilla y el ocular con los objetivos 40x y 100x. Para la identificación de los hongos, se utilizaron diferentes claves y atlas ilustrados (Watanabe, 2002, Barnett y Hunter, 1998). Las descripciones se hicieron en el siguiente orden, morfología colonial: tamaño, forma, elevación, aspecto, superficie, zonaciones, color, margen, textura, morfología microscópica; Micelio: tipo de micelio, diámetro de las hifas, pared, septos, frecuencia de septos. Conidiomas Tipo, forma, tamaño, color, Conidios: tipo, dimensiones, forma, color, pared, septos, ornamentación, datos diversos.

El proceso de síntesis de las nanopartículas de plata se encuentra actualmente en proceso de patente. La síntesis de AgNP obtenidas por filtrado extracelular del hongo, fueron determinadas por un cambio de coloración en el medio líquido (de transparente a café) y su lectura a 420 nm en un espectrofotómetro.

Los bioensayos para determinar in vitro la actividad antimicrobiana de las nanopartículas consistieron en dos fases: La primera consistió en preparar las cajas conteniendo las AgNP de la siguiente manera: La solución madre de AgNP fue de 1500 ppm. Los testigos se prepararon con únicamente 10 mL de PDA. El tratamiento 1, fue de 150 ppm de AgNP colocadas en una relación 1:10 (9 mL de PDA estéril y 1 mL de solución madre de AgNP). El tratamiento 2, fue de 550 ppm en una relación 1:5 (8 mL de PDA Y 2 mL de AgNP). El tratamiento 3, fue de 225 ppm con una relación 1:3 (6.7 mL de PDA y 3.3 de AgNP). Ya con los medios preparados con las nanopartículas de plata, se tomó un disco de 5 mm de micelio a partir de un cultivo puro y se colocó en el centro de las placas con los distintos tratamientos, para posteriormente ser incubadas a 25°C, realizando mediciones del crecimiento del hongo cada 24 horas, que el testigo alcanzó los bordes de la placa. Se calculó el porcentaje de inhibición micelial utilizando la siguiente formula:

$$PI = 100 - (Cr * 100) \% Rp$$

Donde:

PI: inhibición porcentual del crecimiento micelial del hongo en %.

Cr: crecimiento micelial radial del hongo (mm).

Rp: radio de la placa (mm).

Resultados y discusión

Aislamiento e identificación de los hongos fitopatógenos

De los 19 frutos infectados, se obtuvieron 22 aislados fúngicos, a los cuales se les asignó una codificación. De los cuales 18 fueron identificados a nivel de género (Cuadro 1). Los resultados coinciden con la población fúngica reportada por la Fundación Hondureña de investigación agrícola (Fhia, 2007) en la cual describen a los géneros *Alternaria*, *Botrytis*,

Diplodia, Monilinia, Penicillium, Colletotrichum, Phomopsis, Fusarium como causantes del deterioro patológico de frutas y verduras.

Cuadro 1. Hongos aislados e identificados provenientes de diferentes frutos con su código correspondiente.

Código	Género	Código	Género	Código	Género
G1	NI	G8	Alternaria sp.	G17	Fusarium
G2	Alternaria sp.	G9	NI	G18	Fusarium
G3	Epicoccum	G10	Fusarium	G19	Fusarium
G4	Alternaria sp.	G12	NI	G20	Fusarium
G5	Alternaria sp.	G13	Colletotrichum sp.	G21	NI
G6	Fusarium	G14	Fusarium	G22	Colletotrichum sp.
G7	Fusarium	G15	Fusarium		
G23	Fusarium	G16	Fusarium		

NI.- aislado no identificado.

Algo a destacar, es la presencia de los géneros Alternaria y Fusarium, los cuales tuvieron una mayor incidencia en los aislados. Carrillo (2003), menciona que los hongos presentes sobre las plantas de la cosecha, llamados “Hongos del campo”, incluye especies de los géneros Alternaria, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium, y Verticillium, siendo así Alternaria el segundo moho cuyas esporas se encuentran suspendidas en el ambiente. El género Fusarium, se encuentran en los vegetales antes de la cosecha y persiste en los productos almacenados; Epicoccum es un moho saprófito cosmopolita generalizado y con frecuencia se asocia con plantas senescentes y material vegetal en descomposición, y se ha aislado a partir de madera, papel, textiles y una variedad de alimentos.

Síntesis de las Nanopartículas de plata (AgNP)

La síntesis de las AgNP, se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Ciencias Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA) unidad Querétaro, utilizando a un hongo (en proceso de patente): 1) El hongo fue crecido en botellas planas con PDA, y a partir de este se obtuvo un inóculo, el cual se ajustó a 3.48×10^5 esporas, para lograr una buena producción de biomasa en matraces de 250 mL de medio YPG. 2) la biomasa obtenida, fue de 7.5 gramos por cada matraz de 250 mL, obteniendo un total de 37.5 gramos, 3) El filtrado extracelular (reductasa cruda) fue de 682 mL, los cuales se colocaron proporcionalmente en 23 matraces que contenían 1 mL de sal de plata, 4) En estos últimos, se realizó la obtención de las nanopartículas, lo cual fue evidente con base en un cambio de coloración del medio de transparente a café oscuro, tomando como base el testigo que contenía únicamente medio.

Para la evaluación de la producción de las nanopartículas, se realizó un espectro de absorción en un intervalo de 200 a 750 nm con el propósito de compararlo con el descrito por Sandoval-Cárdenas (2012), encontrando que son muy similares (Figura 1).

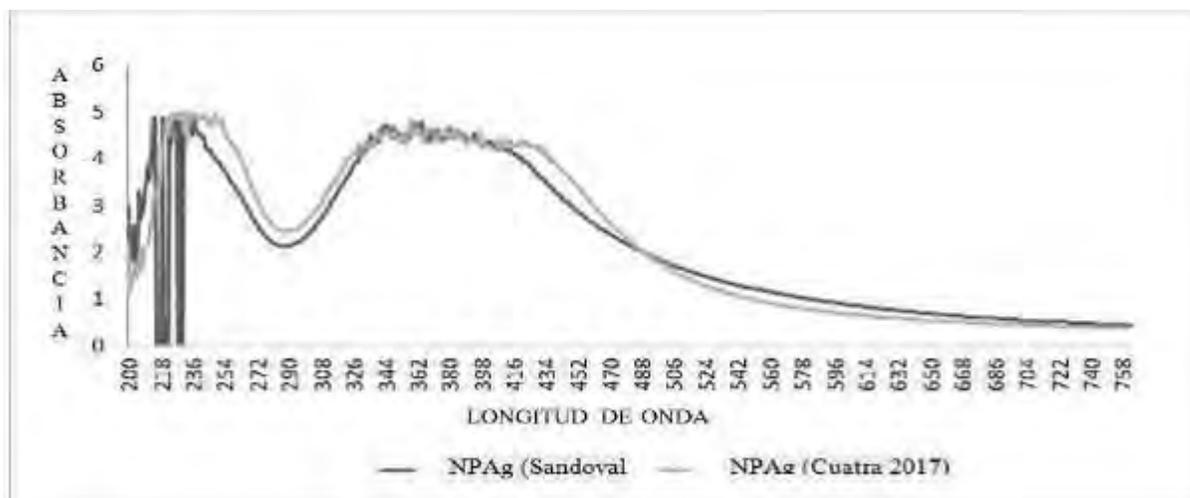


Figura 1. Espectro de absorción de las nanopartículas de plata obtenidas en la presente investigación y las obtenidas por Sandoval-Cárdenas (2012).

Como resultado de los bioensayos se obtuvo entre un 60 y 85% de efectividad dependiendo el hongo evaluado y las concentraciones probadas (Figura 2).

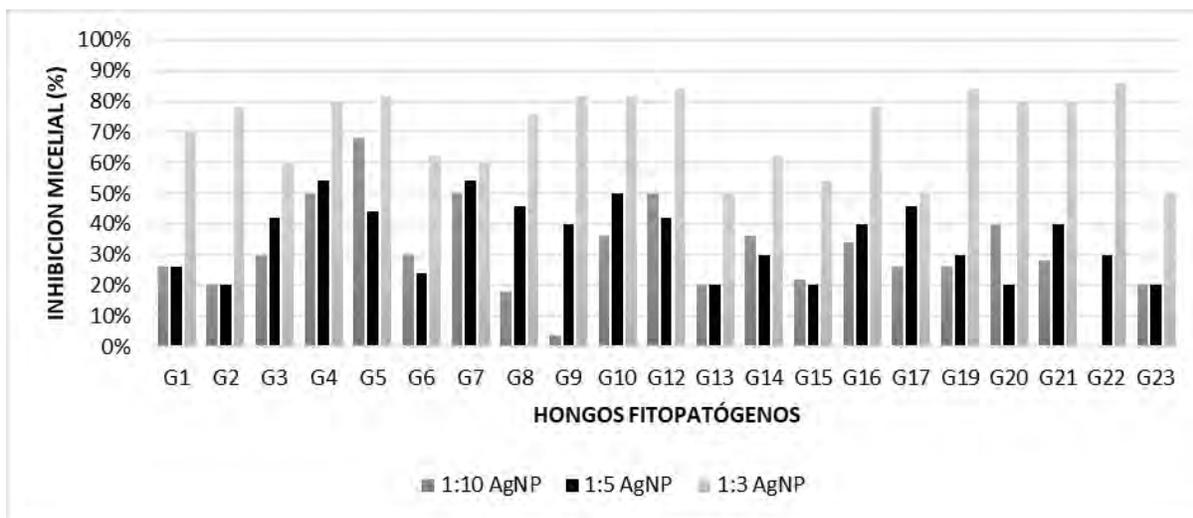


Figura 2. Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial con diferentes relaciones de AgNP

Conclusiones

1. Se aislaron 22 hongos fitopatógenos, pero solo fueron identificados 18, que corresponden a los géneros *Alternaria*, *Fusarium*, *Epicoccum* y *Colletotrichum*.
2. Las nanopartículas de plata presentaron una eficacia del 50-86% a una concentración de 500 ppm, dependiendo de la especie de hongo a controlar. Las AgNP causaron un deterioro evidente de las estructuras fúngicas. Para estudios posteriores, será conveniente evaluar una concentración de AgNP más altas.
3. Las AgNP a una concentración de 500 ppm redujo el crecimiento micelial de *Alternaria* entre un 60 y 80%. Sin embargo, la relación 1:5 causa daño en las esporas, las cuales se observan fragmentadas.
4. Las AgNP a una concentración de 500 ppm redujo el crecimiento micelial de *Fusarium* entre un 50 y 70%.
5. *Epicoccum* no muestra una reducción de su crecimiento en ninguna de las concentraciones de AgNP, por el contrario, se ve favorecido por los tratamientos ya que se muestra más abundante que el testigo y con una pigmentación más intensa. Se realizarán estudios para determinar el porqué de este efecto.

Literatura citada

- Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. Quinta edition. Academic Press. Nueva York. 803 p.
- Barnett, H. L., and B. B. Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. USA. 218 p.
- Carrillo, L. 2003. Los Hongos de los Alimentos y Forrajes. Universidad Nacional de Salta. Argentina.
- Fhia, 2007. Deterioro postcosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias. 4:2-5. <http://fhia.org.hn/downloads/fhiainfdic2007.pdf>. [consultado el 15 de diciembre de 2015].
- Kim, S. W., Kim K. S., Lamsal K., Kim Y. J., Kim S. B., Jung M., et al. 2009. An in vitro study of the antifungal effect of silver nanoparticles on oak wilt pathogen *Raffaelea* sp. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 5:1-5.
- Lira, R. H., G. F. Balvantín G., F. D. Hernández C., R. Gamboa A., D. Jasso de Rodríguez., F. Jiménez D. 2003 Evaluation of resin content and the antifungal effect of *Larreatridentata* (Seese and Moc. Ex. DC) Coville extracts from two Mexican deserts against *Phytium* sp. *Pringsh. Revista Mexicana de Fitopatología* 21:115-119.

Morones, J. R., Elechiguerra J. L., Camacho A., Holt K., Kouri J. B., Ramírez J. T., et al. 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology* 16:2346-2353

Sastry, M., A. Ahmad, M.I. Khan, y R. Kumar. 2003. Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete. *Current Science* 85(2):162-170.

Sondi, S. and B. Salopek-Sondi. 2004. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of Colloid and Interface Science* 27(5):177-182.

Watanabe, T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. CRC Press. Boca Raton, FI, USA.

Aguilar, M. M., 2009. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata sobre *Collantotrichum gloesporioides*. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA Mexico DF) IPN. 89 p.

Sandoval-Cárdenas, E. 2012. Uso de hongos microscópicos aislados de muestras ambientales para la producción de nanopartículas de plata. Tesis de maestría. CICATA (Querétaro) IPN.

FORMULACIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO (AUXINA) Y SU APLICACIÓN A PLÁNTULAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum*)

Daniel Montero Perea^{104*} y Brenda Lisaania González Martínez

Resumen

El presente trabajo muestra los resultados de la extracción, purificación y obtención de una fitohormona de crecimiento llamada Auxina (AIA), la cual se encuentra en la semilla de lenteja. La recuperación de la fitohormona se llevó a cabo mediante los procesos de hidratación, germinación, molienda, filtración, centrifugación y deshidratación. Todo esto para la formulación de un fertilizante orgánico y su evaluación a diferentes concentraciones (50, 75 y 100%) en plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) contra los efectos de un fertilizante inorgánico. La aplicación de los fertilizantes se llevó a cabo durante cinco semanas, tomando medidas de las plántulas para su registro. Los resultados se analizaron mediante un ANOVA y la prueba DMS para la comparación de medias. Los tratamientos que arrojaron mejores resultados fueron el fertilizante inorgánico y el fertilizante orgánico a una concentración del 100%. Estos tratamientos favorecieron el crecimiento de las plántulas de jitomate. Se recomienda el uso de este fertilizante orgánico, ya que es menos agresivo con el medio ambiente, no contamina aguas subterráneas por el drenado del mismo y a su vez, su degradación es mediante un proceso natural de descomposición.

Palabras clave: fitohormona de crecimiento, auxina, L-triptofano, AIA

Introducción

Hoy día los suelos agrícolas están empobrecidos por el uso excesivo de maquinaria, aplicación de fertilizantes de síntesis química, plaguicidas y agua de riego de mala calidad; las prácticas anteriores ocasionan disminución de la biodiversidad y contenido de materia orgánica, daño de la estructura y aumento de la compactación del suelo, debido a esto las plantas son más vulnerables al ataque de plagas y enfermedades, por esta situación en

¹⁰⁴ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Unidad Académica Altotonga.

* daniel.montero@utgz.edu.mx

muchos cultivos se están implementando el uso de fertilizantes orgánicos con distintos fines, como es la altura de plantas, incremento en el grosor del tallo y en el tamaño del fruto.

Lo anterior nos refleja que si podemos implementar un fertilizante orgánico a nuestros suelos y cambiar la tradición del uso de fertilizantes químicos que nos han ocasionado tantos problemas ambientales. Pareciera que en actualidad no se puede producir si no aplicamos químicos, pero existen diversas experiencias que demuestran lo contrario, tal es el caso de china que producen orgánicamente varios cultivos, entre ellos el arroz y por ello hoy en día es un país que crece potencialmente empleando la agricultura orgánica.

El uso de fertilizantes químicos cada vez se hace más costoso por su elevado precio, lo cual genera a los agricultores gastos económicos notables y el uso de fertilizantes orgánicos a base de diferentes reguladores de crecimiento (fitohormonas) abate estos costos de producción. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue formular un fertilizante orgánico a base una hormona de crecimiento llamada "Auxina" extraída de germinados de lenteja, y evaluar su efecto en el crecimiento de plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum*)

Materiales y métodos

La extracción, purificación de la hormona de crecimiento (auxina) y la formulación del fertilizante, se llevó a cabo en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Unidad Académica Altotonga, en el periodo enero-abril de 2017. A continuación, se describen las actividades realizadas para lograr el objetivo:

1. Hidratación de semillas que contienen la hormona de crecimiento

Se llevó a cabo la compra de la materia prima (semilla) que contiene al regulador de crecimiento. Posteriormente se colocó 1 kg de semilla en 500 mL de agua, para que esta pudiera hidratarse y así activar la señal de germinación.

2. Germinación de semillas

Después de que las semillas fueron hidratadas durante ocho horas, se colocaron bajo las condiciones adecuadas (luz y temperatura) para dar comienzo a la germinación. Este proceso tuvo una duración de siete a 10 días.

3. Proceso de molienda para la liberación de la hormona

Posterior al tiempo de germinación necesario, se obtuvieron brotes mayores a los 0.5 cm. La aparición de los brotes se debe a que la hormona de crecimiento se activó y dio comienzo al

crecimiento para generar una plántula. Hecho esto, se procede a detener el crecimiento del brote, sometiéndolo a una molienda para romper células y así liberar la auxina.

4. Filtrar impurezas

Una vez finalizado el proceso de molienda, se continúa con la captación de impurezas mediante un tamiz, esto para evitar que el extracto contenga algunos sólidos en suspensión.

5. Centrifugar la mezcla y deshidratar el sedimento

Al resultado de la filtración, se obtuvo una mezcla de consistencia lechosa y de color crema. Esta misma mezcla se centrifugó durante 10 minutos, para que la fitohormona lograra sedimentarse al fondo de los tubos de ensaye. Enseguida se llevó el sedimento a cajas Petri para su deshidratación. La deshidratación fue necesaria para asegurarse que la fitohormona no contenga humedad y evitar la contaminación bacteriana.

6. Formulación del fertilizante a diferentes concentraciones

Cuando se obtuvo la fitohormona deshidratada, se continuó con la formulación del extracto a diferentes concentraciones, las cuales fueron: 50, 75 y 100%, para su evaluación y obtener los mejores resultados en cuanto al rendimiento.

7. Evaluación del fertilizante a diferentes concentraciones

Las tres concentraciones del extracto, hecho a base de la hormona de crecimiento (auxina), fueron comparadas entre sí y con un cuarto tratamiento (fertilizante sintético). Los fertilizantes antes mencionados fueron aplicados a plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum*), con el fin de identificar la concentración adecuada que promueva el mejor crecimiento de las plántulas.

8. Aplicación del diseño experimental

Antes de aplicar el fertilizante, se midieron las alturas de las plántulas a tiempo cero. Posteriormente se aplicaron los tratamientos semanalmente, con registro de los datos, durante 5 semanas. Los resultados se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza y la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa) para identificar las diferencias entre tratamientos.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se muestran en la Cuadro 1. La altura de las plántulas de jitomate realizadas durante cinco semanas, muestran que el mejor tratamiento es el inorgánico, seguido del orgánico en concentraciones del 100 y 50%.

Cuadro 1 Registro de altura de las plántulas de jitomate.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Inorgánico	8.15	9.8	10.64	11.27	14.41
Orgánico (50%)	5.96	8.98	11.03	11.73	13.07
Orgánico (75%)	5.4	5.87	6.57	7.22	7.95
Orgánico (100%)	8.05	8.46	9.99	12.61	13.9

La Figura 1 muestra el estado de las plantas tratadas con fertilizante inorgánico y orgánico.



Figura 1 Cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*) tratado con fertilizante inorgánico y fertilizante orgánico (a diferentes concentraciones).

En base al registro de los datos, se implementaron una serie de cálculos para determinar los valores de la tabla ANOVA (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Cálculos de las sumatorias y promedios para determinar el ANOVA.

n	Σy_i	Σy_i^2	Σy_{ij}^2	prom	k	n
5	54,27	2945,2329	610,3331	10,854	4	5
5	50,77	2577,5929	546,2407	10,154		
5	33,01	1089,6601	222,1127	6,602		
5	53,01	2810,0601	588,3963	10,602		
Σ	191,06	9422,546	1967,0828			

Cuadro 3. Obtención de los parámetros del ANOVA.

ANOVA				
FV	SC	gl	CM	F0
Tratamientos	59,31302	3	19,771007	3,8309594
Error	82,5736	16	5,16085	
Total	141,88662	19		

De acuerdo a los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis inicial y se concluye que al menos uno de los tratamientos es diferente.

Con la conclusión anterior se opta por implementar el método DMS para determinar cuáles son los tratamientos que son iguales y que son los que arrojan mejores resultados, ver fórmula 5.1

$$DMS = t_{\alpha, glE} \sqrt{\frac{2CME}{n}}$$

Fórmula 5.1 Obtención de DMS

Al aplicar la fórmula anterior, se obtienen los tratamientos que mejor dan resultados. Que de acuerdo con el registro de datos son el tratamiento inorgánico y el orgánico a una concentración del 100%.

Conclusiones

El uso de fertilizante orgánico favorece el crecimiento de las plantas, con menor impacto en el medio ambiente.

Agradecimientos

El presente proyecto fue apoyado por la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Unidad Académica Altotonga por tal motivo extiendo mi agradecimiento, y en especial a la M. en C. Julissa B. Perea García por su confianza al creer en la realización de este proyecto, así como en los productos que se están formulando en el Programa Educativo TSU en Agrobiotecnología Área Vegetal.

Literatura consultada

Albert, A. 1999. Aplicaciones de la Biotecnología en el mundo actual México, México Vida rural No. 79

BIOPLANET. 2000. Conceptos básicos en Biotecnología Madrid, España

Murillo, R. 2002. Manual de prácticas de la materia de introducción a la biotecnología vegetal México, México Chapingo.

Pierik, R. L. 1990. Cultivo in vitro de las plantas superiores Madrid, España, Mundi prensa.

EFFECTO DE LA PODA SOBRE LA MORFOLOGÍA DEL FRUTO DE *Jatropha curcas* L.

Olivia Palacios-Wassenaar¹⁰⁵, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez¹⁰⁵, Arturo Pérez-Vázquez^{106*} y Odilón Sánchez-Sánchez¹⁰⁷

Resumen

Jatropha curcas es una especie multipropósito originaria de América tropical, cuyo cultivo se ha extendido a diversas regiones del mundo, principalmente por su potencial como bioenergético. Sin embargo, los rendimientos han sido inferiores a lo esperado por diversos problemas, entre los que destaca su variabilidad y la falta de recomendaciones de manejo agronómico para su cultivo. Entre las recomendaciones de manejo se ha sugerido la poda de las plantas. En el presente estudio se hace una evaluación del efecto de la poda sobre la morfología de los frutos de esta especie. Se evaluaron dos procedencias del estado de Veracruz (02 – Actopan y 45 – Amatlán de los Reyes) en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver. Se colectaron los frutos durante la época productiva (julio a diciembre) y se midieron las variables peso del fruto, largo del fruto, número de semillas y peso de la semilla fresca. Se aplicó una prueba de t de dos colas con un nivel de significancia de 5% y ANOVA de dos vías para determinar las diferencias entre procedencias y tratamientos. Se encontró que la poda generó un incremento en todas las variables evaluadas en ambas procedencias, a excepción del número de semillas en la de Actopan, y que las procedencias son diferentes entre sí, siendo la 45 mayor en largo y peso del fruto, así como en el peso de la semilla. Se concluye que la poda es un elemento de manejo agronómico que favorece las características del fruto y el peso de la semilla en ambas procedencias.

Palabras clave: poda, manejo agronómico, *Jatropha curcas*, morfología frutal

Introducción

Jatropha curcas es una especie multipropósito originaria de América tropical, cuyo cultivo se ha extendido a diversas regiones del mundo, principalmente por su potencial como

¹⁰⁵El Colegio de Veracruz.

¹⁰⁶ ²Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz.

¹⁰⁷ ³Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana.

* parturo@colpos.mx

bioenergético (Cano-Asseleih et al., 1989). El establecimiento de este cultivo en México ha presentado diversas dificultades, entre ellas, la baja productividad y la ausencia de estrategias agrícolas suficientemente evaluadas en el país (Valdés et al., 2014). Incluso a nivel mundial, las prácticas de cultivo para *J. curcas* están poco documentadas (Behera et al., 2010). Una de las acciones de manejo agronómico más recomendadas para el cultivo comercial de árboles frutales es la poda, debido a que genera efectos beneficiosos sobre la arquitectura de la planta, estimula un desarrollo más sano, tiene efecto rejuvenecedor y mejora la productividad en condiciones de estrés hídrico y nutrimental (Tahir y Kamran, 2002). Algunos autores han encontrado, además, que la poda tiene efectos positivos sobre el tamaño y peso de los frutos (Chitkara et al., 1991; Suleman et al., 2005; Kumar et al., 2010; Bhagawati et al., 2015). En el caso de *J. curcas*, esta práctica se encuentra recomendada en los manuales para el cultivo (Alfonso, 2008; Valdés y Pérez, 2014), pero se desconocen estudios acerca de su impacto sobre la morfología de los frutos. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto de la poda sobre el largo y peso del fruto, número de semillas y peso de la semilla fresca en dos procedencias de *J. curcas* del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el banco de germoplasma del Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz, ubicado en Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, en la zona central del estado. Las coordenadas geográficas de ubicación son 19°11'14.92" LN y 96°20'47.03" LO; la altitud del sitio es de 19 m. El clima es cálido seco con una temperatura promedio de 25°C y precipitación pluvial de 1,239 mm anuales; el suelo es de tipo franco arcillo-arenoso. El banco de germoplasma se estableció a partir de esquejes provenientes de diversas localidades del estado de Veracruz, en el año 2012, el cual está constituido por plantas de 20 procedencias con 20 repeticiones cada una, separadas 3 m entre pasillos y 2 m entre plantas, para una densidad de 1,666 plantas ha⁻¹. El manejo agronómico realizado consistió en la poda de las plantas a evaluar a principios del año; se realizaron chapeos periódicos para el control de malezas y no se aplicaron agroquímicos, ni riego.

Las plantas a evaluar se seleccionaron al azar entre las disponibles para las dos procedencias: 02 - Actopan y 45- Amatlán de los Reyes; fueron podadas (T1) en febrero de 2016 y se cosecharon frutos a lo largo del período productivo (julio a diciembre del mismo año). Se cosecharon igualmente los frutos de plantas control sin podar (T0) de las mismas procedencias. Los frutos recién cosechados se midieron con vernier digital (precisión de 0.01 mm) y se pesaron en balanza analítica (precisión de 0.0001 g). Cada fruto fue abierto para

contar el número de semillas y registrar el peso de las mismas. El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva y la prueba t para dos muestras con nivel de significancia de 5%; adicionalmente se ejecutó un ANOVA de dos vías para detectar las diferencias entre procedencias y tratamientos. Para las pruebas se utilizó el programa SigmaPlot 10.0.

Resultados y discusión

La longitud y peso promedio de los frutos se presentan en los Cuadros 1 y 2. En ambas procedencias la poda generó un incremento en estas variables, con diferencias estadísticamente significativas con relación al control ($p < 0.05$) (Figuras 1 y 2).

Cuadro 1. Longitud promedio \pm desviación estándar (D.E.) del fruto de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm D.E. (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)
Actopan	T0	30.7 \pm 2.45	24.8	34.7
	T1	32.7 \pm 1.41	29.7	36.0
Amatlán de los Reyes	T0	34.4 \pm 2.54	30.1	41.1
	T1	35.3 \pm 2.56	26.9	39.7

Cuadro 2. Peso promedio \pm desviación estándar (D.E.) del fruto de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm D.E. (g)	Valor mínimo (g)	Valor máximo (g)
Actopan	T0	12.4 \pm 2.81	5.9	17.4
	T1	14.6 \pm 1.72	10.8	19.4
Amatlán de los Reyes	T0	12.5 \pm 2.24	8.5	18.7
	T1	13.6 \pm 2.36	7.1	18.4

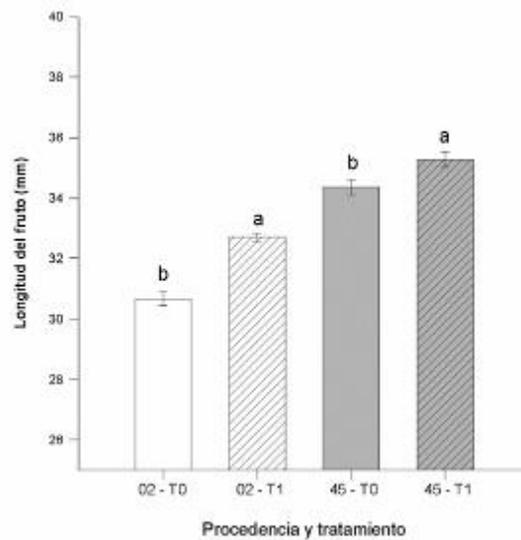


Figura 1. Longitud del fruto de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento (Promedio \pm error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

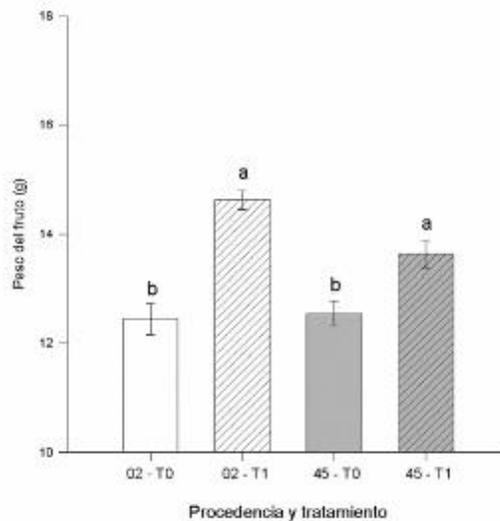


Figura 2. Peso del fruto de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento (Promedio \pm error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Lo anterior coincide con lo que diversos autores han reportado con relación al efecto de la poda sobre el tamaño y peso de los frutos en los cultivos de durazno (*Prunus persica* L.) (Kumar et al., 2010), guayaba (*Psidium guajava* L.) (Tahir y Kamran, 2002; Suleman et al., 2005; Bhagawati et al., 2015) y manzana (*Malus domestica* Borkh) (Bound y Summers, 2001). Por esta razón, se considera que en el caso de *J. curcas*, las plantas tuvieron frutos más grandes y pesados al eliminarse las partes débiles, enfermas o dañadas (Tahir y Kamran, 2002).

El número promedio de semillas por fruto (Cuadro 3) presentó diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0.05$) en el caso de la procedencia de Amatlán de los Reyes, donde la poda incrementó esta variable. Sin embargo, la procedencia de Actopan presentó un mayor número promedio de semillas por fruto en T0 (control) ($p < 0.05$) (Figura 3).

Cuadro 3. Número de semillas de *Jatropha curcas* por fruto por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm D.E.	Valor mínimo	Valor máximo
Actopan	T0	2.9 \pm 0.39	2	4
	T1	2.9 \pm 0.36	1	3
Amatlán de los Reyes	T0	2.3 \pm 0.54	1	3
	T1	2.8 \pm 0.49	1	4

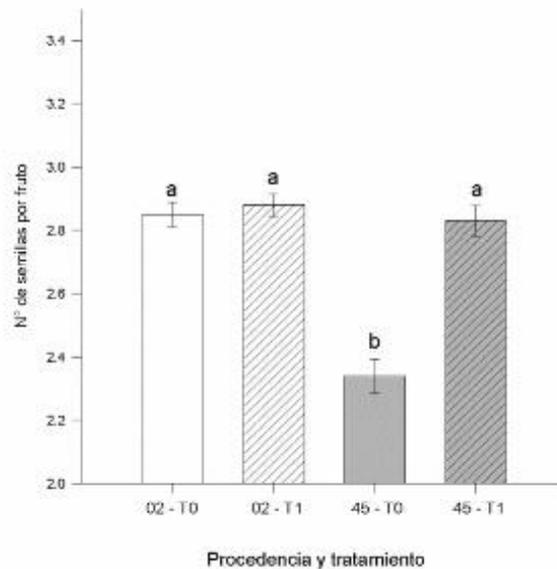


Figura 3. Número de semillas por fruto de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento (Promedio \pm error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Por otro lado, la poda incrementó el peso de la semilla fresca (Cuadro 4), con diferencias estadísticamente significativas entre procedencias y entre los tratamientos ($p < 0.05$) (Figura 4).

Cuadro 4. Peso fresco de una semilla de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento.

Procedencia	Tratamiento	Promedio \pm D.E.	Valor mínimo	Valor máximo
		(g)	(g)	(g)
Actopan	T0	1.1 \pm 0.24	0.6	1.6
	T1	1.3 \pm 0.12	1	1.7
Amatlán de los Reyes	T0	1.3 \pm 0.16	1	1.6
	T1	1.4 \pm 0.15	1	1.7

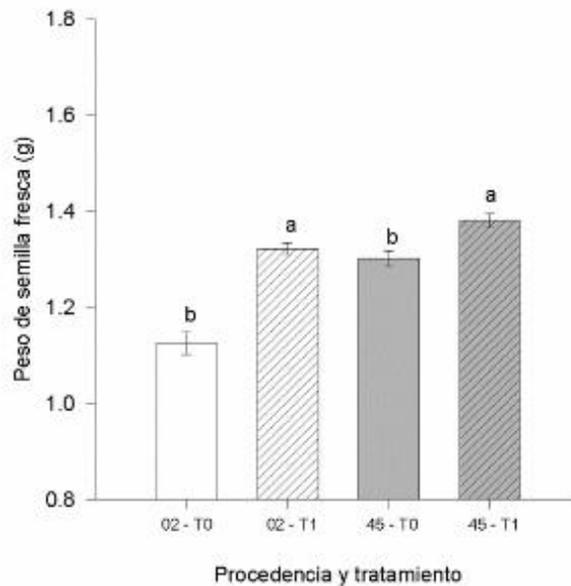


Figura 4. Peso de semilla fresca de *Jatropha curcas* por procedencia y tratamiento (Promedio \pm error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, la poda es una práctica de manejo agronómico recomendable para el cultivo de *J. curcas*, ya que incrementa la longitud y peso de los frutos, así como el peso de las semillas, por lo que se estima que mejore la productividad. Por otro lado, entre las procedencias evaluadas se presentaron diferencias en cuanto al número y peso de las semillas, destacando la de Actopan, lo cual puede ser la base para estudios posteriores con fines de mejoramiento genético para el cultivo comercial de esta especie.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la Línea Prioritaria de Investigación 3 del Colegio de Posgraduados Campus Veracruz, en mano de obra en campo y la oportunidad de trabajar en sus instalaciones. Al CONACYT por la beca de estancia posdoctoral de Olivia Palacios-Wassenaar. Al CITRO por el préstamo de la balanza analítica y vernier digital.

Literatura citada

- Alfonso, B. J. A. 2008. Manual para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*) en Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Centro de Comunicación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras. 35 p.
- Behera, S. K., P. Srivastava, R. Tripathi, J. P. Singh and N. Singh. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. *Biomass Bioenergy* 34(1):30-41.
- Bhagawati, R., K. Bhagawati, V. K. Choudhary, D. J. Rajkhowa and R. Sharma. 2015. Effect of pruning intensities on the performance of fruit plants under mid-hill condition of Eastern Himalayas: Case study on guava. *ILNS* 46:46-51.
- Bound, S. A. and C. R. Summers. 2001. The effect of pruning level and timing on fruit quality in red 'Fuji' apple. *Acta Hort.* 557:295-302.
- Cano-Asseleih, L. M., R. A. Plumbly and P. J. Hylands. 1989. Purification and partial characterization of the hemagglutination from seeds of *Jatropha curcas*. *J. Food Biochem.* 13:1-20.
- Chitkara, S. D., R. K. Arora and R. K. Sharma. 1991. Effect of various levels of pruning on physico-chemical characters of fruit in Flordasun peach. *Haryana J. Hort. Sci.* 20(3-4):189-192.
- Kumar, M., V. Rawat, J. M. S. Rawat and Y. K. Tomar. 2010. Effect of pruning intensity on peach yield and fruit quality. *Sci. Hort.* 125(3):218-221.
- Suleman, M., J. R. Sharma, R. Kumar and R. D. Panwar. 2005. Influence of pruning severity on yield and quality of guava. *Haryana J. Hort. Sci.* 34(3-4):214-215.
- Tahir, F. M. and H. Kamran. 2002. Studies of physicochemical changes due to fruit thinning in guava (*Psidium guajava* L.). *OJBS* 2(11):744-745.

Valdés, R. O. A. y A. Pérez V. 2014. Trasplante y manejo en campo. p. 13-19. In: Pérez, V. A., O. A. Valdés R. y E. García P. (eds.). Manual de buenas prácticas para el cultivo de *Jatropha curcas* L. Colegio de Postgraduados. Manlio Fabio Altamirano, Ver., México.

Valdés, R. O. A., A. Pérez V. y C. Muñoz G. 2014. Drivers and consequences of the first *Jatropha curcas* plantations in Mexico. *Sustainability* 6(6):3732-3746.

NIVELES DE FERTILIZACION, VARIABLES ECONOMICAS Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DEL CHILE CERA (*Capsicum pubescens* R y P)

Esteban Joaquín Medina^{108*}, Verónica Torres Valencia¹⁰⁸, Rolando Rueda Luna¹⁰⁹ y Floriberto Gonzalez Ortíz¹¹⁰

Resumen

El chile cera es un cultivo que tiene gran importancia en el municipio de Chignautla puebla, ya que genera mano de obra y recursos económicos al productor, aunque se cultiva de manera tradicional, el objetivo de este trabajo fue evaluar su producción así como introducir la técnica de la fertilización con los tres principales nutrientes que la planta necesita. Se consideraron 15 dosis de fertilización y cada una de ellas fue un tratamiento, se determinó la dosis óptima económica tanto de capital limitado como ilimitado, para así tener alternativas que ofrecer a los productores; se obtuvo que el rendimiento estuvo afectado por los tratamientos o dosis de fertilización ya que entre el rendimiento más alto y más bajo existe una diferencia de 2449.16 kg por lo que el cultivo es sensible a la fertilización química.

Introducción

El chile cera es una especie introducida de América del sur (Domínguez, 1989). En México se le encuentra principalmente en los huertos familiares, en regiones que van de 1,700 a 2,400 msnm, en lugares templados a fríos. Como ejemplo de estos se tiene a San Cristóbal, Motozintla y la Grandeza en el estado de Chiapas, Zacapoaxtla y Tlatlauquitepec en el estado de Puebla. Sultepec, Tenancingo y Temaxcaltepec, entre otros en el Estado de México. (Domínguez, 1989).

El chile cera está adquiriendo importancia económica en la región de Chignautla, por lo tanto, es necesario generar información que sirva para cultivar esta especie a escala comercial, ya que proporciona ingresos atractivos al productor con un buen manejo de la fertilización. El chile cera es una especie muy particular ya que solamente se adapta en lugares fríos en

¹⁰⁸BUAP, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Domicilio Concido, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

¹⁰⁹ Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas BUAP.

¹¹⁰ Estudiante. Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

* joaquinm71@hotmail.com

donde inclusive puede tolerar heladas y en donde ninguna otra especie de chile próspera (Jiménez, 1989).

Chignautla Puebla es una zona apta para este cultivo, es por eso que se hace necesario evaluar la respuesta del cultivo a la aplicación de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio y que los productores cuenten con una dosis económica que les permita incrementar su producción.

En el presente trabajo se evaluaron diferentes dosis de fertilización en el cultivo del chile cera para así obtener la dosis óptima económica tanto de capital limitado como de ilimitado, además de generar recomendaciones de manejo del cultivo.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la comunidad de Tequimila en el Municipio de Chignautla Puebla, dicho municipio se encuentra localizado en la parte Noreste del Estado, sus coordenadas geográficas son 19°39' 18" y 19°51' 12" de LN y 97°22'18" y 97°29'24" de LO. El municipio se ubica dentro de los climas templados de la sierra norte; presentándose un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media anual de 15°C. El municipio presenta suelos pertenecientes a tres unidades que son el andosol, regosol y el litosol. Se presentan zonas boscosas, generalmente reducidas y aisladas al sur y extremo norte, están constituidas por bosques de pino, asociaciones de pino encino. El relieve está constituido por sierras mas o menos individuales, paralelas, comprimidas, las unas con las otras formando grandes o pequeñas altiplanicies. (Secretaría de Gobernación, 1988).

La semilla que se utilizó fue recolectada de una plantación local, seleccionando las mejores plantas en cuanto a color, sanidad y porte. Posteriormente entre las plantas se seleccionaron los mejores frutos en cuanto a color y tamaño.

Para la producción de plántula se utilizó un invernadero rústico y se construyeron camas para realizar el semillero, el sustrato que se utilizó fue tierra común y tierra de monte, con una relación 1:2.

Cuando las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas fueron transplantadas a bolsa de vivero, hasta que las plantas obtuvieron la altura necesaria para el trasplante definitivo en la parcela. Antes del establecimiento de las plantas en el terreno se realizaron las labores previas de preparación del terreno consistiendo en un barbecho y rastreo principalmente.

El trasplante se llevó a cabo cuando la planta tenía una altura entre 40 y 50 cm. La distancia de plantación fue de 2.5 m entre surcos y 2 m entre plantas, con una densidad de plantación de 2000 plantas por ha.

Se realizaron cuatro aplicaciones de fertilización, cada 50 días de las diferentes dosis de fertilizantes distribuidas en los meses de mayo, julio, septiembre, octubre y noviembre. Se realizó la fertilización foliar cada 25 días a partir del mes de mayo, así como también la colocación de tutores en el mes de agosto. Se controló la mosquita blanca con la aplicación de insecticida a una dosis de 10 mL por litro de agua, así como de manera preventiva se aplicó malation en la misma dosis.

Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar, utilizando 15 tratamientos y cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por tres plantas. Los factores de estudio fueron el nitrógeno, fósforo y potasio con cuatro niveles cada uno. En el Cuadro 1 se presentan las dosis de fertilización empleadas en este trabajo.

Cuadro 1. Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio de cada uno de los tratamientos para la fertilización del chile cera.

Tratamientos	Dosis de fertilización kg ha ⁻¹		
	Nitrogeno	Fosforo	Potasio
1	67	33	67
2	67	33	133
3	67	67	67
4	67	67	133
5	133	33	67
6	133	33	133
7	133	67	67
8	133	67	133
9	0	33	67
10	200	67	133
11	67	0	67
12	133	100	133
13	67	33	0
14	133	67	200
15	200	100	200

Las fuentes de fertilizantes fueron la urea (46-0-0), superfosfato triple de calcio (0-46-0), cloruro de potasio (0-0-60) y nitrato de potasio (15-0-14).

Resultados y discusión

Rendimiento

En la Figura 1 se observa que el rendimiento de chile cera es afectado por la aplicación de diferentes dosis de fertilización, los tratamientos que obtuvieron mejores rendimientos son el T2, con la dosis 67-33-133 con un rendimiento de 5,374 kg ha⁻¹, T12 con una dosis de 133-100-133, con un rendimiento de 6, 081 kg ha⁻¹.

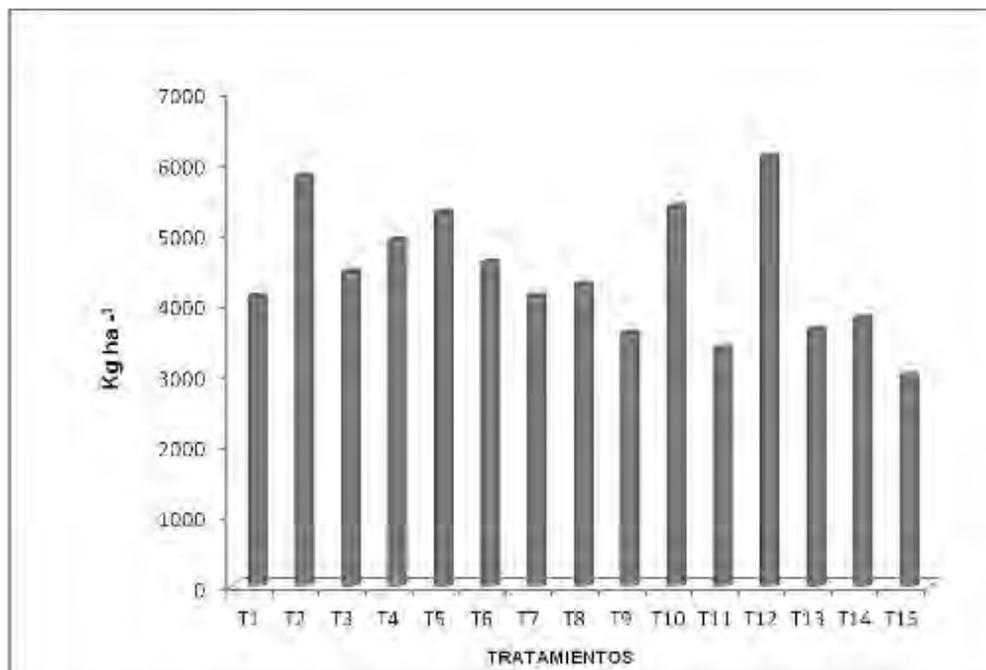


Figura 1. Rendimientos en kg ha⁻¹ de cada uno de los tratamientos o dosis de fertilización en el cultivo de chile cera.

En el Cuadro 2 se presentan los costos de producción de una hectárea de chile cera considerando desde la producción de plántula, el establecimiento del cultivo, cuidados durante el desarrollo, así como de insumos necesarios para el desarrollo de la plantación.

Cuadro 2. Relación de costos fijo de produccion de una hectárea de chile cera.

Costos fijos produccion de plantula				
Concepto	Unidad de medida	Jornales por ha	Costo unitario	Costo total
Selección de semilla	JORNAL	0.25	\$ 70.00	\$ 17.50
Preparación de semillero	JORNAL	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Siembra del semillero	JORNAL	0.5	\$ 70.00	\$ 35.00
Manejo del semillero	JORNAL	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Bolsa de 20 x 20 cm	Kg	20	\$ 20.00	\$ 400.00
Abono orgánico	Kg	1000	\$ 8.00	\$ 8,000.00
Llenado de bolsas	JORNAL	10	\$ 70.00	\$ 700.00
Trasplante	JORNAL	2	\$ 70.00	\$ 140.00
Riego	JORNAL	3	\$ 70.00	\$ 210.00
Manejo del Vivero	JORNAL	3	\$ 70.00	\$ 210.00
Total				\$ 9,852.50
Establecimiento del cultivo				
Barbecho	JORNAL	20	\$ 70.00	\$ 1,400.00
Rastra	JORNAL	5	\$ 70.00	\$ 350.00
Trasplante	JORNAL	20	\$ 70.00	\$ 1,400.00
Riegos	JORNAL	22	\$ 70.00	\$ 1,540.00
Escarda	JORNAL	48	\$ 70.00	\$ 3,360.00
Colocación de tutores	JORNAL	16	\$ 70.00	\$ 1,120.00
Total				\$ 9,170.00
Desarrollo				
Fertilización	JORNAL	60	\$ 70.00	\$ 4,200.00
Fertilización foliar	JORNAL	12	\$ 70.00	\$ 840.00
Control de plagas y enfermedades	JORNAL	2	\$ 70.00	\$ 140.00
Cosecha	JORNAL	45	\$ 70.00	\$ 3,150.00
Total				\$ 8,330.00
Insumos				
Ultrafol	LITRO	1	\$ 40.00	\$ 40.00
Saf-T-Side	LITRO	1	\$ 65.00	\$ 65.00
Malation	LITRO	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Captan	Kg	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Cupravit	Kg	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Total				\$ 295.00
TOTAL COSTOS FIJOS				\$ 27,647.50

Los costos fijos de producción para una hectárea de chile cera son de \$27,647.5 por lo tanto en el Cuadro 3 se presentan los costos de los fertilizantes utilizados, así como el costo por unidad de elemento que son el nitrógeno, fósforo y potasio.

Cuadro 3. Costos de los fertilizantes para el establecimiento de una hectárea de chile cera.

Fertilizantes	Unidad de medida	Costo unitario	Costo kg del elemento
Urea	Tonelada	\$ 2,540.00	\$ 5.52 kg de N
Superfosfato de Ca	Tonelada	\$ 2,280.00	\$ 4.95 kg de P
Cloruro de potasio	Tonelada	\$ 2,100.00	\$ 3.50 kg de K

En el Cuadro 4 se presentan las variables que se utilizaron para determinar la dosis óptima económica y esta fue de la siguiente manera; con los rendimientos obtenidos en cada dosis de fertilización evaluada y el precio promedio de venta por kilogramo de chile cera siendo este de \$7.7 pesos, se calculó el ingreso total (IT).

Cuadro 4. Variables a considerar para determinar la dosis óptima económica tanto de capital limitado como ilimitado.

T	N	P	K	REND	IT	CF	CV	CT	IN
1	67	33	67	4103.32	\$ 31,595.56	\$ 27,647.50	\$ 766.04	\$ 21,213.54	\$ 10,382.02
2	67	33	133	5805.78	\$ 44,704.51	\$ 27,647.50	\$ 997.04	\$ 21,444.54	\$ 23,259.97
3	67	67	67	4453.62	\$ 34,292.87	\$ 27,647.50	\$ 932.64	\$ 21,382.14	\$ 12,912.73
4	67	67	133	4899.15	\$ 37,723.46	\$ 27,647.50	\$ 1,163.64	\$ 21,611.14	\$ 16,112.32
5	133	33	67	5292.01	\$ 40,748.48	\$ 27,647.50	\$ 1,130.36	\$ 21,577.86	\$ 19,171.62
6	133	33	133	4586.65	\$ 35,317.21	\$ 27,647.50	\$ 1,361.36	\$ 21,808.86	\$ 13,508.35
7	133	67	67	4104.14	\$ 31,601.88	\$ 27,647.50	\$ 1,296.96	\$ 21,744.46	\$ 9,857.42
8	133	67	133	4266.66	\$ 32,852.28	\$ 27,647.50	\$ 1,527.96	\$ 21,975.45	\$ 10,877.82
9	0	33	67	3580.81	\$ 27,572.24	\$ 27,647.50	\$ 396.20	\$ 20,843.70	\$ 6,728.54
10	200	67	133	5374.16	\$ 41,381.03	\$ 27,647.50	\$ 1,897.80	\$ 22,345.30	\$ 19,035.73
11	67	0	67	3369.77	\$ 25,947.23	\$ 27,647.50	\$ 604.34	\$ 21,051.84	\$ 4,895.39
12	133	100	133	6081.66	\$ 46,828.78	\$ 27,647.50	\$ 1,689.66	\$ 22,137.16	\$ 24,691.62
13	67	33	0	3632.5	\$ 27,970.25	\$ 27,647.50	\$ 531.40	\$ 20,976.04	\$ 6,991.21
14	133	67	200	3792.49	\$ 29,202.17	\$ 27,647.50	\$ 1,762.46	\$ 22,209.96	\$ 6,992.21
15	200	100	200	2981.64	\$ 22,958.63	\$ 27,647.50	\$ 2,294.00	\$ 22,741.50	\$ 217.13

T = Tratamientos, N = Nitrógeno, P = Fósforo, K = Potasio.

Los costos fijos (CF), son los totales que se obtuvieron del Cuadro 2, los Costos Variables (CV) resultan de multiplicar el costo por kilogramo de cada elemento por la concentración que tiene cada dosis de fertilización evaluada. El Costo Total (CT) es la suma de los costos fijos mas los costos variables; el Ingreso Neto (IN) resulta al restar el ingreso total menos el costo total. "T" representa los tratamientos y "REND" es el rendimiento de chile cera en kg ha⁻¹.

Para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado (DOECI), y la de capital limitado de acuerdo al CIMMYT (1988), se utilizó el siguiente criterio de que la DOECI es aquella que origina el máximo ingreso neto, en este caso corresponde al tratamiento 12 con las dosis de fertilización 133-100-133 que tiene un ingreso neto de \$24, 691.62, con un rendimiento medio de 6, 081.66 kg ha⁻¹.

La dosis óptima de capital limitado (DOECL), es aquella cuyos costos variables no superan la disponibilidad de capital de agricultor y que origine el mayor ingreso neto. Ejemplificando, un productor que tiene una disponibilidad de capital variable de \$ 1,000.00; la DOECL corresponde al tratamiento dos con la dosis de fertilización 67-33-133, con un ingreso neto de 23,259.97 y un rendimiento medio de \$5.805.78 kg ha⁻¹.

El tratamiento testigo (15), con la dosis de fertilización 200-100-200 que tiene los niveles mas altos de nitrógeno, fósforo y potasio, los rendimientos que se obtuvieron fueron de 2,981.64 kg ha⁻¹ con solo un ingreso neto de \$217.00.

Conclusiones

Con el presente trabajo se logró obtener una dosis capital limitado en donde se concluye que con el manejo que el productor hace de su cultivo se obtienen rendimientos que pueden ser mejorados si se maneja el aspecto de la fertilización y con únicamente \$ 1,000 de inversión en fertilizantes sus ingresos netos o ganancias serán de hasta \$ 23,000.00 en términos generales, por lo que se tiene de manifiesto que el manejo de la fertilización es fundamental para obtener mejores ingresos en el cultivo de chile cera, y la dosis que presentó los mejores rendimientos y por ende las mejores ganancias es la 67-33-133.

Literatura citada

CIMMYT. 1988. La formulacion de recomendaciones a partir de datos agronomicos: un manual metodologico de evaluacion economica. Edicion completamente revisada. Mexico, D. F.

Domínguez, V. A. 1996. Fertilización foliar en chile cera (*Capsicum pubescens* R y P) en Chapingo, México.

Jiménez, M. J. N. 1989. Aspectos generales sobre la germinación de semillas de chile cera *Capsicum pubescens* R y P). Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. México.

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Puebla. Los municipios de Puebla. Colección enciclopedia de los municipios de México. 1a ed. México.

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA INCIDENCIA Y DAÑO DEL GUSANO COGOLLERO EN MAÍZ DE OTOÑO-INVIERNO

Mileydi Santiago Urbano^{111*}, Carlos Alberto Tinoco Alfaro¹¹², José López Collado¹¹³, Luis Carlos Alvarado Gómez¹¹¹ y Juan Manuel Osorio Hernández¹¹⁴

Resumen

En la actualidad, el gusano cogollero es un problema fitosanitario, al que se enfrentan todos los agricultores que siembran maíz. Bajo un enfoque de sistemas, el objetivo de la presente investigación, fue identificar los factores que influyen sobre la incidencia y el daño de gusano cogollero. El estudio se realizó de octubre de 2016 a junio de 2017, en predios de cuatro agricultores que sembraron maíz en otoño-invierno, en la localidad de La Lajilla, municipio de Jáltipan, Veracruz. Cada productor sembró en fechas diferentes, las cuales comprendieron un periodo del 9 al 29 de diciembre de 2016. Para validar los resultados de esta plaga en las parcelas de los agricultores, se estableció un experimento, en el que se evaluaron cuatro fechas de siembra, en relación a cada una de las fechas establecidas por cada agricultor. La investigación comprendió tres factores de estudio, los cuales fueron: el patógeno, el manejo agronómico y el desarrollo de la planta. Para la colecta de datos del patógeno, se monitoreo a la plaga en sus diferentes fases de su ciclo biológico; la fase de adulto se estudió con la ayuda de trampas de luz y trampas de feromona; para la fase de huevecillos y larvas se realizaron monitoreos aleatorios con la metodología de cinco de oros, y para la de pupas, se utilizaron trampas pitfall. Para la información agronómica, se aplicaron bitácoras a los agricultores, en las que se recopilaron los datos puntuales de la siembra y manejo del maíz. Los datos anteriores también se obtuvieron del experimento de cuatro fechas de siembra.

Palabras clave: plaga, monitoreo, factores, trampas, agricultor

¹¹¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria.

¹¹² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

¹¹³ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

¹¹⁴ Reproducción Genética Avanzada S. A de C. V.

* mileydi_santiago@hotmail.com

Introducción

El cultivo de maíz es atacado aproximadamente por 60 especies de plagas, las cuales inciden desde la siembra hasta la cosecha, y también en su almacenamiento (Mac Gregor y Gutiérrez, 1983). De éstas, destaca el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), que es de gran importancia económica en el cultivo, pues tiene características polífagas, y muestra mayor interés en el maíz, por ser su hospedero principal, después del sorgo. Los daños más severos aparecen durante las etapas iniciales del desarrollo del maíz; a los 30 días después de la siembra, pueden llegar a ocasionar pérdidas de 30 a 64% de las plantas establecidas (CropLife, 2014), lo que impacta directamente en el rendimiento total del cultivo. El gusano o larva es la que provoca el daño principal en el cultivo, a través de su desarrollo, en el que pasa por seis estadios o instares. Al llegar al instar tres, el daño es más notable, pudiéndose encontrar lesiones en la epidermis de la hoja de 1.5 mm de diámetro y de 2 a 3 cm de largo; en esta etapa es más difícil su control, porque es cuando las larvas empiezan a introducirse al cogollo. Los constantes cambios en el comportamiento de las variables climáticas, el deficiente manejo agronómico del cultivo, la falta de asesoría y la limitada concientización de los agricultores sobre la importancia de esta plaga, han provocado que la presencia de la plaga no pueda identificarse a tiempo y se realice un uso excesivo y sin control de plaguicidas, lo que ha originado resistencia genética de esta plaga a diversos plaguicidas, provocando problemas económicos, ambientales y sociales (Morillo y Notz, 2001). La utilización de métodos de monitoreo y el muestreo de una plaga, permiten conocer aspectos relevantes sobre el patógeno (Bahena y Velázquez, 2012), para su control. Con base en lo anterior, en la presente investigación se tuvo objetivo identificar los factores que influyen sobre la incidencia y el daño del gusano cogollero en el cultivo de maíz, y proponer soluciones que permitan mitigar este problema, bajo un enfoque de sistemas, en el que se consideran acciones básicas, como conocer el ciclo biológico de la plaga, la relación que se tiene con el comportamiento del clima, el monitoreo del gusano cogollero durante el ciclo de cultivo y la influencia de las prácticas de cultivo sobre la presencia y daño del patógeno, en los diversos sistemas de producción; lo anterior permite minimizar la presencia de la plaga, incrementar los rendimientos de maíz y mejorar la rentabilidad del cultivo, además de generar una armonía ecológica, lo que dará la pauta, para tener un sistema de producción sustentable.

Materiales y métodos

Localización y ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la localidad de La Lajilla, ubicada en el municipio de Jáltipan de Morelos, en el sur del estado de Veracruz, en las parcelas de los productores: Agapito Nazario Torres, localizada a 17°52'22.94" de LN y 94°40'25.72" de LW; Indalesio Méndez Rodríguez, localizada a 17°52'28.77" de LN y 94°39'50.02" de LW; Abel Nazario Ramos, ubicada a 17°52'16.35" de LN y Crispín Santiago de la Cruz, ubicada a 17°52'17.25" de LN y 94°39'43.25" de LW. Para constatar la información obtenida en las parcelas de cada uno de los productores, también se realizó un experimento en la misma localidad.

Desarrollo del estudio

La investigación comprendió cuatro etapas: a) Monitoreo e identificación de los adultos (machos y hembras), b) Monitoreo de huevecillos y larvas en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, así como el daño de estas últimas sobre las plantas, c) Descripción y análisis de los sistemas de producción de los agricultores de la región, a través del levantamiento de bitácoras, relacionando el manejo del cultivo con la presencia y daño de la plaga y d) Recopilación de variables climáticas y determinación de su relación sobre la presencia del gusano cogollero. A continuación, se presenta la descripción de cada una de estas etapas:

a) Monitoreo e identificación de los adultos (machos y hembras)

Para la captura e identificación del sexo de adultos del gusano cogollero, se realizaron monitoreos en las parcelas de los productores y en el área experimental. El monitoreo de adultos se realizó de dos maneras, una con la utilización de trampas con feromonas sintéticas femeninas para *Spodoptera frugiperda* y otra con trampas de luz. Al final de la colecta, con el apoyo de claves entomológicas, se identificó el sexo de la palomilla nocturna, con la finalidad de evaluar la relación de machos - hembras dentro de un cultivo. Los datos se tomaron quincenalmente, se registraron en un formato y después se pasaron a archivos digitales. Las variables que se recabaron fueron: fecha, ubicación georeferenciada, estado fenológico de la planta, número de adultos capturados por la trampa, sexo y longitud (cm) de la plaga.

b) Monitoreo de huevecillos y larvas en diferentes etapas de desarrollo del cultivo y daño sobre las plantas

El monitoreo de huevecillos y larvas se realizó de manera sistémica, mediante un muestreo de cinco de oros. En el terreno cultivado con maíz se seleccionaron cinco puntos, tomando

en cuenta las cuatro esquinas y la parte media, y por cada punto de muestreo se revisaron 10 plantas. Con base en la presencia de adultos se determinaron las fechas para comenzar con los muestreos de presencia de huevecillos y larvas. Los datos se tomaron cada 15 días durante 60 días, los cuales se registraron en un formato y después se pasaron y analizaron en una base de datos de Excel.

El daño provocado por el gusano cogollero a las plantas de cada uno de los sitios de monitoreo, se determinó utilizando una escala que consta de nueve niveles de daños (1-9). Con ayuda de una guía impresa, se tomaron los datos en campo, y posteriormente se registraron en los mismos formatos que se utilizaron para huevecillos y larvas.

c) Análisis de los sistemas de producción de los agricultores

Con cada uno de los cuatro productores cooperantes, durante el ciclo del cultivo, se levantó una bitácora, en la que se recabó información específica, desde la preparación del terreno hasta la cosecha del cultivo; los datos obtenidos se pasaron a una base de datos de Excel, y se relacionó el manejo del cultivo, con la presencia y daño de la plaga.

d) Establecimiento de una parcela experimental con diferentes fechas de siembra, para complementar la información de las parcelas de los productores

Con la finalidad de validar la información obtenida en las parcelas de cada uno de los productores, se estableció un experimento, en el que se evaluaron cuatro fechas de siembra de maíz, cada una asociada con las que utilizaron los cuatro productores cooperantes.

Resultados y discusión

Monitoreo e identificación de los adultos (machos y hembras)

En la Figura 1 se muestra que la utilización de trampas con feromonas son las más efectivas para la captura de adultos, y que hay presencia de adultos, desde antes de la siembra del cultivo de maíz, lo cual indica que, en las parcelas, las plantas hospederas son muy importantes para la plaga, ya que les permite iniciar su ataque tan pronto emerjan las plantas de maíz. La distribución de adultos con los tres productores cooperantes fue muy similar; sin embargo, las mayores cantidades de adultos se obtuvieron en las parcelas de los productores Agapito Nazario Torres (ANT) y Abel Nazario Ramos (ANR). El comportamiento de adultos de gusano cogollero en las parcelas mostró resultados muy similares.

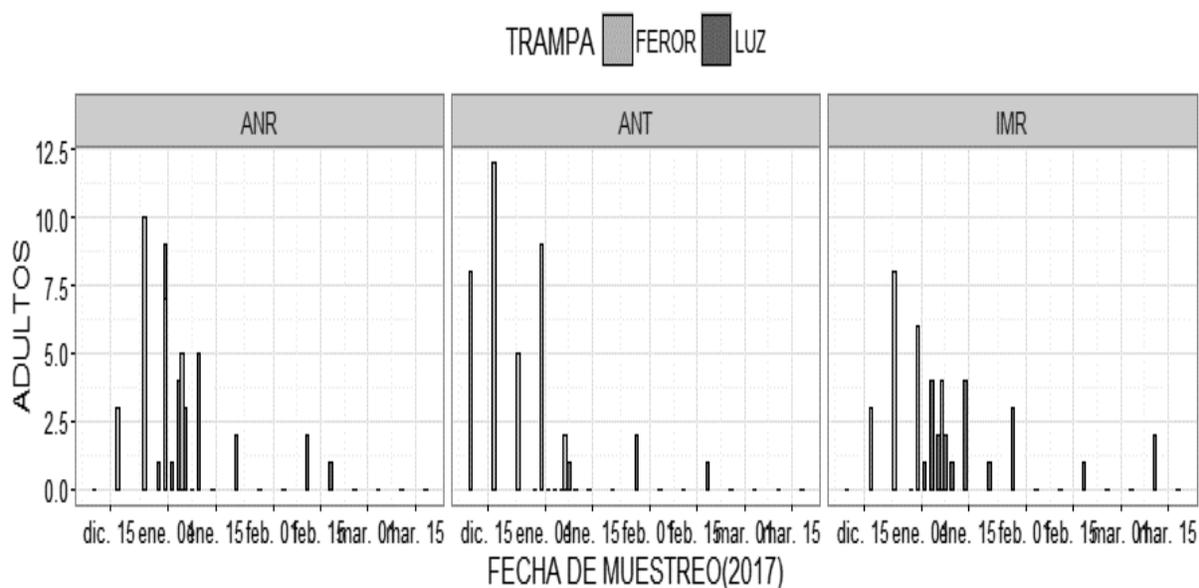


Figura. 1. Comparación de trampas en relación a la captura de adultos de gusano cogollero, por fecha de muestreo y productor cooperante.

En la Figura 2 se observa que en general, la mayor cantidad de adultos capturados fueron machos, y que la mayor captura de machos se realizó en el mes de enero en las parcelas de los productores Abel e Indalesio.

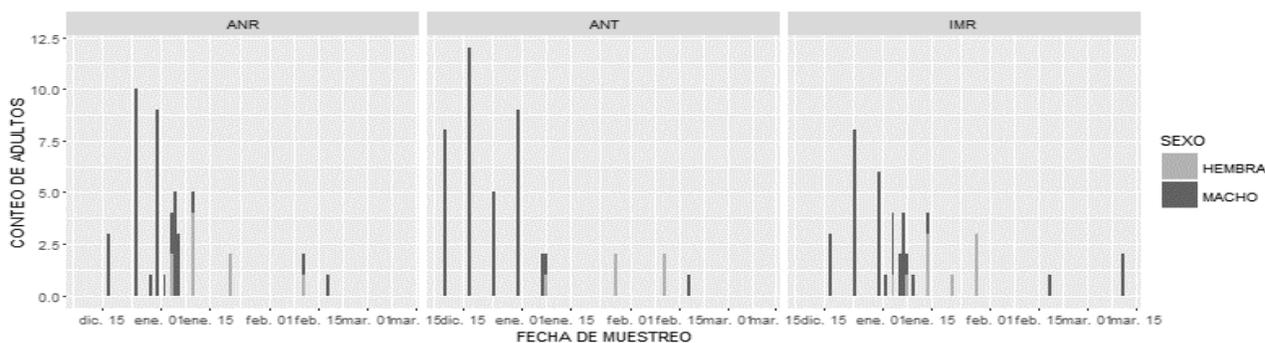


Figura 2. Relación de la cantidad de adultos capturados por sexo.

Monitoreo de huevecillos y larvas

De acuerdo a los monitoreos realizados durante el ciclo de cultivo, en los predios de los productores Crispín Santiago de la Cruz e Indalesio Méndez, se tuvo la mayor incidencia de larvas en todas sus fases durante la mayor parte del ciclo del maíz, especialmente en las fechas del 7 al 28 de enero. En las fases uno y dos se tuvieron las mayores cantidades de individuos, las cuales son las más dañinas para las plantas y las más adecuadas, para iniciar el control del gusano cogollero. A su vez, en la parcela del productor Abel Nazario se tuvo la menor incidencia de larvas, aun cuando las fechas de siembra fueron relativamente similares

a las de los otros dos productores. Este resultado indica, que el manejo del cultivo por cada productor es determinante en la presencia y daño de la plaga.

Mapas de distribución de las plagas

En la Figura 3 se observa que, en la parcela del productor Agapito Nazario Torres, en los puntos cercanos a áreas sin vegetación (noreste de la parcela), se tuvo la mayor cantidad larvas.

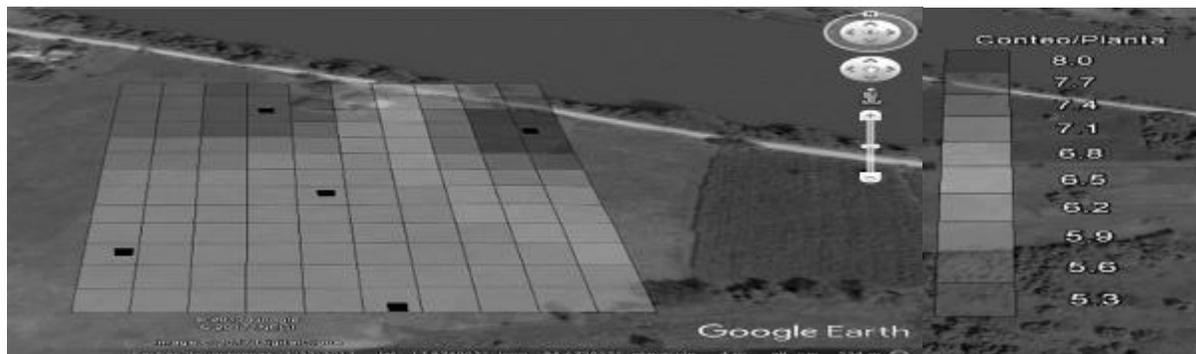


Figura 3. Distribución del conteo total por punto de muestreo durante el monitoreo de larvas en la parcela del productor Agapito Nazario Torres.

En el predio del productor Indalesio Méndez hubo una afectación de aproximadamente 15 plantas dañadas en el punto B (punto del sureste); y también, se encontró la mayor cantidad de larvas cerca de las áreas sin cultivo (Figura 4).

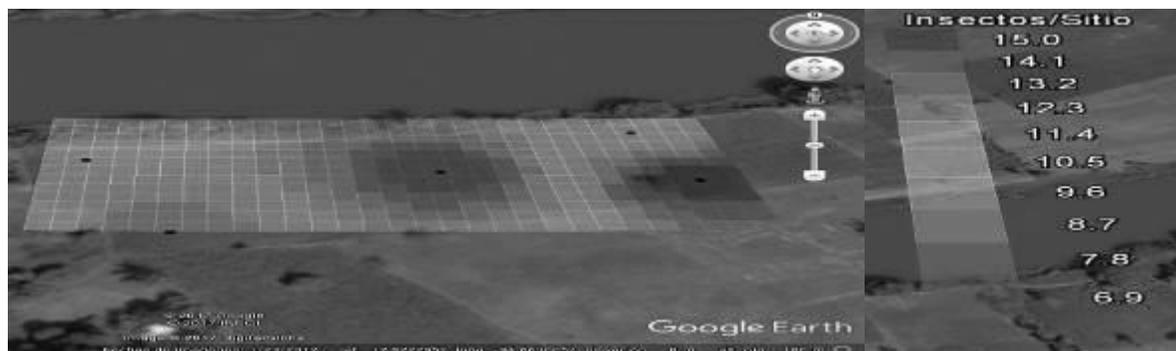


Figura 4. Distribución del conteo total por punto de muestreo durante el monitoreo de larvas en la parcela del productor Indalesio Méndez.

En la Figura 5 se muestra que, en la parcela del productor Crispín Santiago se obtuvo la mayor incidencia de gusano cogollero. El daño que se registró por sitio fue de 19 plantas que afectaron a los puntos A, B, C y E, los cuales son colindantes con vegetación hospedera y con áreas sin cultivo, lo que hace suponer la mayor incidencia de la plaga.

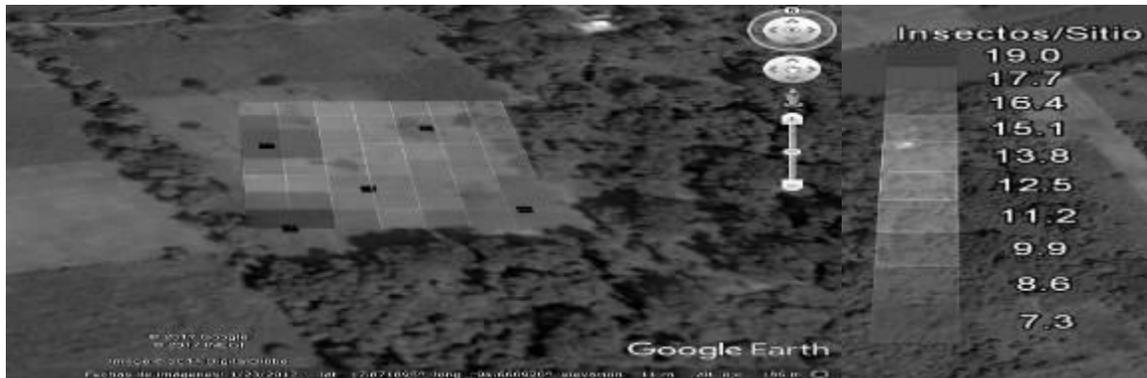


Figura 5. Distribución del conteo total por punto de muestreo durante el monitoreo de larvas en la parcela del productor Crispín Santiago de la Cruz.

En el predio del productor Abel Nazario, el mayor daño por planta se encontró en el sitio B, punto colindante con vegetación hospedera de la plaga (Figura 6).

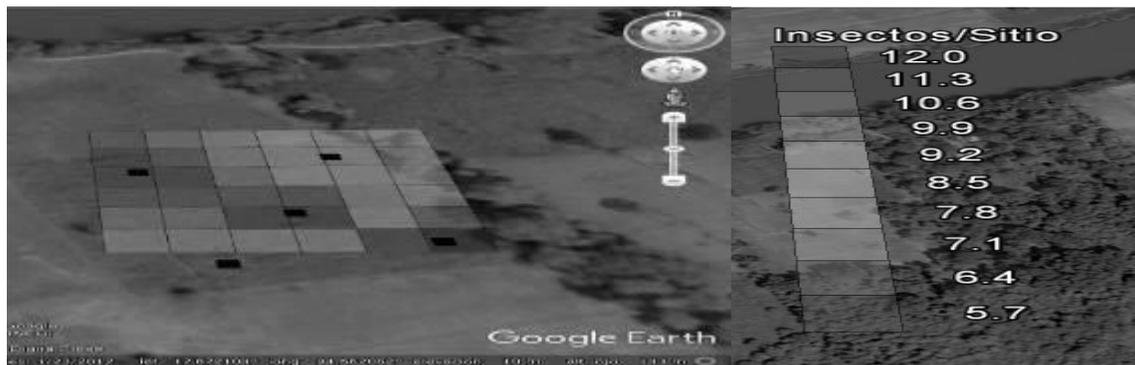


Figura 6. Distribución del conteo total por punto de muestreo durante el monitoreo de larvas en la parcela del productor Abel Nazario Ramos.

Experimento de fechas de siembra como medio para comparar los resultados obtenidos en las parcelas de los productores

Comparación de adultos capturados en trampas con feromonas y luz

La mayor captura de adultos se logró con las trampas de feromonas, durante el mes de enero; con base en los resultados obtenidos, tanto en las parcelas de los productores, como del experimento, las trampas con feromonas son las más efectivas para el monitoreo de adultos (Figura 7).

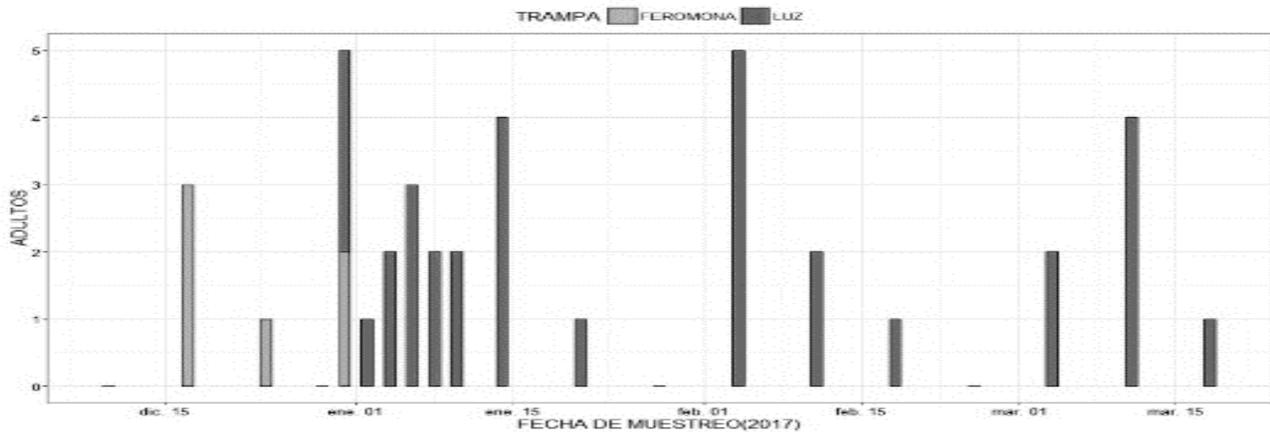


Figura 7. Efectividad de trampas en la captura de adultos por fecha de muestreo.

Cantidad de adultos machos y hembras capturados

En la Figura 8, se observa que la mayor cantidad de adultos capturados fueron machos. Su presencia fue alta durante las cuatro fechas de siembra, lo sugiere que esta plaga está en condiciones de infestar al cultivo durante un rango amplio de fechas, sin importar la fecha en que se siembre el cultivo.



Figura 8. Número de adultos machos y hembras capturados en el experimento de fechas de siembra.

Monitoreo de huevecillos y larvas

La incidencia de larvas varió en las fechas de siembra; las mayores cantidades se presentaron en las primeras tres fechas y la más baja, en la última.

Mapas de distribución de larvas y plantas dañadas en el lote experimental

En la Figura 9, se muestra que, en la primera siembra, del 10 de diciembre de 2016 y en la segunda, del 17 de diciembre del mismo año, se presentó un mayor daño, el cual fue disminuyendo hasta la fecha del 31 de diciembre, en la que el daño fue muy bajo.

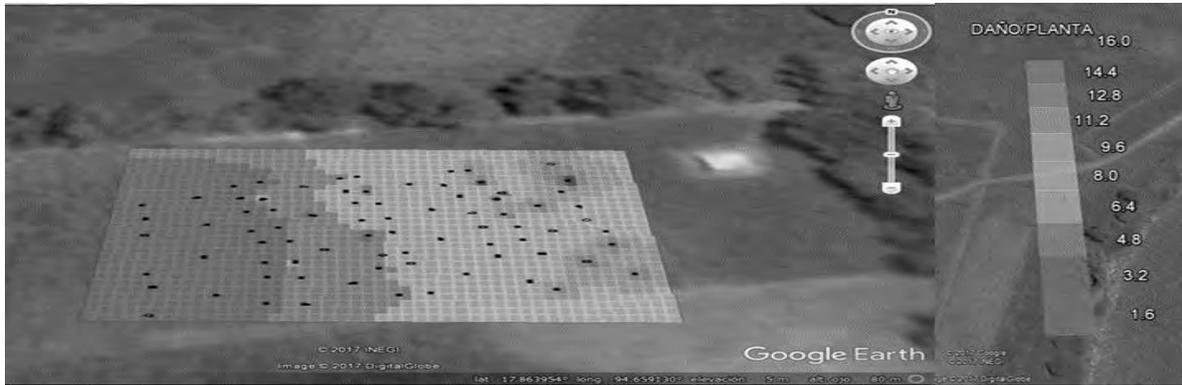


Figura 9. Distribución del conteo total por punto de muestreo durante el monitoreo de larvas, en cada una de las fechas de siembra del experimento.

Análisis de los sistemas de producción de los agricultores

De acuerdo al análisis de los sistemas de producción, una mayor cantidad de días transcurridos entre las fechas de preparación del terreno y la siembra, favorecen la incidencia de gusano cogollero. También, el deficiente control de malezas y las áreas aledañas sin cultivos, favorecen una alta incidencia de esta plaga.

Conclusiones

1. El manejo de los sistemas de producción y las condiciones que rodean a la zona de siembra del maíz del ciclo de otoño-invierno, determinan que haya una mayor o menor población de gusano cogollero.
2. Las trampas con feromonas son más efectivas que las de luz, para el monitoreo de los adultos.
3. Un adecuado manejo agronómico del cultivo y la presencia de cultivos que rodean el área de siembra, son determinantes para que haya menos presencia de gusano cogollero.
4. La distribución del gusano cogollero no es uniforme en las parcelas, y aunque esta plaga se desarrolle al mismo tiempo, en diferentes partes de una parcela, ésta no se hospeda en todo el terreno, solo en partes aledañas a áreas sin cultivo.
5. Para un control eficiente de la plaga, debe considerarse el monitoreo de adultos, huevecillos y larvas, así como un adecuado manejo agronómico del cultivo.

Literatura citada

Bahena, J. F. y J. Velázquez G. 2012. Manejo agroecológico de plagas en maíz para una agricultura de conservación en el Valle Morelia-Queréndaro. Folleto Técnico No. 27. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. 55 p.

CropLife. 2014. Oruga militar o gusano cogollero, un problema para los cultivos de maíz y sorgo. <http://www.croplife.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero> [consultado el 19 de octubre de 2016].

Mac Gregor, R. y O. Gutiérrez. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. 1a ed. Alambra Mexicana, S. A., México, D. F. 166 p.

Morillo, F. y A. Notz. 2001. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacihalotrina y metomil. *Entomotropica* 16(2):79-87.

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN SAN ANDRÉS TLALNELHUAYOCAN, VER.

Andrea Durán García¹¹⁵, Iliana Santiago Hernández¹¹⁵, Cristina Elizabeth Zúñiga Castañeda¹¹⁵ y
Andrés Rivera Fernández¹¹⁵

Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis sobre la diversidad morfológica y determinar las razas de maíz en San Andrés Tlalnahuayocan, Veracruz a partir de muestras donadas por los productores. Se tomaron doce variables morfológicas y se procedió a asignarles a cada muestra un código de accesoión. Con base en el color del grano se ingresaron 76 registros de grano blanco, 29 amarillos en diferentes tonalidades, 31 azules y 8 rojos. De acuerdo a la forma de la mazorca se demostró que de dicho municipio cuentan con una gran variabilidad de maíces criollos en sus poblaciones de diferentes formas (cónicos y cilíndricos), tamaños (longitud y diámetro), así como de colores (blancos, amarillo, azules y rojos) en diferentes tonalidades algunos más pigmentados que otros, de donde destacando las razas de maíces Tuxpeño y olotillo de los cuales se pueden realizar mejoramiento genético. Con ayuda de los productores se sembró sin modificar su sistema tradicional de siembra. La siembra se llevó a cabo del 7 al 21 de febrero de 2015. Después de someter 100 semillas de diferentes colores, a la prueba de dureza, por medio del índice de flotación se puede identificar que los productores de San Andrés Tlalnahuayocan, Tienen una producción con diferentes categorías de dureza. Dando como resultado que los maíces amarillos son muy duros, los maíces blancos de duros a intermedios, los colores negros y rojo son más blandos. Por lo tanto, estos maíces son más propensos al ataque de plagas durante su almacenamiento.

Palabras clave: variación, fenotípica, mejoramiento genético

Introducción

México es el centro de origen más importante del maíz, debido a que cuenta con una amplia diversidad de variedades criollas o nativas; por ello, su conservación y diversidad genética es

¹¹⁵ Facultad de Ciencias Agrícolas.
* ilsantiago@uv.mx

fundamental cuando se trata de su mejoramiento genético.

Los fenómenos de variabilidad morfológica y genética son muy importantes en la producción agrícola; así mismo, estos caracteres han permitido su clasificación en diversas razas, fundamentadas en sus variadas formas, tamaños, colores y a su gran capacidad de adaptación a las condiciones ambientales de los países, regiones y microrregiones donde se le ha cultivado. El término raza se ha utilizado para agrupar individuos o poblaciones que comparten características en común, de orden morfológico, ecológico y genético que permiten diferenciarlas de otros grupos. De igual manera, las razas se agrupan en complejos raciales que se relacionan con condiciones geográficas o climáticas más o menos definidas. En México se reportan 59 razas nativas de maíz y 5 que se comparten con otros países. Para el estado de Veracruz se han reportado la raza “Tuxpeño”, “Arrocillo”, “Elotes Cónicos”, “Ratón”, “Olotillo” y “Coscomatepec” (Abbud, 2016).

De acuerdo a CONABIO (2011) existen dos razas dominantes en el estado de Veracruz las cuales son el tuxpeño y olotillo y cinco razas secundarias: Ancho, Dzitbakal, Nal-tel, Tepecintle, Zapalote Grande; englobando dos grandes grupos (Complejo de maduración temprana son de las variedades más precoces y Complejo de maíces dentados tropicales) cultivados principalmente en temporal. Son utilizados principalmente para autoconsumo y algunas investigaciones muestran que se han ocupado para su mejoramiento genético.

En las proximidades de la Facultad de Ciencias Agrícolas Zona Xalapa de la Universidad Veracruzana, se han encontrado agricultores que aún conservan materiales nativos, principalmente en el municipio de San Andrés Tlanelhuayocan. Los agricultores son los encargados de conservar el material genético para cada ciclo, debido a que ellos realizan la selección de sus mazorcas de acuerdo a sus necesidades alimenticias, a las características fenotípicas de sus plantas en el campo y que muestren tolerancia a los fenómenos naturales y a que su producción sea constante a través del tiempo.

La información sobre el cultivo del maíz y las variedades utilizadas, en municipio señalado, no ha sido descrita en la literatura local ni la regional por lo que se considera necesaria una descripción amplia para conocer su diversidad y potencialidades de uso, aprovechamiento y conservación. Dado lo anterior se llevó a efecto el presente trabajo para responder a la pregunta: ¿Las variedades nativas de maíz en el municipio de San Andrés Tlanelhuayocan mantienen una diversidad morfológica reducida? Realizar un inventario del material genético y caracterizar los fenotipos colectados de la especie maíz (*Zea mays*) en la cabecera municipal de San Andrés Tlanelhuayocan y determinar su variabilidad morfológica.

Materiales y métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo en el municipio de San Andrés Tlalnahuayocan, que tiene una superficie de 29.61 km², con una representación del 0.4% del territorio estatal. La variación altitudinal va desde los 1,340 hasta los 1,920 m. En la zona se cultivan aproximadamente 500 ha (20% del territorio municipal de milpa), utilizando el sistema tradicional que asocia maíz, frijol de enredadera y calabaza. Los rendimientos del sistema milpa para una hectárea se calculan en una tonelada de maíz, 70 kg de frijol y 200 kg de calabaza (Plan Municipal de Desarrollo 2014-2017 de Tlalnahuayocan).

Selección de productores: Se efectuó una visita al domicilio de nueve productores conocidos, invitándolos a participar como donadores de mazorcas. Así mismo se aplicaron 20 encuestas entre los productores donantes de semilla y algunos de la zona.

Caracterización de mazorcas: Para este proceso se necesitó de la cinta métrica, vernier, picnómetro, horno de secado, balanza analítica y digital para obtener las características morfológicas de las mazorcas y granos, las variables obtenidas fueron cualitativas y cuantitativas.

Variables cualitativas: se identificaron mazorcas de diferentes formas entre las que destacan: cónica, cónica cilíndrica y cilíndricas. También diferentes tipos de granos (harinosos, dentados, sedimentados, semicristalinos y cristalinos. Así como diferentes colores de granos (blanco, blanco cremoso, amarillo, amarillo medio, naranja, rojo claro, púrpura, morado oscuro y negro)

Variables cuantitativas: Los parámetros métricos fueron separados por colores (blanco, amarillo, negro y rojo) apoyándose con el material de laboratorio antes mencionado Se midieron Longitud mazorca (cm), perímetro mz (cm), No. de hileras, No. de granos por hilera y Peso de grano (gr). Después de medir las variables cuantitativas se midió la dureza de la semilla (Cuadro 1). Prueba de dureza: se llevó a cabo de acuerdo con la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (SAGARPA, 2002).

Cuadro 1. Escala de dureza.

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (minutos)
0-2	Muy duro	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedio	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy suaves	25

Resultados

Encuesta a productores: Los datos obtenidos en las encuestas indican que los productores tienen una edad comprendida entre los 48 y los 86 años, situación que nos lleva a establecer que es gente con basta experiencia en el uso y manejo de estos recursos genéticos, pero también que constituye un riesgo a la continuidad. La carencia de agricultores jóvenes que mantengan las tradiciones y estén comprometidos con los recursos genéticos constituye una seria señal de alerta al resguardo de su material vegetal que mantiene un alto potencial para el mejoramiento genético. La escolaridad de los productores encuestados fue muy variable; sin embargo, en la muestra obtenida hubo productores con preparatoria o con ningún estudio, pero prevalecieron aquellos que tienen primaria inconclusa. Tal condición muestra que no es precisa una determinada escolaridad para tener conciencia de la importancia de la conservación de los recursos. El sistema de producción es la milpa, donde manejan una asociación de cultivos como frijol, calabaza y en algunas ocasiones chícharo. Las diferentes variedades cultivadas de maíces, los productores las mantienen separadas en su parcela con la finalidad de darles diferente uso como. Los principales usos del maíz son: la elaboración de sus alimentos (tortillas, tlacoyos, gorditas, chocos y tamales) y algunas bebidas como atoles, utilizando los maíces color blanco y negro. Con respecto al maíz amarillo es destinado a la alimentación de aves de corral, así como de para ganado bovino y equino. Por último, el maíz color rojo no es muy común en la siembra; ya que solo es sembrado para combatir el fenómeno llamado “chahuixtle”.

Colecta de mazorcas: Para la obtención de las mazorcas se visitaron a los agricultores en el sitio donde almacenan sus materiales y se recibió la donación. Durante la colecta se obtuvieron 824 mazorcas de diferentes colores, blanco, amarillo, negro y rojo. Algunas de las mazorcas así recibidas tuvieron daños por palomilla del maíz, pero en su gran mayoría estuvieron sanas. Estas características están concentradas en la Cuadro 2.

Características métricas de las mazorcas: Las características morfológicas de las mazorcas, colectadas en el municipio de San Andrés Tlalnelhuayocan, fueron agrupadas por la coloración del grano. Les fueron medidos la longitud y perímetro de la parte media en cm, número de hileras y número de granos por hilera, peso del grano en gr. Los datos obtenidos se consignan en los Cuadros, 3, 4, 5,6 y 7.

Con respecto a la variable longitud de las mazorcas tenemos un coeficiente de variación del 31.31% en el maíz color negro, lo cual destaca de los demás colores que tienen un porcentaje de variación bajo con relación al tamaño. Esto quiere decir que existe mayor variación en los diferentes tamaños de mazorcas.

Cuadro 2. Productores participantes como donadores de mazorcas de los genotipos cultivados en el municipio de San. Andrés Tlalnahuayocan, Ver.

Nombre del productor	No. de mazorca	Color de las mazorcas	Observaciones
Berta Quiroz	50	Amarillo	mazorcas limpias sin daños
Lázaro Díaz	200	Blanco	mazorcas con buena sanidad
Filemón Viveros	100	Blanco y Azul	mazorcas con regular sanidad
Victorino Diaz	50	Blanco	Mazorcas con perforaciones por gorgojo
Alfonso Viveros	100	Blanco y Amarillo	Mazorcas sanas
Aurelio Rosas	100	Blanco y Azul	Algunas mazorcas con pudriciones y perforaciones por gorgojos
Juan Durán	74	Blanco y Rojo	Mazorcas con sanidad regular mazorcas rojas perforadas por gorgojo
Elodio López	50	Amarillo	La mayoría de las mazorcas dañadas por gorgojo.
Tiburcio González	100	Blanco y Azul	Mazorcas pequeñas y con pudriciones.
Total	824		

Cuadro 3. Longitud de mazorca en cm en 824 muestras de maíz colectado en San Andrés Tlalnahuayocan, Ver. Datos presentados de acuerdo a la coloración de los granos de las mazorcas.

Color	Longitud de mazorca (cm)					
	grano	Valor max	Valor min	Media	DE*	C.V.
Blanco		19.7	11.5	16.7	2.52	15.14
Amarillo		18.5	15.0	16.33	1.89	11.58
Negro		18.0	9.5	14.83	4.64	31.31
Rojo		20.5	13.0	16.9	2.0	12.0

En el Cuadro 4 se observa que al calcular el perímetro de las mazorcas color negro mostraron una desviación estándar del 1.97 y un coeficiente de variación del 14.78 nuevamente destacando de los demás colores, lo cual quiere decir que las mazorcas color negro tienen un mayor grosor.

Cuadro 4. Perímetro de las mazorcas de maíz en cm obtenidos en 824 colectas en San Andrés Tlalnelhuayocan, Ver.

Color del grano	Perímetro de mazorca (cm)				
	Valor max	Valor min	Media	DE*	CV**
Blanco	8.6	5.7	13.73	1.71	12.47
Amarillo	14.8	11.5	12.9	1.7	13.22
Negro	15.0	10.7	13.35	1.97	14.78
Rojo	16.5	10.8	13.6	1.3	9.4

* Desviación estándar. ** Coeficiente de variación.

El color amarillo se registra en la Cuadro 5. Se destaca de los demás colores con la variable número de hileras obteniendo el 20% respecto al coeficiente de variación. Notando que hay mayor variabilidad entre los demás colores.

Cuadro 5. Número de hileras en las mazorcas de maíz obtenidas en 824 colectas en San Andrés Tlalnelhuayocan, Ver.

Color del grano	Número de hileras de la mazorca				
	Valor max	Valor min	Media	DE*	CV**
Blanco	12	10	10.2	0.63	6.2
Amarillo	12	8	10	2	20
Negro	14	12	12.6	1.15	9.11
Rojo	16	8	11.2	1.9	17.4

* Desviación estándar. ** Coeficiente de variación.

Cuadro 6. Número de granos por hilera en las mazorcas de maíz obtenidas en 824 colectas en San Andrés Tlalnelhuayocan, Ver. Valores clasificados de acuerdo a la coloración del grano de las mazorcas.

Color del grano	Número de granos por hilera				CV**
	Valor. Max	Valor. Min	Media	DE*	
Blanco	44	20	31.8	0.63	6.2
Amarillo	40	32	36.0	2	20
Negro	37	13	28.5	1.15	9.11
Rojo	46	20	34.3	1.9	4.2

* Desviación estándar. ** Coeficiente de variación.

Cuadro 7. Peso de grano por mazorca en muestras de maíz obtenidas en 824 colectas en San Andrés Tlalnahuayocan, Ver. Valores clasificados de acuerdo a la coloración del grano de las mazorcas.

Color grano	Peso del grano (gr)		
	Media	DE*	CV**
Blanco	450.66	401.62	89.11
Amarillo	375.81	219.87	58.50
Negro	211.27	156.80	74.22
Rojo	250.5	183.06	35.88

*Desviación estándar. ** Coeficiente de variación.

Nos muestra diferencias en el peso del grano, destacando dos colores, blanco (89.11%) y negro (74.22%) respectivamente al coeficiente de variación.

Con respecto a la prueba de dureza, se puede identificar que los productores del San Andrés Tlalnahuayocan, Tienen una producción con diferentes categorías de dureza. Dando como resultado que los maíces amarillos son muy duros, los maíces blancos de intermedios a duros y los colores negro y rojo son más blandos. Por lo tanto, estos maíces son más propensos al ataque de plagas durante su almacenamiento como lo muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de dureza, determinado por el índice de flotación conforme a la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002, en muestras de maíz obtenidas en San Andrés Tlalnahuayocan, Ver. Valores clasificados de acuerdo a la coloración del grano de las mazorcas.

Color de grano	Categoría de dureza	Clasificación
blanco	intermedio y duros	duros
amarillo	duros y muy duros	muy duros
negro	suaves y muy suaves	Suaves
rojo	suave y intermedio	suaves

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en las condiciones en las que se realizó el presente trabajo podemos afirmar que: existe una gran diversidad de formas, tamaños y colores de las poblaciones nativas de maíces en la localidad de San Andrés Tlalnahuayocan. Con base en las características de las mazorcas y grano las razas más representadas fueron la Tuxpeño, Olotillo, Tepecintle y Cónico. Las tres primeras reportadas para el estado de Veracruz mientras que la última quizás introducida del estado de Puebla o Tlaxcala. Los agricultores que conservan los materiales nativos, corresponden a una edad promedio de 68 años con

rangos de 48 y hasta 85 años. Una vez realizada la prueba de dureza en las semillas se observó que los materiales blancos y amarillos son los que mayor dureza presentan mientras que los maíces de granos azules y rojos son más suaves y propensos al daño por plagas de almacén.

Agradecimientos

A los proyectos Plataformas de Innovación Tecnológicas por el apoyo económico que tuvo una vigencia de agosto de 2014 a diciembre de 2015. Además, a los 9 productores del municipio de San Andrés Tlalnehuayocan, Veracruz. Por su apoyo financiero.

Literatura citada

CENTLI. 2006. Plantas y Semillas, nuevos recursos de protección legal agraria para los ejidos y comunidades de México. (El caso del Maíz). Certamen Nacional. Procuraduría Agraria. México. 47 p.

CONABIO. 2011. Elementos para la determinación de centros de origen y centros de diversidad genética para el caso de los maíces de México a partir de los resultados del proyecto "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces nativos y sus parientes silvestres en México" (2006-2011). http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Elementos_2011_2.pdf.

Ortega, P. R. 1994. Conservación y aprovechamiento de los maíces Criollos de México. Colegio de Postgraduados. 19 capítulos.

Norma Mexicana: NMX-FF-034/-2002-SCFI. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-cereales-Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI).

Sánchez, G. J. J., Goodman, M. M., y C. M. Stuber. 2000. Isozymatic and Morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54:1 43-59.

Artículos de revista en formato electrónico:

Aragón, M. (2011). Variación genética en maíces criollos de la región Loxicha, Oaxaca. *Comocion nacionasl ciencia* <http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/Fomento-investigacion> [consultado el 20 de marzo de 2017].

CIMMYT-CONABIO en 2007-2008. Monitoreo y recolección de la diversidad de razas de maíz criollo en la región de la Huasteca en México para complementar las colecciones de los Bancos de Germoplasma de maíz de INIFAP y CIMMYT: http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo8_ResultadosProyectos/FZ007/Informe%20final/Informe%20%20Final_FZ007.pdf. [consultado el 10 de mayo 217].

Mario Abbud Chávez, Los Hombres del Maíz: Variedades y Razas de Maíz citlalimagazine Citlalired 2016 <http://www.citlalired.com/index.php/288-los-hombres-del-maiz-variedades-y-razas-de-maiz> [consultado el 20 de junio 2017]

Enciclopedia de los municipios y delegación de México <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30182a.html> [consultado el 15 de julio de 2017].

Plan de desarrollo municipal 2014 - 2017 http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/186_PM.pdf [consultado 15 de julio de 2017].

PRODUCTOS BIORRACIONALES PARA CONTROLAR COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* SMITH Y ABBOT (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN SORGO DULCE

Oscar Javier Salazar Meza¹¹⁶, Rosa Laura Rebolledo García^{117*}, Gerardo Montiel Vicencio¹¹⁷, Sergio Uribe Gómez¹¹⁷ y Laureano Rebolledo Martínez¹¹⁷

Resumen

El sorgo dulce es un cultivo con alto potencial para la producción de biocombustibles. Éste se ve comprometido principalmente por plagas, como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que puede ocasionar una disminución de rendimiento de hasta un 60%. Se han empleado plaguicidas de origen químico que causan un impacto negativo al entorno, por lo que el uso de productos de bajo impacto ambiental o biorracionales se ha convertido en una necesidad imperativa. El objetivo fue evaluar tres productos biorracionales para el control larvas del gusano cogollero en cultivo de sorgo dulce. Se estableció un experimento en un cultivo de sorgo dulce localizado en el trópico subhúmedo de México. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, evaluando cuatro tratamientos: extracto de nim, bioestimulante, clorantraniliprol y un testigo absoluto. La unidad experimental fue de dos surcos de sorgo dulce de 25 m de longitud y 0.8 m entre surcos, con una densidad de 140000 plantas por hectárea. La variable respuesta fue el número de plantas dañadas, considerando como daño, las afectaciones encontradas en el meristemo apical y en la lámina foliar. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha=0.05$) con el programa SAS v.9. Los tres productos biorracionales tuvieron efecto de control sobre larvas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en comparación con el testigo absoluto. El control con clorantraniliprol fue estadísticamente superior a los otros tratamientos con una eficacia del 98%, mientras que el nim y el bioestimulante mostraron una eficacia del 41 y 22%, siendo estadísticamente diferentes entre ellos. Se concluye que los productos biorracionales evaluados en el presente trabajo tuvieron un efecto de control en las poblaciones del gusano cogollero.

Palabras clave: azadiractina, bioestimulante, clorantraniliprol

¹¹⁶Instituto Tecnológico de Boca del Río, Tecnológico Nacional de México. Carretera Veracruz-Córdoba km 12. 94290 Boca del Río, Veracruz México

¹¹⁷Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Carretera Veracruz-Córdoba km 34.5. CP. 94270. Medellín de Bravo, Veracruz México.

* rebolledo.rosa@inifap.gob.mx

Introducción

El Sorgo Dulce (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), es un cultivo con potencial para producir etanol carburante. En su tallo se encuentran altos niveles de azúcares similares a los de la caña de azúcar, pero con un ciclo de producción más corto (Vietor y Miller, 1990; Hills et al., 1990). Su cultivo en los trópicos es bianual y presenta una altura aproximada de 1 a 3 m (Grajales et al., 2011).

Los agricultores actualmente enfrentan circunstancias, que afectan el rendimiento del cultivo y su importancia económica, entre ellas: factores ambientales en un 20%, enfermedades en un 22% y plagas con un 58% (FAO, 2013). Una de las plagas de mayor importancia económica es el gusano cogollero ya que durante los últimos años ha aumentado su incidencia causando pérdidas de hasta un 60% del rendimiento, causa daño al alimentarse del meristemo apical o cogollo provocando raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas (Zeledón et al., 2007). La larva comienza por consumir la lámina foliar dejando huecos irregulares en el follaje ocasionando un desarrollo tardío y generando daños indirectos como la presencia de moscas atraídas por el excremento del gusano cogollero, transportando inóculo causante de enfermedades vírales y fungosas (Ortiz, 2010).

Para su control se ha implementado el uso indiscriminado de plaguicidas de amplio espectro que han ocasionado un impacto desastroso en la salud humana, poblaciones de insectos cada vez más resistentes (Da Silva et al., 2016; León-García et al., 2012) y un impacto ambiental negativo cada día más notorio, (Devine et al., 2008), esto conlleva a la búsqueda de métodos menos perjudiciales para el ambiente y salud humana, como la utilización de productos biorracionales (Brechelt, 2004); que pueden ser sustancias sintéticas o similares a las que se encuentran en la naturaleza (Ruiz et al., 2008) o bien obtenidos a partir de la acción de microorganismos y de extractos vegetales para control de plagas, debido a que sus componentes activos tienen el efecto de repeler o matar a los insectos (González et al., 2012).

Existen una gran cantidad de vegetales con componentes de actividad insecticida, como el ajo, chile, cebolla y el nim, dentro de ellos destaca la azadiractina, obtenido de las semillas del nim *Azadirachta indica* A. Juss (Esparza-Díaz et al., 2010). También se han utilizado insecticidas en conjunto con biorracionales, como es el Imidacloprid con extractos de papaya y nim para control de mosquita blanca (Butler et al., 2011).

Debido a todo lo anterior, el objetivo fue evaluar tres productos biorracionales para el control larvas del gusano cogollero en cultivo de sorgo dulce.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP), localizado a 18°56'13" Latitud Norte y 96°11'38" Longitud Oeste, a 15 m de altitud; con un clima predominante cálido sub húmedo Aw0 (w) (g), con temperatura media anual de 24.5°C, máximas de 30.9°C y mínimas de 20°C; la precipitación media anual es de 1,410.89 mm (Peralta, 2009). Se utilizó un cultivo de 0.5 ha de sorgo dulce sembrada el 28 de octubre del 2014, a una densidad de 140,000 plantas por hectárea.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó el efecto de control de cuatro tratamientos indicados en el cuadro 1. La unidad experimental se conformó por dos surcos, con separación de 0.8 m de ancho y una longitud de 25 m.

Cuadro 1. Productos bioracionales para control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* en cultivo de sorgo.

Tratamiento	Nombre común	Ingrediente activo	Concentración	Formulación	Dosis
1	Nim	Azadiractina	100%	Extracto de semillas de <i>Azadirachta indica</i> A. Juss	200 L ha ⁻¹
2	Bioestimulante	Alicina, Tiosulfatos y Capsicina.	100%	Extracto de <i>Allium sativum</i> L, <i>Capsicum annum</i> L y <i>Allium cepa</i> L	1250 mL ha ⁻¹
3	Clorantraniliprol	Rynaxypyr	200 g i.a.L ⁻¹	Suspensión concentrada acuosa	50 mL ha ⁻¹
4	Testigo	-----	-----	-----	-----

La variable de respuesta fue, número de plantas dañadas, considerando el daño en el meristemo apical o cogollo y daño en la lámina foliar. La preparación del bioestimulante y el extracto acuoso de semillas de nim, se realizaron 24 horas antes de su aplicación de acuerdo con la metodología utilizada por Montiel y Peralta (2014) y Rebolledo et al. (2012).

Se realizó una evaluación previa a la aplicación de acuerdo con la metodología de Fernández (2002), para determinar la infestación; los datos obtenidos indicaron una infestación mayor al 10%, por lo tanto, se tomó la decisión de iniciar las aplicaciones de los productos para evaluar el efecto de control.

La aplicación de los productos fue dirigida al área foliar de la planta con una mochila manual de 20 L de capacidad, el extracto de Nim se aplicó al 100% por cada aspersion se utilizó un promedio de 6.5 a 7 litros de agua, para la aplicación del Bioestimulante se colocó 12.5 mL por litro de agua el cual se utilizaron un promedio de 8 a 9 litros de agua, ambos productos se aplicaron cada 10 días por cada hilera, el Clorantraniliprol se diluyó 0.5 mL por litro, el cual se

utilizaba de 4 a 5 litros de agua por aspersión, las aplicaciones fueron cada 20 días debido al margen de acción indicada en la etiqueta del producto.

Se evaluó el control de los productos sobre los estados larvales, para ello, el muestreo consistió en tomar aleatoriamente cinco puntos de evaluación por unidad experimental, cada uno de un metro lineal, en cada punto se cuantificó el número plantas con daño. Los datos de campo se analizaron con el programa SAS v.9, se hizo un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por el método de LSD Fisher, ambos con un $\alpha=0.05$. Adicionalmente se calculó la eficacia a través de la fórmula de Abbott (1925).

Resultados y discusión

Los tres productos biorracionales tuvieron efecto de control sobre larvas del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* ($P < 0.05$), respecto al testigo absoluto (Cuadro 2). El bioestimulante elaborado a base de ajo, chile y cebolla tuvo una eficacia del 22%, que se puede considerar como un control muy bajo (Figura 1), este compuesto (solamente ajo) ha sido evaluado también, en condiciones de laboratorio, para controlar a *Scyphophorus acupunctatus* larvae, conocido como el picudo negro del agave en donde Valdez et al. (2016) obtuvieron un control sobre el picudo del 43%. Además de controlar las larvas de cogollero, los bioestimulantes confieren una protección a la planta en contra de las plagas por su alta capacidad antioxidante y fenólicos contenidos (Shapiro et al, 2016).

Cuadro 2. Análisis de la varianza y comparación de medias de los tratamientos evaluados, test: LSD Fisher Alfa=0,05

Tratamientos	MME	Agrupación
3,00 Rynaxypyr	0,34	A
1,00 Nim	24,60	B
2,00 Bioestimulante	32,18	C
4,00 Testigo absoluto	41,38	D

MME: Media muestral. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El efecto de control del nim en el presente estudio mostró una eficacia del 41% (Figura 1), este resultado indica que el extracto de la semilla del nim tiene un amplio espectro de acción en diferentes órdenes de insectos ya que existe evidencia de la efectividad del nim como insecticida de larvas de dípteros. Salles y Rech (1999), evaluaron el efecto de extractos de semillas de nim y de *Melia azederach*, y observaron que al aplicar dichos extractos sobre moscas de la fruta se redujo el número de larvas emergidas, deformaciones de pupas y de

adultos. Valencia-Botín et al. (2004), apreciaron que extractos de semilla de nim actúan como un repelente ya que solo se encontraron de cero a tres larvas por tratamiento, comparado con 26 larvas del testigo. Otros estudios realizados por Montiel y Peralta (2014), encontraron que el tratamiento a base de Nim provocó repelencia en la ovoposición de las moscas de la fruta ya que estadísticamente se encontraron 1.25 larvas por fruto, en comparación con el testigo absoluto, en donde se encontraron en promedio 6.9 larvas.

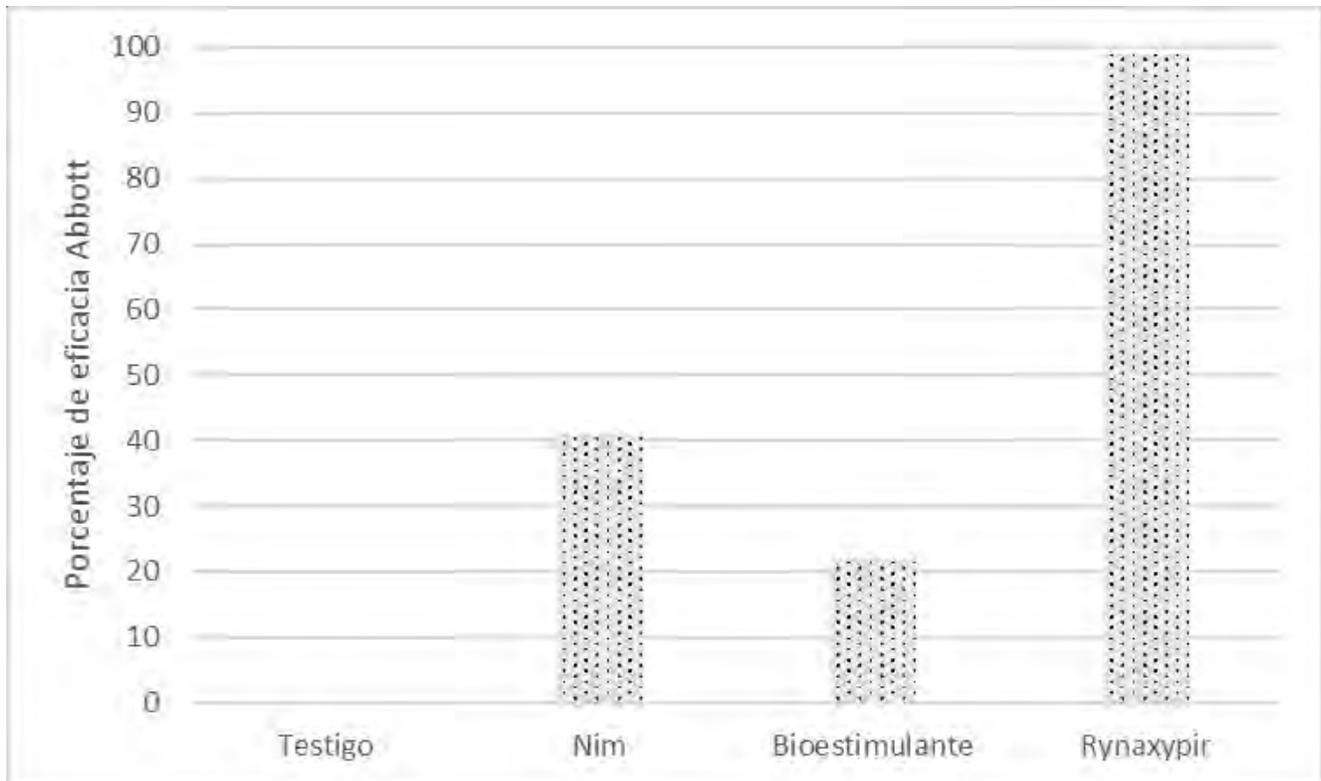


Figura 1. Eficacia observada de productos bioracionales sobre larvas de cogollero en cultivo de sorgo.

Por último, en el caso de las larvas tratadas con la molécula de clorantraniliprol se registró un control significativamente mayor respecto a los tratamientos evaluados (Cuadro 2), fue el que mostró excelentes resultados para control del cogollero con más del 98% de control (Figura 1), los resultados obtenidos en este estudio con el producto Rynaxypyr coinciden con otros estudios realizados por Wakil et al., (2012), en donde obtuvieron eficacia del 62% para control de *Helicoverpa armigera* a una dosis de (0.01 L L^{-1}) . Ashfaq et al. (2010) también documentaron susceptibilidad de *Choristoneura roseceana* (Harris) (Tortricidae) a la molécula de clorantraniliprol. La alta eficacia del Rynaxypyr sobre larvas del gusano cogollero está demostrado por (Dupont, 2017), como un producto de amplio espectro y baja toxicidad y alta selectividad a los insectos benéficos y de bajo riesgo toxicológico para el ambiente. Actualmente el Rynaxypyr es de los pocos productos eficaces para control de larvas de

lepidópteros, tienen una alta residualidad (25 días), sin embargo, su precio en el mercado eleva el costo de producción del sorgo.

Conclusiones

Los productos biorracionales evaluados en el presente trabajo tuvieron un efecto de control en las poblaciones del gusano cogollero por lo tanto se recomiendan ampliamente dentro del programa Manejo Integrado de Plagas principalmente el extracto de nim y Rynaxypyr.

Agradecimientos

Se le agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y al proyecto “Mejoramiento genético de sorgo dulce para generar variedades con alto rendimiento agronómico y alto contenido de azúcares para la obtención de bioetanol”, financiado por el fondo SAGARPA-CONACYT, que apoyaron la realización de este trabajo.

Literatura citada

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.
- Ashfaq, S. A., J. F. Brunner, and M. D. Doerr. 2010. Suceptibility of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) to two reduced risk insecticides. J. Econ. Entomol. 103:140-146.
- Brechelt, A. 2004. Manejo ecológico de plagas y enfermedades. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para américa latina. 36 p.
- Butler, C. D., F. Byrne, M. Karemane., R. F. Lee. and T. Trumble. 2011. Effects of Insecticides on Behavior of Adult *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) and Transmission of *Candidatus Liberibacter psyllaurous*. J. Econ. Entomol. 104(2):586-594.
- Da Silva K. F., T. A. Spencer, A. L. B. Crespo and B. D. Siegfried. 2016. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Field Populations to the Cry1F *Bacillus thuringiensis* Insecticidal Protein. Florida Entomologist 99(4):629-633.
- Devine, J., G., Eza, D., Ogusuku, E., Forlong, J. M. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. Revista Peru Med Exp Salud Pública 25(1):74-100.

Dupont, 2017. Guía de entrenamiento del insecticida agrícola Coragen de Dupont. http://www2.dupont.com/Coragen/es_MX/assets/downloads/Carpeta_Centro.pdf [consultado el 15 de junio de 2017].

Esparza-Díaz, G., J. López-Collado, J. A. Villanueva-Jiménez, F. Osorio-Acosta, G. Otero-Colina y E. Camacho-Díaz. 2010. Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia* 821-833.

FAO. 2013. Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. 37 p.

Fernández. 2002. Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del maíz. *Invest. Agr.: Prod. Veg.* 17(3):467-473.

González-Maldonado, M. B. y C. García-Gutiérrez. 2012. Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. *Ra Ximhai* 31-45.

Grajales, S. M., C. A. Zamarripa, B. M. Alonso y G. N. Montes. 2011. Guía tecnológica del cultivo de sorgo dulce con potencial para producir etanol en Chiapas. INIFAP. CIRPAS.

Hills, F.J., T. Lewellen and I. O. Skoyen. 1990. Sweet sorghum cultivars for alcohol production. *California Agric.* 44:14-16.

León-García, I., E. Rodríguez-Leyva, L. D. Ortega-Arenas y J. F. Solís-Aguilar. 2012. Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a insecticidas asociada a Césped en Quintana Roo, México. *Agrociencia*, 46(3):279-287.

Montiel-Vicencio, G. y N. Peralta-Antonio. 2014. Producto de bajo impacto ambiental (extracto acuoso de *Azadirachta indica* A. Juss) para el control de *Anastrepha* sp. en mango manila. In: Memoria del XI Encuentro Participación de la mujer en la ciencia. León, Guanajuato, México.

Ortiz, F. 2010. Diccionario de especialidades agroquímicas. Thomson PLM del Ecuador S.A. Quito, Ecuador.

Peralta, N. A. 2009. Control orgánico de enfermedades en frutos y hojas de mango cultivar Manila *Mangifera indica*. Instituto Tecnológico de Comitancillo, Oaxaca, México.

Rebolledo M. L., J. Nataren V., A. Rebolledo M. y A. del Angel P. 2012. Elaboración de productos orgánicos: composta, bocashi, microorganismos locales, bioestimulantes, humo líquido y sulfocalcio. Folleto para productores Núm 17. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 33 p.

- Ruiz, S. E., C. J. A. Chan, R. J. A. Trejo, A. J. Cristóbal y M. L. Latournerie. 2008. Comparación de la efectividad de insecticidas en el control del gusano barrenador del melón (*Diaphaniahyalinata* (L.)) (Lepidoptera: pyralidae). *Fitosanidad* 12(2).
- Salles, L. A. y N. L. Rech. 1999. Efeitos de extractos de nim (*Azadiractha indica*) e cinamomo (*Melia azederach*) sobre *Anastrepha fraterculus* (Wied) (Díptera: Tephiritidae). *Revista Brasileira de Agrociencia* 5(3):225-227.
- Shapiro, M., S. El Salomouni, E. M. Shepard and D. Michael J. 2016. Fruit and Vegetable Extracts as Radiation Protectants for the Beet Armyworm Nucleopolyhedrovirus. *Journal agricultural an urban entomology* 32(1):91-100.
- Valdés-Estrada M. A, L. Aldana-Llanos, D. O. Salinas-Sanchez, R. Figueroa-Brito, M. C. Hernandez- Reyes y M. G. Valladares-Cisnero. 2016. Toxicity of plant to *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: curculionidae). *Florida Entomologist* 99(2):226-230.
- Valencia-Botín A., N. Bautista-Martínez, J. A. y López-Buenfil. 2004. Uso de extractos acuosos de nim, *Azadiractha indica* A. Juss, en la ovoposición de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* Loew (díptera: Tephiritidae) en naranja Valencia. *Fitosanidad* 8(4):5759.
- Vietor, D. M., and F.R. Miller, F.R. 1990. Assimilation, partitioning, and non-structural carbohydrate in sweet compared with grain sorghum. *Crop Sci.* 30:1109-1115.
- Wakil, W., Usman G., M, Nasir, F. Abdul., Q, Mirza, and T, Muhammad. 2012. Insecticidal Efficacy of *Azadiractha indica*, Nucleopolyhedrovirus and Chlorantraniliprole Singly or Combined against Field Populations of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Chilean journal of agricultural research.* 72(1):53-61
- Zeledón, H. S., H. M. Antonio, M. J. E. Ayala, S. R. F. Guzmán, B. C. Armando, T. M. Alvarado y C. V. Ruth. 2007. Guía técnica del sorgo. Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal. Salvador.

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE BIOFERTILIZANTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE MAÍZ

Oscar A. Grageda Cabrera^{118*}, Sarahyt S. González Figueroa¹¹⁸, Ernesto Solís Moya¹¹⁸, Aquilino Ramírez Ramírez¹¹⁸, Susana E. Preciado Ríos¹¹⁸ y Manuel Jerónimo Arriaga¹¹⁸

Resumen

En el Campo Experimental Bajío del INIFAP, se estableció un experimento en condiciones de invernadero, con la finalidad de determinar el efecto de diferentes biofertilizantes en el desarrollo del cultivo de maíz con el híbrido Ocelote. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones; se evaluaron 14 tratamientos: tres testigos (sin fertilización, 50% de fertilización química y 100% de fertilización química), un biofertilizante bacteriano INIFAP, nueve biofertilizantes micorrízicos INIFAP y la combinación micorriza INIFAP con bacteria INIFAP. Las plantas de los tratamientos que incluyeron biofertilizantes se fertilizaron con el 50% de la dosis 240-60-00 de N, P₂O₅ y K₂O, recomendada por el INIFAP para el cultivo de maíz. La unidad experimental consistió en macetas de 10 kg de sustrato, en las que se sembró el híbrido de maíz Ocelote, a una densidad de una planta por maceta. Se realizaron dos muestreos destructivos a los 30 y 60 días después de la siembra (dds). Las variables evaluadas fueron: Infección radical (%), altura de planta (cm), longitud de raíz (cm), y peso seco (g) de follaje, raíz y total. En la variable infección radical, el tratamiento con micorriza NL alcanzó el 100% de infección a los 30 dds, y a los 60 dds casi todas las micorrizas mostraron infecciones superiores a 80%. La altura de planta del tratamiento 100% fertilizado (testigo) fue estadísticamente similar a la de micorriza 2 y superior a las del resto de los tratamientos. En longitud de raíz, los tratamientos con micorriza mostraron valores mayores al de los testigos en todos los muestreos realizados. La biomasa seca total fue mayor en el testigo 100% fertilizado en los muestreos a los 30 y 60 dds. Al comparar los resultados con micorriza INIFAP, bacteria INIFAP y la combinación de ambos biofertilizantes, se observó que, en esta última, hubo un efecto sinérgico en todas las variables evaluadas. Los biofertilizantes evaluados mostraron alto potencial de infección, y desde etapas tempranas se observaron sus efectos benéficos sobre el cultivo de maíz.

¹¹⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo. Experimental Bajío. A. P. 112. C. P. 38000. Celaya, Gto., México. Tel: 01 800 088 2222, extensión 85210.

Palabras clave: Zea mays, biofertilización micorrízica y bacteriana

Introducción

En México, el maíz (*Zea mays* L.) es de gran importancia económica y social, por ser uno de los granos alimenticios básicos. En 2016, la superficie sembrada con maíz para grano fue 1'224,048 ha, de la cual se obtuvo un rendimiento promedio de 4.694 t ha⁻¹. En 2017, la superficie sembrada fue de 1'202,015 ha, con un rendimiento promedio de 5.016 t ha⁻¹ (SIAP, 2017a). El incremento en el rendimiento observado se le atribuye en gran parte, al uso de fertilizantes químicos (SIAP, 2017b). Estos fertilizantes no son asimilados completamente por la planta, los cuales pueden perderse por volatilización y lixiviación, de acuerdo con su interacción con el ambiente y la capacidad de absorción de la planta.

El uso indiscriminado de agroquímicos ha provocado un efecto desfavorable sobre la calidad física, química y biológica de los suelos (Altieri, 1997). Por ello, es necesario disponer de alternativas que contribuyan a disminuir las pérdidas y que sean eficientes en la aportación de nutrimentos, sin afectar los rendimientos, la calidad de los productos y la integridad de los suelos (Calero et al., 2009). Los biofertilizantes son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados en los cultivos pueden vivir en simbiosis con las plantas, y contribuir a su nutrición y protección. Existen gran variedad de biofertilizantes con diversas funciones según el microorganismo y el cultivo; en general, los más conocidos se elaboran a base de hongos vesículo-arbusculares (micorrizas) y bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Estos productos aumentan la asimilación de los fertilizantes químicos, lo que hace posible disminuir las dosis de fertilización recomendadas en cultivos entre 25 y 50% (Grageda y González, 2010). De esta manera se contribuye a un manejo más eficiente de los nutrientes, así como a optimizar el potencial de rendimiento de los cultivos, reducir los costos de producción y disminuir el riesgo de daño ambiental (Beura et al., 2016). El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de diferentes biofertilizantes en el desarrollo del cultivo de maíz con el híbrido Ocelote.

Materiales y métodos

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., México

(20°35'22.7" LN y 100°49'28.9" LO a 1755 m de altitud). El clima de la localidad es semi-cálido, con temperatura media anual de 18.2°C.

Se evaluaron 14 tratamientos: tres testigos (sin fertilización, 50% de la fertilización química y 100% de la fertilización química), un biofertilizante bacteriano INIFAP, nueve biofertilizantes micorrízicos (micorriza: INIFAP, 1, 2, 3, 4, 5, 6, multicepa Chiapas y multicepa NL) pertenecientes a la colecta nacional del INIFAP y la combinación de micorriza INIFAP con bacteria INIFAP. Las plantas de los tratamientos que incluyeron biofertilizantes se fertilizaron con el 50% de la dosis 240-60-00 de N, P₂O₅ y K₂O, recomendada para el cultivo de maíz por el INIFAP.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental fueron macetas con 10 kg de sustrato estéril (mezcla de tierra lama-arena, 3:1), en las que se sembró el híbrido de maíz Ocelote, a una densidad de una planta por maceta. Se realizaron dos muestreos destructivos: a los 30 y 60 días después de la siembra (dds) y en cada uno se cuantificó: infección radical (%) a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, con la técnica de clareo y tinción de raíces de Walker (2001), altura de planta (cm), longitud de raíz (cm), peso seco (g) de follaje, raíz y total.

Se realizó un análisis de varianza de las variables cuantificadas y en los casos en que se detectó significancia, para la separación de promedio se aplicó la prueba de Fisher (DMS, $\alpha \leq 0.05$). El análisis de la información se realizó con el programa SAS Institute (2014) versión 9.3.

Resultados y discusión

Se detectaron diferencias altamente significativas en las variables cuantificadas en los dos muestreos realizados. En el Cuadro 1 se observa, que en el primer muestreo destructivo (a los 30 dds), todos los tratamientos que incluyeron biofertilizantes micorrízicos mostraron infección radical, pero los porcentajes más altos se obtuvieron con micorriza INIFAP, 2, 3, 4 y NL. También se observa que con el tratamiento que incluye micorriza INIFAP y bacteria INIFAP se tuvo un mayor porcentaje de infección que con sólo micorriza INIFAP, lo cual pudo deberse a un sinergismo de potenciación. En el segundo muestreo destructivo (a los 60 dds), en todos los tratamientos que incluyeron biofertilizantes micorrízicos se obtuvieron valores superiores a 80%, lo que indica, que todas las cepas evaluadas tienen alto potencial infectivo, ya que lograron infectar completamente la planta antes de la floración, etapa en la que la necesidad de nutrientes es mayor, al igual que en la de llenado de grano. En una evaluación de biofertilizantes en el cultivo de maíz realizada por Martín et al. (2012) en la que cuantificaron el porcentaje de colonización a los 60 días después de la siembra, a una

profundidad de 15 cm, obtuvieron valores promedios de 47.50 ± 52.00 , lo que indica que las colectas que se evaluaron tienen alto potencial infectivo.

Cuadro 1. Valores promedios de infección radical obtenidos por los tratamientos evaluados, a los 30 y 60 días después de la siembra de maíz (dds), y a diferentes profundidades, en condiciones de invernadero.

Tratamientos	Infección radical a los 30 dds (%) Profundidad (cm)			Infección radical a los 60 dds (%) Profundidad (cm)		
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Testigo sin fertilización	0 e*	0 d	0 e	0 d	0 e	0 f
50% de fertilización química	0 e	0 d	0 e	0 d	0 e	0 f
100% de fertilización química	0 e	0 d	0 e	0 d	0 e	0 f
Micorriza INIFAP	67 ab	42 c	42 cd	100 a	100 a	92 ab
Bacteria INIFAP	0 e	0 d	0 e	0 d	0 e	0 f
Micorriza 1	42 cd	33 c	42 cd	92 ab	58 c	67 cd
Micorriza 2	58 bc	42 c	58 bc	83 b	83 b	83 abc
Micorriza 3	58 bc	42 c	50 cd	92 ab	92 ab	58 d
Micorriza 4	58 bc	67 ab	83 a	100 a	100 a	92 abc
Micorriza 5	33 d	33 c	50 cd	42 c	33 d	33 e
Micorriza 6	58 bc	50 bc	50 cd	92 ab	92 ab	75 bcd
Multicepa Chiapas	58 bc	75 a	42 cd	100 a	100 a	100 a
Multicepa NL	83 a	67 ab	58 bc	100 a	100 a	100 a
MI+BI	83 a	67 ab	75 ab	100 a	100 a	92 ab

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la DMS ($p \leq 0.05$). MI+BI = Combinación micorriza INIFAP y bacteria INIFAP.

En el primer muestreo destructivo (a los 30 dds), con el 100% de fertilización química, las plantas alcanzaron una altura estadísticamente similar a las del tratamiento con micorriza 2 y superior a las del resto de los tratamientos. La longitud de raíz fue significativamente superior con bacteria INIFAP y micorrizas 1 y 2, que el con el resto de los tratamientos, incluidos los dos testigos de fertilización química y el testigo absoluto. Referente al peso seco de follaje, el testigo con fertilización completa y el tratamiento con micorriza 2 obtuvieron los valores más altos, en tanto que, el peso de raíz y el total fueron significativamente superiores con el tratamiento que incluyó el 100% de fertilización química (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedios de altura de planta, longitud de raíz y peso seco, obtenidos por los tratamientos de fertilización química y biofertilización, a los 30 días después de la siembra de maíz (dds), en condiciones de invernadero.

Tratamientos	Altura (cm)	Longitud de raíz (cm)	Peso seco (g)		
			Follaje	Raíz	Total
Testigo sin fertilización	43.7 def	51.3 ef	3.6 gh	3.5 hi	7.2 j
50% de fertilización química	50.0 bc	54.0 def	4.3 ef	5.7 e	10.1 gh
100% de fertilización química	57.0 a	61.7 b	11.1 a	13.2 a	24.3 a
Micorriza INIFAP	47.0 cd	49.0 f	5.1 cd	5.0 fg	10.1 gh
Bacteria INIFAP	46.2 cde	69.7 a	3.7 g	9.6 b	13.2 d
Micorriza 1	46.7 cd	67.7 a	7.6 b	7.0 d	14.6 c
Micorriza 2	53.7 ab	68.0 a	10.9 a	10.0 b	20.9 b
Micorriza 3	34.0 h	61.0 bc	3.1 h	3.2 i	5.9 k
Micorriza 4	40.7 efg	57.3 bcd	4.1 efg	3.8 h	7.9 i
Micorriza 5	37.7 gh	58.7 bcd	5.3 c	4.8 g	10.6 fg
Micorriza 6	40.8 efg	57.2 bcd	3.9 fg	5.5 ef	9.7 h
Multicepa Chiapas	38.2 fgh	55.7 cde	3.8 fg	7.3 cd	11.1 f
Multicepa NL	36.3 gh	54.5 def	5.6 c	7.5 cd	13.1 d
MI+BI	46.5 cd	54.2 def	4.6 de	7.7 c	12.3 e

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la DMS ($p \leq 0.05$). MI+BI= Combinación micorriza INIFAP y bacteria INIFAP.

En el segundo muestreo destructivo (a los 60 dds), con los tratamientos de micorriza 4 y 2 las plantas mostraron alturas estadísticamente similares, pero sólo las plantas de la micorriza 4 fueron significativamente superiores en altura, a las de los dos testigos de fertilización química (Cuadro 3). La longitud de raíz fue similar con los tratamientos: micorriza 4, multicepa Chiapas, bacteria INIFAP, multicepa NL y micorriza INIFAP + bacteria INIFAP, y superior a la de los tres testigos. En tanto que, con el testigo de 100% fertilización química se obtuvo el mayor peso seco total, el cual fue significativamente superior a los pesos totales del resto de los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores promedios de altura de planta, longitud de raíz y peso seco, obtenidos por los tratamientos de fertilización química y biofertilización, a los 60 días después de la siembra de maíz (dds), en condiciones de invernadero.

Tratamientos	Altura (cm)	Longitud de raíz (cm)	Peso seco (g)		
			Follaje	Raíz	Total
Testigo sin fertilización	109.0 h	68.3 f	34.9 e	13.2 h	48.1 i
50% de fertilización química	131.8 de	73.2 ef	43.7 d	20.3 fg	64.0 gh
100% de fertilización química	158.7 b	66.3 f	73.1 a	29.7 abc	102.8 a
Micorriza INIFAP	135.7 cd	67.0 f	49.1 d	23.2 efg	72.3 e
Bacteria INIFAP	139.7 c	90.3 ab	36.9 e	25.0 cdef	60.6 h
Micorriza 1	135.7 cd	71.3 ef	45.3 d	23.8 defg	69.0 efg
Micorriza 2	161.3 ab	84.3 bcd	45.8 d	23.6 efg	72.6 e
Micorriza 3	127.0 ef	82.3 cd	45.1 d	25.7 cde	70.8 ef
Micorriza 4	168.0 a	93.3 a	65.7 a	31.4 ab	95.5 b
Micorriza 5	141.0 c	85.0 bcd	45.1 d	34.6 a	79.7 d
Micorriza 6	121.0 fg	77.7 de	48.2 d	25.7 cde	73.9 de
Multicepa Chiapas	109.0 h	93.3 a	44.2 d	21.0 efg	65.1 fgh
Multicepa NL	100.7 i	87.0 abc	37.7 e	19.7 g	60.5 h
MI+BI	116.0 gh	87.0 abc	54.9 c	28.9 bcd	87.0 c

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la DMS ($p \leq 0.05$). MI+BI= Combinación micorriza INIFAP y bacteria INIFAP.

Santillana (2001) observó incrementos en el desarrollo radicular de los cultivos de sorgo, arroz y trébol, cuando fueron inoculados con rizobacterias. Este mismo autor en (2006), también reportó que, con la inoculación de *Pseudomonas* sp., en los cultivos de maíz y frijol se favoreció el desarrollo de las raíces, y un adecuado desarrollo radicular se reflejará en el desarrollo de la parte aérea de las plantas. Sin embargo, en este trabajo de investigación no se encontró relación entre biomasa seca de follaje con el de raíz, y en biomasa seca total, ninguno de los tratamientos que incluyeron biofertilizantes superó al testigo con 100% de fertilización. Por otra parte, se encontraron algunas discrepancias con las observaciones de Hernández y Soto (2012), quienes obtuvieron más del doble de biomasa seca de planta y raíz, en el cultivo de maíz, con el empleo micorrizas. Cabe mencionar que, en el presente trabajo, la evaluación se realizó en etapas tempranas del desarrollo del cultivo, por lo que es necesario evaluar los mejores tratamientos hasta la madurez fisiológica, ya que la acumulación de la biomasa seca generada, es muy importante, sobre todo si ésta se extiende en la fase productiva, lo que se reflejaría en mayor rendimiento (Hernández y Soto, 2012). Los biofertilizantes tienen un comportamiento distinto en las diferentes variables,

debido a diferencias en la eficiencia de las cepas para establecer la simbiosis (Rivera et al., 2007).

Conclusiones

Los biofertilizantes micorrizicos, solos y en combinación con bacterias INIFAP mostraron alto potencial infectivo, y desde etapas tempranas se observaron sus efectos benéficos en el cultivo de maíz; estas cepas tienen potencial para la generación de biofertilizantes comerciales.

Literatura citada

Altieri, M. 1997. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. 3a ed. Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO). La Habana, Cuba. 249 p.

Beura, K., M. Singh, A. K. Pradhan, R. Rakshit and M. Lal. 2016. Evaluation of arbuscular mycorrhiza fungi species for their efficiency towards nutrient acquisition in rhizospheric soil of maize. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 7(1):130-135.

Calero, B., M. Rodríguez, A. Morales, F. Martínez and L. Morejón. 2009. Biodegradability of calcareous phosphate mixtures with organic manures on an acid soil. *Cultivos Tropicales* 30(3):5-9.

Grageda, C. O. y S. González F. 2010. Micorriza INIFAPMR, preguntas y respuestas. Desplegable para Productores No. 21. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. México.

Hernández, C. N. and C. F. Soto. 2012. Influence of three planting dates on growth and yield of cereal species grown in tropical conditions. Part 1. Maize (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales* 33(2):44-49.

Martín, A. G. M., R. Rivera E. A. Pérez and Arias, P. L. 2012. *Canavalia ensiformis* response to mycorrhizal inoculation with *Glomus cubense* (strain INCAM-4), their permanency effect in the maize crop. *Cultivos Tropicales* 33(2):20-28.

Rivera, R., F. Fernández, K. Fernández, L. Ruiz, C. Sánchez and M. Riera. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. p. 151-196. In: Hamel, Ch. and Ch. Plenchette (eds.). *Mycorrhizae in Crop Production*. Haworth Press. Binghamton, NY, USA.

- Santillana, N. 2001. Efecto de la biofertilización en el crecimiento de *Trifolium repens* y *Lolium multiflorum* en condiciones de invernadero. In: Vilca, J. (ed.). Investigación.
- Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. Ecol. Apl. 5(1,2):87-91.
- SAS Institute. 2014. SAS/STAT user's guide. Version 9.3. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017a. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [consultado el 10 de julio de 2017].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017b. Uso de fertilizantes químicos en la superficie sembrada por entidad federativa. http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/tecnologia/Superficie_fertilizada.pdf [consultado el 10 de julio del 2017].
- Walker, C. 2001. Curso taller sobre taxonomía de hongos micorrízico-arbusculares. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Campus Xalapa. Xalapa, Ver., México.

ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE EN TRIGO EN EL BAJÍO

Ernesto Solís Moya^{119*}, Oscar Arath Grageda Cabrera¹¹⁹, Sarahyt Santamaria González Figueroa¹²⁰,
Aquilino Ramírez Ramírez¹¹⁹, Lourdes Ledesma Ramírez¹²⁰ y María del Pilar Suaste Franco¹²⁰

Resumen

Durante el ciclo otoño-invierno de 2015-16 se estableció un experimento de trigo en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, en el que se evaluaron 36 genotipos en cinco fechas de siembra, que fueron del 16 de noviembre al 15 de enero, con intervalos de 15 días. El experimento se condujo de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para la región. Se midió el ciclo biológico, la altura de planta y el rendimiento de grano de los genotipos. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza combinado y el estudio de la interacción se realizó con el modelo AMMI. Se detectaron diferencias significativas en todos los caracteres en fechas de siembra y genotipos, y en la interacción de ambos factores. El retraso en la fecha de siembra redujo el ciclo biológico y la altura de planta de los genotipos. El modelo AMMI retuvo el 82.7% de la suma de cuadrados total para rendimiento de grano. El biplot mostró que en la fecha de siembra del 16 de noviembre se obtuvo el mayor rendimiento, en tanto que, en la del 1 de diciembre se tuvo mayor variación y en las fechas del 30 de diciembre y 15 de enero se tuvieron comportamientos similares y opuestos a los de la fecha de siembra del 16 de diciembre. Los genotipos más sobresalientes fueron: Anatoly C2011 y Cisne F2016, con rendimientos de grano de 8,191 y 8,159 kg ha⁻¹, respectivamente, los cuales fueron superiores en 3,401 y 3,212 kg ha⁻¹ a los de la variedad Eneida F94, que obtuvo el menor rendimiento de grano.

Palabras clave: AMMI, rendimiento de grano, ciclo biológico, estabilidad

¹¹⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo. Experimental Bajío. A. P. 112. C. P. 38000. Celaya, Gto., México. Tel: 01 800 088 2222, extensión 85210.

¹²⁰ Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas. Km 8. C.P. 38110. Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903.

* solis.ernesto@inifap.gob.mx.

Introducción

En la región de El Bajío de Guanajuato, el manejo agronómico del trigo harinero y cristalino implica sembrar las variedades oportunamente. El cultivo principalmente se establece en el ciclo agrícola de otoño-invierno, en una superficie que ha oscilado entre 41,863 y 136,885 ha (SIAP, 2016). Las fechas óptimas para la siembra se han ubicado del 15 de noviembre al 15 de enero; es decir, en este periodo de tiempo se presenta la mejor fecha de siembra, dependiendo de las características de la variedad y el ambiente (Solís et al., 2007). En tres variedades de trigo evaluadas en el Bajío, se obtuvieron bajos rendimientos y un acortamiento del ciclo biológico, como consecuencia de la siembra tardía realizada el 15 de enero (Urbina y Solís, 1991). Los bajos rendimientos obtenidos en la siembra del 15 de enero, se atribuyen al efecto que tiene la alta temperatura en la duración del ciclo del trigo (Solís y Díaz de León, 2001). Bindraban et al. (1998) observaron que una diferencia promedio de 2.4°C entre fechas de siembra, para el periodo de llenado de grano, reduce esta etapa en 10%, mientras que la tasa de llenado de grano se incrementa de 5 a 6%, lo resulta en una disminución hasta de 20% en el peso del grano.

Se han propuesto un gran número de modelos estadísticos para estimar la estabilidad fenotípica o analizar la interacción genotipo-ambiente (IGA). Zobel et al. (1988) señalan que los procedimientos univariados, como el análisis de varianza tienen limitaciones para detectar la interacción de factores, en los casos de magnitud elevada y en términos de la suma de cuadrados (SC). Ejemplifican casos en que la SC_{GxA} representa de 20 a 50% de la SC_{Total} (de tratamientos) y, así mismo, el cuadrado medio para GxA no presenta significancia estadística (5% de probabilidad). Agregan que la regresión lineal, en la mayoría de las veces, también explica, apenas una pequeña porción de la SC_{GxA}. En su trabajo, mientras el método AMMI captó el 71% de esta suma de cuadrados, el análisis con aplicación de la regresión lineal (Finlay y Wilkinson, 1963) sólo lo hizo para 8%. El modelo AMMI integra algunos modelos estadísticos comúnmente aplicados a series de ensayos de rendimiento, donde los efectos principales correspondientes a la parte aditiva, son analizados mediante un análisis de varianza simple. La parte no aditiva residual (interacción) corresponde a la parte multiplicativa del modelo, y se analiza mediante el análisis de componentes principales (ACP) (Zobel, 1990).

El modelo AMMI puede ayudar desde la identificación de genotipos de alta productividad y amplia adaptación, hasta la realización del llamado zoneamiento agronómico, con la selección de ambientes claves (Gauch y Zobel, 1996); además, permite hacer un estudio detallado, tanto de variedades como de ambientes y su interacción. El objetivo de este trabajo fue estudiar la interacción genotipo-ambiente con el modelo AMMI, en genotipos de trigo evaluados en cinco fechas de siembra en el Bajío Guanajuatense.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, ubicado en el km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., México, cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20°32' LN y 100°48' LO, a una altitud de 1,752 m. La precipitación pluvial media anual del área donde se encuentra el CEBAJ es 578 mm, con una temperatura media anual de 19.8°C. En otoño-invierno de 2015-16 se sembraron 36 genotipos de trigo en cinco fechas de siembra (FS), con intervalos de 15 días, a partir del 15 de noviembre (FS A) hasta el 15 de enero (FS E). De los 36 genotipos, 34 eran trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) y dos de tipo cristalino (*Triticum turgidum* Desf.) (Cuadro 1). El experimento se analizó como una serie de experimentos con diseño experimental bloques al azar. La parcela experimental estuvo formada por dos surcos de 3 m de largo, separados a 30 cm. Se fertilizó con la fórmula 240N-60P₂O₅-00K₂O. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo se aplicó en la siembra y la segunda mitad del N en el primer riego de auxilio. Los riegos se aplicaron a la siembra y a los 35, 65, 85 y 105 días después de la siembra (calendario de cinco riegos para evaluar el potencial de rendimiento de los genotipos). Se midieron los siguientes caracteres: 1) Rendimiento de grano (RG), de la cosecha del total de la parcela experimental; 2) Días a espigamiento (DE), de la siembra hasta que aproximadamente el 50% de las espigas estuvieron expuestas; 3) Días a madurez (DM), transcurridos de la siembra el momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas se tornaron a color amarillento y 4) Altura de planta (AP) en centímetros. Se evaluó la sensibilidad de los genotipos a la roya lineal amarilla. A los experimentos correspondientes a las fechas de siembra C, D y E, se les hizo una aplicación del producto Folicur para el control de roya. Con el programa estadístico SAS, se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y para la separación de promedio se aplicó la prueba de Tukey, 0.05. El estudio de la interacción genotipo-ambiente se realizó con modelo AMMI con el carácter rendimiento de grano.

Cuadro 1. Genotipos evaluados en el ensayo de fechas de siembra establecido en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), en Celaya, Gto. Ciclo otoño-invierno de 2015-16.

No	Variedad o cruza	No	Variedad o cruza
1	Cortazar S94	19	Plata/ica 30.05//Celestina
2	Urbina S2007	20	Gema C2004
3	Arseniato/Apatita	21	Diamante/Silvinita//Celestina
4	Colibri//Kro	22	Diamante/Silvinita//Celestina
5	Maya S2007	23	Hierro/Esfalerita
6	Colibri/Tragopan	24	Luminaria F2012
7	Bárcenas S2002	25	Diamante/Monarca
8	Colibri//Finsi	26	Condor/Liz//Colibri
9	Eneida F94	27	Ibis//loth/gracia/4/pasa/cuba//cira/3/ene/zita
10	Diamante/Silvinita/Celestina	28	Colibri
11	Tjb368/Buc/Cupe/3/Ene/Zita	29	Luminaria/3/heilo//milan/munia/4/alondra
12	Colibri//Gal	30	Ibis//Ene/Zita/3/Ene/Zita//Liz
13	IBIS/Loth/Gracia/4/Babax//Irena/Kauz/3/Huites	31	Anatoly C2011
14	Diamante/Yeso	32	Condor/Liz//Jadeita/3/Theelin/2*Wbll1
15	Faisan//Loth/Gracia	33	Plata/Ica 30.05/Celestina
16	Salamanca S75	34	Colibri/Tragopan
17	Diamante/Urbina	35	Diamante/Aragonita
18	Diamante/Aragonita	36	Colibri/3/Wbll1/Fret2/Pastor

Resultados y discusión

En el análisis de varianza combinado se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en los factores fechas de siembra (FS), Genotipos (G) y la interacción FS x G en todos los caracteres. En todas las variables el factor con mayor variación fue la FS, seguida de G y el de menor magnitud fue la interacción FS x G (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia detectada en el análisis combinado.

FV	GL	AP	DE	DM	RG
Fecha de siembra (FS)	4	2446**	2249**	7383**	79176868**
Rep (FS)	10	32	39.6	56.6	2701591
Genotipos (G)	35	256**	80.4**	33.4**	6748785**
FS x G	140	13.8**	2.6**	2.3**	806256**
Error	350	9.2	1.6	1.7	459465
CV		3.6	1.7	1.0	10.9
Media		84.1	73.8	125.5	6230

FV = Fuentes de Variación; CV= Coeficiente de variación; AP = Altura de planta; DE = Días a espigamiento; DM = Días a madurez; RG = Rendimiento de grano.

En el Cuadro 3 se muestra que, en las FSB y C, las plantas alcanzaron mayor altura de planta con 88 cm, mientras que en la FSE se registró la menor altura con 77 cm. En la FSB se tuvo el ciclo más largo a espigamiento con 78 días y el más corto en la FSE con 66 días; a su vez, en la FSB se registró el ciclo de madurez más largo con 135 días y el más corto, en la FSE con 113 días.

Cuadro 3. Valores promedio de altura de planta, días a espigamiento, días a madurez y rendimiento de grano en el factor fechas de siembra. Ciclo otoño-invierno de 2015-16.

FS	AP	DE	DM
FSA	86	77	130
FSB	88	78	135
FSC	88	75	128
FSD	81	73	122
FSE	77	66	113
DSH	1.1	0.5	0.5

FS = Fecha de siembra; AP = Altura de planta; DE = Días a espigamiento; DM = Días a madurez; RG = Rendimiento de grano; DSH = Diferencia Significativa Honesta.

En el Cuadro 4 se muestra que, la altura de planta de los genotipos osciló entre 73 y 91 cm; los genotipos LUMINARIA/3/HEILO//MILAN/MUNIA/4/ALONDRA (29) y ANATOLY C2011 (31), tuvieron las plantas con mayor altura (91 y 89 cm, respectivamente), en tanto que, Luminaria F2012 (24) fue el genotipo de porte más bajo con 73 cm. A su vez, CORTAZAR S94 (1) y PLATA/ICA 30.05//CELESTINA (19) fueron los más precoces en los días a espigamiento con 70, mientras que los trigos cristalinos GEMA C2004 (20) y ANATOLY C2011 (31) fueron los más tardíos con 79 días. Los genotipos: Diamante//URBINA (17) y PLATA/ICA 30.05//CELESTINA (19) fueron los más precoces en alcanzar su madurez con

122 y 123 días, respectivamente, y las líneas IBIS//ENE/ZITA/3/ENE/ZITA/LIZ (30) y LUMINARIA/3/HEILO//MILAN/4/ALONDRA (29), fueron las más tardías con 128 días.

Cuadro 4. Valores promedios obtenidos de altura de planta, y de días a espigamiento y a la madurez, en el factor genotipos. Ciclo otoño-invierno de 2015-16.

Variedad o cruza	Altura de planta (cm)	Días a espigamiento	Días a madurez
31	89	79	127
21	87	77	126
25	86	72	125
35	85	74	127
4	84	75	127
10	88	77	125
28	85	75	127
6	84	73	126
14	86	78	127
12	86	74	127
34	85	75	127
18	87	74	124
8	84	74	127
23	86	75	127
33	87	71	124
20	86	79	127
36	88	72	125
22	85	74	125
29	91	76	128
27	84	74	125
11	85	74	125
13	86	72	125
32	80	71	124
7	75	73	126
15	83	73	127
19	84	70	123
1	76	70	124
30	86	74	128
2	85	75	126
16	77	74	126
26	86	71	124
3	86	71	124
17	85	72	122
5	75	71	125
24	73	71	123
9	81	74	126
Medias	84	74	126
DSH	4.3	1.7	1.9

Cuadro 4. Valores promedios obtenidos de altura de planta, y de días a espigamiento y a la madurez, en el factor genotipos. Ciclo otoño-invierno de 2015-16.

Variedad o cruza	Altura de planta (cm)	Días a espigamiento	Días a madurez
31	89	79	127
21	87	77	126
25	86	72	125
35	85	74	127
4	84	75	127
10	88	77	125
28	85	75	127
6	84	73	126
14	86	78	127
12	86	74	127
34	85	75	127
18	87	74	124
8	84	74	127
23	86	75	127
33	87	71	124
20	86	79	127
36	88	72	125
22	85	74	125
29	91	76	128
27	84	74	125
11	85	74	125
13	86	72	125
32	80	71	124
7	75	73	126
15	83	73	127
19	84	70	123
1	76	70	124
30	86	74	128
2	85	75	126
16	77	74	126
26	86	71	124
3	86	71	124
17	85	72	122
5	75	71	125
24	73	71	123
9	81	74	126
Medias	84	74	126
DSH	4.3	1.7	1.9

Análisis de la interacción fechas de siembra por genotipo con el carácter rendimiento de grano

Para explicar la interacción FS x G (genotipo-ambiente) de los análisis combinados, se utilizó la rutina de programación AMMI1 descrita por Vargas y Crossa (2000). Las fechas de siembra, los genotipos y la interacción explicaron el 37.1, 27.7 y 13.2%, respectivamente, de la suma de cuadrados del modelo (Cuadro 5). El modelo AMMI indicó que el primer eje del ACP explicó el 59.3% de la SC de la interacción. El segundo, tercero y cuarto componente, explicaron el 23.0, 12.1 y 5.7%, respectivamente. El modelo AMMI retuvo el 78% de la SCT (ambiente + genotipo + interacción), utilizando 179 grados de libertad (cuatro para ambientes, 35 para genotipos y 140 para CP1, CP2, CP3 y CP4). El estudio de la interacción realizado con el AMMI se completó con el empleo del biplot (Figura 1). Éste explicó el 72.6% de SCT (%SC CP1 + %SC ambiente + %SC genotipos).

Cuadro 5. Análisis de varianza AMMI1 de 36 genotipos de trigo en cinco fechas de siembra.

FV	GL	SC	%SC
Fechas de siembra (FS)	4	316707471.8	37.1
Genotipos (G)	35	236207480.8	27.7
FS x G	140	112875830.9	13.2
CP1	38	66905404.23	59.3
CP2	36	25923020.74	23.0
CP3	34	13668417.00	12.1
CP4	32	6392356.96	5.7
Residuo	30	0	0.0

FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados.

En la Figura 1 se muestra la representación gráfica (gráfico biplot) de genotipos y fechas de siembra, donde, en el eje de las abscisas (“x”) se lee el rendimiento de grano de los genotipos y las fechas de siembra, y en el eje de las ordenadas (“y”) se mide la estabilidad de los mismos, es decir, aquellos con valores cercanos a cero son estables, mientras que, los que presentan valores altos del primer componente principal (CP1) son inestables. La línea punteada perpendicular al eje de las “x” indica el rendimiento medio de los genotipos. De acuerdo a lo anterior, en la figura se observa que los genotipos 31 y 21, fueron los de mayor rendimiento de grano; en cambio, los genotipos 9, 24 y 5 fueron los de menor rendimiento, mientras que, los genotipos 13, 32 y 11 obtuvieron un rendimiento muy similar a la media. A su vez, los genotipos 1, 32 18 y 25 fueron los más estables, de los cuales, el primero obtuvo rendimientos inferiores a la media y el 25 fue el más destacado, por lo que es el más deseable. En las FSB y C, los genotipos expresaron el mayor rendimiento y en la FSE los

menores rendimientos. En la FSA se obtuvieron rendimientos ligeramente superiores a la media. La magnitud de los vectores entre fechas de siembra, mostró que en la FSE se registró la mayor variación en rendimiento; así mismo, el comportamiento promedio de los genotipos fue opuesto a lo observado en las FSA y C. El ángulo menor a 90° entre las FSD y E y entre las FSA, B y C, indica que los genotipos se comportaron de manera similar entre ellas. Los genotipos que tienen valores del CP1 (eje de las "y") mayores a 0, se adaptan bien a las fechas de siembra, que, de igual forma, tienen valores del CP1 mayores a 0 (su interacción es positiva), pero responden negativamente en ambientes que tienen valores del CP menores a 0. Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores del CP1 menores a 0.

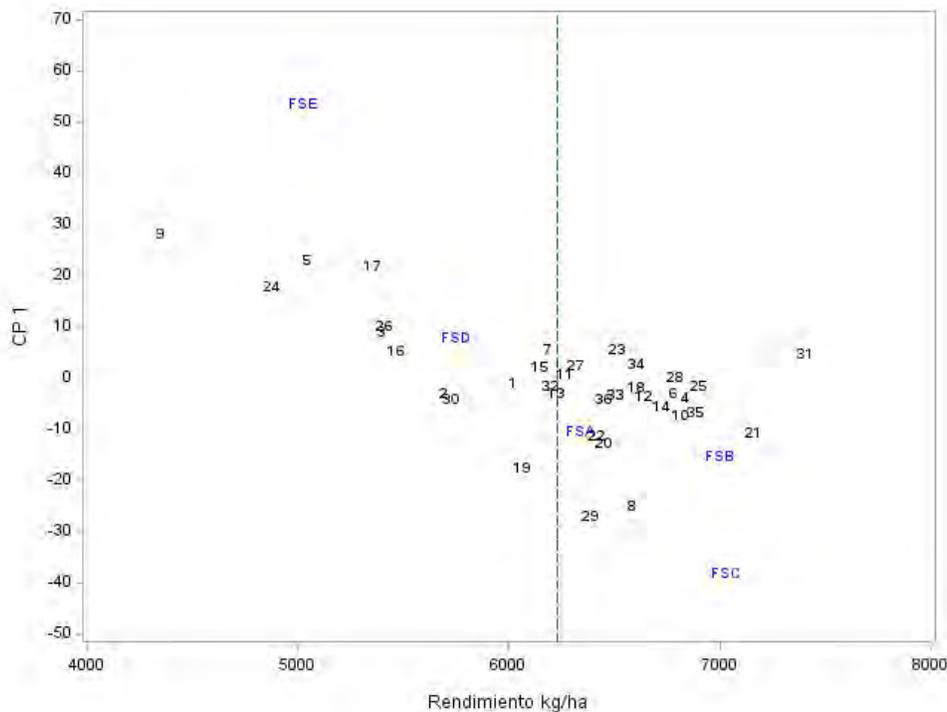


Figura 1. Análisis AMMI1 para el componente principal 1 y rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de 36 genotipos y cinco fechas de siembra. Ciclo otoño-invierno de 2015-2016.

Conclusiones

En las fechas de siembra tempranas e intermedias (16 de noviembre al 15 de diciembre) se obtuvieron los mayores rendimientos, las plantas fueron más altas y los ciclos biológicos más largos. Anatoly C2011 fue genotipo más sobresaliente, a través de fechas de siembra con un rendimiento promedio de $7,411 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido de la línea de trigo harinero 21 con $7,161 \text{ kg ha}^{-1}$. En las fechas de siembra A, B y C se clasificaron de manera similar los genotipos y de manera opuesta que en las fechas de siembra D y E.

Literatura citada

- Bindraban, P. S., K. D. Sayre and E. Solís M. 1998. Identifying factors that determine kernel number in wheat. *Field Crops Res.* 58:223-224.
- Finlay, K. S. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14:742-754.
- Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. p. 85-122. In: Kang, M. S. and H. G. Gauch (eds.). *Genotype by Environment Interaction*. CRC Press. New York, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> [consultado el 15 de abril de 2016].
- Solís, M. E. y J. G. Díaz de León. 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. *Terra* 19(4):375-383.
- Solís, M. E., J. L. Huerta E., H. E. Villaseñor M. y G. A. Aguado S. 2007. Roya lineal, fenología, rendimiento y sus componentes en trigo harinero (*Triticum aestivum* L.). *Agrociencia* 41:563-573.
- Urbina, A. R. y E. Solís M. 1991. Marte M-86, Saturno S-86 y Romuma M-86, variedades de trigo harinero para El Bajío. Folleto Técnico No. 8. SARH. INIFAP. CIFAP Guanajuato. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 42 p.
- Vargas, H. M. y J. Crossa. 2000. El análisis AMMI y la gráfica del biplot en SAS. Unidad de biometría. CIMMYT. México. <http://www.cimmyt.cgiar.org/biometrics>.
- Zobel, R. W. 1990. A powerful statistical model for understanding genotype-by-environment interaction. p. 126-140. In: Kang, M. S. (ed.). *Genotype-by-Environment Interaction and Plant Breeding*. Louisiana State University. Baton Rouge, LA, USA.
- Zobel, R. W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:388-393.

AISLAMIENTOS DE HONGOS MICORRIZICOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DEL TRIGO

Sarahyt S. González Figueroa¹²², Oscar A. Grageda Cabrera^{121*}, Ernesto Solís Moya¹²¹, Aquilino Ramírez Ramírez¹²¹, Juan Rolando Hurtado Guerra¹²² y Lourdes Ledesma Ramírez¹²²

Resumen

En la región de El Bajío se emplean altas dosis de fertilización en la producción de trigo, lo que incrementa el costo de producción. Se evaluó el efecto de 13 aislamientos de Hongos Vesículo Arbusculares (HVA) en la producción del cultivo de trigo. El experimento se estableció en condiciones de invernadero y se utilizó la variedad Bárcenas S2002. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones; se emplearon 16 tratamientos: 3 testigos (uno al 100%, 50% de la fertilización y uno absoluto) y 13 aislamientos de HVA fertilizados al 50%. Las variables evaluadas fueron infección radical, altura de planta, índice de clorofila y biomasa seca. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en las variables infección radical, índice de clorofila y biomasa seca; en la variable altura no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Con respecto a infección radical, los aislamientos M314, M318R4, MT322T2 y *Scutellospora* sp. tuvieron un comportamiento menor al resto de los aislamientos, mostrando una infección radical de 84%. Para la variable índice clorofila, los aislamientos MT322T2, *Sclerocystis coremioides*, M314 y MT321T1 igualaron estadísticamente al testigo 100% fertilizado aun y cuando estas fueron fertilizadas sólo con la mitad de la dosis de fertilización; los MT321T1, M319R5 y *Sclerocystis clavispora* estuvieron por encima del testigo 50% fertilizado, los demás aislamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente igual a este mismo testigo. En biomasa seca ninguno de los aislamientos de HVA obtuvieron valores mayores al 100% fertilizado, pero igualaron al 50% fertilizado. La inoculación de HVA incrementó el contenido de clorofila en la planta. Los tratamientos que se proponen para evaluaciones en campo son *Sclerocystis coremioides*, M314 y MT321T1, estos podrían utilizarse como biofertilizantes comerciales.

Palabras clave: biofertilizantes, asimilación, cereales

¹²¹C.E. Bajío-INIFAP, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010.

¹²² Tecnológico Nacional de México. ITRoque. km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C. P. 38110.

* grageda.oscar@inifap.gob.mx.

Introducción

Respecto al consumo de granos básicos en México, el trigo representa el 21% y se ubica en el segundo lugar después del maíz, con un consumo anual per cápita de 52 kg y un volumen de ventas de la industria que incrementa 1 y 2%. El trigo es uno de los pocos cultivos que se han dispersado a todo el mundo (Solís y Rodríguez, 2000).

Desde el punto de vista comercial, el trigo se clasifica en trigo harinero (su harina se emplea para la fabricación de pan, galletas, pasteles y tortillas) y trigo duro o cristalino (del cual se extrae la semolina que se emplea para la fabricación de pastas). Del primero se siembra casi el 90% de la superficie y del segundo el 10% (Solís y Rodríguez, 2000).

En el periodo 2003-2012, en los ciclos otoño-invierno (O-I) en riego y primavera-verano (P-V) en condiciones de temporal en México, se sembraron anualmente 690,068 hectáreas. De esta superficie el 78.8% se concentró en los estados de Sonora, Baja California, Guanajuato, Tlaxcala, Michoacán y Jalisco; entre ellos destaca Sonora con 36.7% del área total sembrada (SIAP, 2017).

Ya que la población mundial va a la alza es necesario incrementar los rendimientos y una de las herramientas indispensables para mantenerlos o aumentarlos es la fertilización, lamentablemente el uso excesivo de estos productos contribuye a la generación de gases de efecto invernadero y nitratos que se lixivian a los mantos fríasicos generando la eutrofización, la fertilización es una herramienta indispensable pero es prioritario hacer más eficiente su uso, esto aumentando su asimilación y aplicado las dosis adecuadas.

Una de las herramientas para aumentar la asimilación de nutrientes es el uso de microorganismos benéficos. Uno de los microorganismos importantes son los HVA que forman una simbiosis llamada micorriza, que se origina entre el hongo y las raíces de las plantas.

Se ha demostrado que las plantas micorrizadas por los HVA incrementan la captación de nutrimentos minerales, especialmente aquellos que son poco móviles en el suelo, como fósforo, cobre y zinc. También se ha observado que reducen la tensión fisiológica causada por microorganismos patógenos de la raíz (Azcón y Barea, 1992) y condiciones ambientales extremas (Sylvia y Williams, 1992).

Las plantas micorrizadas crecen mejor que las no micorrizadas, por producir un incremento en la nutrición mineral a través de las hifas, quienes ayudan a explorar un mayor volumen de suelo que los pelos radiculares de las mismas plantas (Rajan et al., 2000). El incremento en la nutrición mineral aumenta los contenidos de índice de clorofila y como consecuencia una mayor tasa fotosintética (Bian et al., 2001).

En la agricultura, la importancia de los HVA se traduce en los beneficios que aportan a las plantas en relación con el mejor aprovechamiento del agua y nutrimentos, especialmente el fósforo cuando éste es limitado. El suelo también es favorecido con los HVA ya que las hifas

permiten la agregación de las partículas, lo que evita que la pérdida de éste por la erosión sea menor (Abbott y Gazey, 1994). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes aislamientos de Hongos Vesículo Arbusculares (HVA) en la producción del cultivo de trigo, para identificar cuál de ellos puede tener posible uso comercial como biofertilizantes micorrízico de esta gramínea.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México El clima predominante en la región es semiseco semicálido; la temperatura media anual es de 18.2°C.

Se montaron dos pruebas simultáneas, ambas mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones, los tratamientos del experimento de infección radical fueron 13 colectas de HVA y un testigo sin inoculación; para el experimento de evaluación de índice de clorofila, altura y biomasa seca, fueron 13 colectas de HVA y 3 testigos; uno absoluto, uno al 100% y 50% de la fertilización química recomendada por el INIFAP-CEBAJ. Las unidades experimentales fueron vasos de poliestireno del número 16 con 250 g de sustrato y macetas que contenían 5 kg de sustrato respectivamente. La densidad de siembra utilizada en el experimento de infección radical fue de 1 planta por vaso y en la segunda evaluación 5 plantas por maceta. La variedad de trigo evaluada fue Bárcenas S2002, que es un trigo suave de ciclo intermedio.

Se realizó una selección de los aislados más destacados en tres evaluaciones realizadas con anterioridad por el INIFAP. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

No.	Fertilización (%)	Aislado	No.	Fertilización (%)	Aislado
1	50	Sclerocystis coremioides	9	50	MT322T2
2	50	Sclerocystis clavispora	10	50	MT323T3
3	50	Scutellospora sp.	11	50	Querétaro1R1
4	50	M313	12	50	Querétaro1R3
5	50	M314	13	50	M318R4
6	50	M319R5	14	0	Testigo absoluto
7	50	M320R6	15	50	Testigo 50%
8	50	MT321T1	16	100	Testigo 100%

La dosis de fertilización utilizada en el experimento de evaluación de altura y clorofila fue de 240-60-00 (N-P₂O₅-K₂O), las cuales son recomendadas por el INIFAP para su producción en bajo; como fuente de fósforo se utilizó súper fosfato triple granulado en una sola aplicación a la siembra y sulfato de amonio como fuente de N.

La evaluación de la infección radical se realizó cada 10 días iniciando a los 20 días después de la siembra (dds). Se extrajo la plántula eliminando el exceso de sustrato, cuidando no dañar las raíces, se procedió a realizar la evaluación según el procedimiento reportado por Walker (2001).

La determinación del índice de clorofila se realizó con un clorofilómetro "SPAD", cada 15 días, a partir de los 20 dds; en cada parcela se tomaron 5 mediciones de las hojas liguladas más jóvenes por planta.

Para la variable altura de planta se realizó la colecta de datos a los 15 dds y posteriormente cada 15 días por medio de un flexómetro, midiendo desde la base del tallo hasta la parte más alta. La biomasa seca se cuantificó pesando las plantas (cortadas desde la base) en una balanza electrónica.

El análisis de datos se realizó mediante un análisis de varianza, y cuando la prueba de F resultó significativa se realizó la comparación de medias mediante la prueba de comparación múltiple de medias Fisher (DMS) con $p \leq 0.05$; en ambos casos, se utilizó el software SAS 9.3 (SAS Institute 9.3, 2014).

Resultados y discusión

Infección radical. En el análisis de varianza para la variable infección radical (Cuadro 2) se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para todas las fechas de evaluación, esto indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un comportamiento diferente. Los coeficientes de variación obtenidos (27.88, 12.47, 11.09 y 10.78) ponen de manifiesto que el experimento fue bien conducido y es confiable.

Cuadro 2. Cuadrados medios, grados de libertad y nivel de significancia del componente infección radical, para cuatro fechas de valuación, en invernadero. INIFAP-CEBAJ. 2016.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios			
		Infección radical (%)			
		20 dds	30 dds	40 dds	50 dds
Tratamientos	13	1717**	1650**	1863**	1840**
Error	28	101.83	68.13	76.92	79.85
C.V.	--	27.88	12.47	11.09	10.78

**= Significancia estadística al nivel 0.01 de probabilidad, ns= Valor no significativo, gl= Grados de libertad, C.V.= Coeficiente de variación, dds= días después de la siembra.

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias para la variable infección radical a los 20, 30, 40 y 50 dds, se observa que a los 20 dds las colectas M314 y M323T3 alcanzaron los valores más altos, mientras que *Scutellospora* sp. y M320R6 fueron las menores. A los 50 dds, las colectas que alcanzaron el 100% de infección radical fueron *Sclerocystis coremioides* y Querétaro1R3, las otras colectas estuvieron arriba del 80% de infección. Por otro lado, el tratamiento testigo no mostró ningún nivel de infección radical durante todo el experimento lo que indica que el suelo fue bien esterilizado y no contenía rastros de esporas de HVA. Esto pone de manifiesto que las colectas evaluadas tienen alto potencial infectivo, tomando en cuenta lo reportado por Sudová y Vosáka (2007) que encontraron que al inocular cereales con *G. intraradices* registraron una colonización del 82±5% en 12 semanas.

Cuadro 3. Comparación de medias mediante la prueba de DMS ($p \leq 0.05$) para el componente infección radical en el cultivo de trigo, evaluada en invernadero. INIFAP-CEBAJ. 2016.

Tratamiento	Infección radical (%)			
	20 dds	30 dds	40 dds	50 dds
<i>Sclerocystis coremioides</i>	13.33 de	60.0 cd	86.66 abc	100 a
<i>Sclerocystis clavispora</i>	53.33 bc	60.0 cd	63.33 cd	93.33 ab
<i>Scutellospora</i> sp.	13.33 de	60.0 cd	60.00 d	80.0 b
M313	20.00 d	86.66 ab	86.66 abc	86.66 ab
M314	80.0 a	93.33 a	93.33 ab	86.66 ab
M319R5	46.66 c	60.00 cd	80.0 bc	86.66 ab
M320R6	13.33 de	53.33 d	93.33 ab	93.33 ab
MT321T1	20.0 d	73.33 bc	86.66 abc	86.66 ab
MT322T2	26.66 d	66.66 cd	80.0 bc	80 b
MT323T3	66.66 ab	93.33 a	93.33 ab	93.33 ab
Querétaro1R1	53.33 bc	86.66 ab	93.33 ab	93.33 ab
Querétaro1R3	46.66 c	73.33 bc	100 a	100 a
M318R4	53.33 bc	60.0 cd	80.00 bc	80 b
Testigo	0 e	0 e	0 e	0 c
DMS	16.93	13.85	14.72	14.99

Nota: En una misma columna, valores con la misma letra son estadísticamente iguales; dds= días después de la siembra.

Altura de planta, índice de clorofila y biomasa seca

En el análisis de varianza para estas variables (Cuadro 4) se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos para las variables índice de clorofila y biomasa seca. Para la variable altura no existieron diferencias significativas por lo tanto todos los

tratamientos se comportaron estadísticamente igual. Los coeficientes de variación (4.68, 8.14, 6.86) indican que el experimento fue bien conducido y es confiable.

Cuadro 4. Cuadrados medios, grados de libertad y nivel de significancia del componente de altura de planta e índice de clorofila evaluadas en invernadero. INIFAP-CEBAJ. 2016.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios		
		Altura	Índice de Clorofila	Biomasa seca
Tratamientos	15	20.97 ^{ns}	69.57**	6.80**
Error	30	8.74	11.58	1.06
C.V.	--	4.68	8.14	6.86

**= Significancia estadística al nivel 0.01 de probabilidad, ns= Valor no significativo, gl= Grados de libertad, C.V.= Coeficiente de variación.

En el Cuadro 5 se muestra la comparación de medias para las variables índice de clorofila y biomasa seca. Para la variable índice de clorofila los aislamientos 322, 134, 314 y 321 igualaron estadísticamente al testigo 100% fertilizado aún y cuando estas fueron fertilizadas sólo con la mitad de la dosis de fertilización; por otra parte, los aislados 321, 319 y 184 estuvieron por encima del testigo 50% fertilizado, los demás aislamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente igual a este mismo testigo. Con respecto a la variable biomasa seca ninguno de los aislamientos de HVA obtuvieron valores mayores al 100% fertilizado, pero si igualaron al 50% fertilizado, esta misma tendencia se ha observado en otros cultivos; al evaluar HVA en el cultivo de chile logro identificar que tratamientos 50% fertilizados e inoculados fueron capaces de igualar o superar la altura de los 100% fertilizados sin inoculación. En contraste con respeto a la variable altura donde no se observaron diferencias significativas, al evaluar diferentes inoculantes en los cultivos de trigo, maíz, sorgo, frijol y garbanzo observó que algunos de los inoculantes que lograron superar la altura del testigo 100% fertilizado estaban elaborados a base de HVA. Por otro lado, Alvarado et al. (2014), al realizar una evaluación del hongo micorrízico *R. intraradices* en plantas de tomate, bajo un sistema de fertirriego y en condiciones de casa sombra, observaron un incremento en la altura de planta debido a que por medio de este hongo micorrízico la planta fue capaz de absorber una mayor cantidad de nutrimentos, la discrepancia de esta variable en el presente estudio puede deberse a que el experimento sólo contempló las primeras etapas del desarrollo y por tanto existe la necesidad de llegar a la etapa de madurez fisiológica para determinar si existe un efecto en la variable altura. Esto concuerda con lo reportado con Plana et al. (2008) quienes observaron que el rendimiento y sus componentes en trigo fueron mejores con el uso de los inoculantes micorrízicos seguido de la fertilización mineral.

Cuadro 5. Comparación de medias mediante la prueba de DMS ($p \leq 0.05$) para las variables índice de clorofila y biomasa seca de trigo, evaluadas en invernadero. INIFAP-CEBAJ. 2016.

Tratamientos	Índice de clorofila (U. SPAD)	Biomasa seca (g)
Sclerocystis coremioides	44.28 ab	14.30 b
Sclerocystis clavispora	42.96 b	14.63 b
Scutellospora sp.	41.18 bc	14.16 b
M313	39.66 bc	14.10 b
M314	44.26 ab	15.20 b
M319R5	43.32 b	15.80 b
M320R6	42.38 bc	14.70 b
MT321T1	44.25 ab	14.86 b
MT322T2	49.35 a	15.63 b
MT323T3	39.64 bc	14.73 b
Querétaro1R1	40.84 bc	14.60 b
Querétaro1R3	39.57 bc	15.13 b
M318R4	37.05 c	15.03 b
Testigo	28.83 d	12.30 c
50% Fertilizado	41.58 bc	15.40 b
100% Fertilizado	49.70 a	19.80 a
DMS	5.67	1.72

Nota: En una misma columna, valores con la misma letra son estadísticamente iguales.

Conclusiones

La inoculación de HVA incrementa el contenido de clorofila en el cultivo de trigo lo cual se verá reflejado en el rendimiento de manera favorable; por otro lado, puede llegar a incrementar la asimilación de los nutrientes y con esto elevar la producción de biomasa. Los tratamientos que se proponen para incremento masivo y evaluaciones en campo son Sclerocystis coremioides, M314 y MT321T1, estos podrían utilizarse como biofertilizantes comerciales.

Literatura citada

- Abbott, L. K. and C. Gaze. 1994. An ecological view of the formation of va mycorrhizas. *Plant Soil* 159: 69-78.
- Alvarado, M., A. Díaz., y M. D. A. Peña. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas.* 5 (3):513-518.
- Azcón, C. and J. M. Barea. 1992. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. pp. 163-198. In: Allen, M. F. (ed.) *Mycorrhizal Functioning*, Chapman Hall, New York.
- Bian, X., L. Hu., X. Li and H. Feng. 2001. Effect of va mycorrhiza on the turfgrass quality and mineral nutrient uptakes. *Acta Prataculturae Sinica* 10:42-46.
- Plana, R., P. J. González., F. Fernández., A. Calderón., Y. Marrero y J. M. DellAmico. 2008. Efecto de dos inoculantes micorrízicos arbusculares (base líquida y sólida) en el cultivo del trigo duro (*Triticum durum*). *Cultivos Tropicales* 29(4):35-40.
- Rajan, S. K., B. J. B. Reddy and D. J. Bagyaraj. 2000. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. *Forest. Ecol. Manage.* 126:91-95.
- SAS Institute. 2014. *SAS/STAT user's guide. Version 9.3.* SAS Institute. Cary NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Avance de siembras y cosechas resumen nacional por cultivo. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [consultado el 10 de Julio del 2017].
- Solís. M. E. y G. A. Rodríguez (eds.). 2000. Trigo de riego: origen, variedades, manejo del cultivo, calidad industrial. Libro Técnico No. 2. SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 139 p.
- Sudová, R. and M. Vosátka. 2007. Differences in the effects of three arbuscular mycorrhizal fungal strains on P and Pb accumulation by maize plants. *Plant and Soil* 296(1-2):77-83.
- Sylvia, D. M. and S. E. Williams. 1992. Vesicular arbuscular mycorrhizae and environmental stress. pp. 101-124. In: Bethlenfalvay, G. J. & R. G. Linderman (eds.) *Mycorrhizae in sustainable agriculture. Special Publication No. 54.* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Walker, C. 2001. Curso Taller sobre taxonomía de hongos micorrízico-arbusculares. Laboratorio de Organismos Benéficos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa. Xalapa Veracruz, México.

ASIMILACIÓN DE NITRÓGENO POR EL CULTIVO DE TRITICALE EN LA INTERACCIÓN COMPOSTAS, FERTILIZANTES Y BIOFERTILIZANTES

Oscar A. Grageda-Cabrera^{123*}, Sarahyt S. González-Figueroa¹²³, Juan José Peña-Cabriales¹²⁴, José Antonio Vera Núñez¹²⁵, Edwin Alberto Mosqueda Camarena¹²³ y Ernesto Solís Moya¹²³

Resumen

Se efectuó un experimento en condiciones de invernadero utilizando la técnica de dilución isotópica de ^{15}N para determinar el efecto de la combinación de abonos orgánicos, fertilizantes sintéticos y biofertilizantes en la asimilación de nitrógeno (N) por el cultivo de triticale. Se evaluaron tres tipos de composta, la sustitución de la fertilización-N sintética por composta en 0, 25, 50 y 75% y seis biofertilizantes. Los parámetros evaluados fueron: i) peso seco de grano, paja y total, ii) N en grano, paja y total, iii) N derivado del fertilizante (Nddf), iv) N derivado del abono orgánico (Nddc), y vi) eficiencia en la utilización del N del fertilizante y de la composta (EUN). El diseño experimental fue factorial en arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La inoculación con biofertilizantes incrementó la producción de biomasa hasta 16% respecto al testigo sin inocular, los mejores tratamientos fueron la inoculación de la micorriza multicepa Chiapas y la bacteria *Azospirillum* sp. cepa 29A6. La inoculación incrementó en 32% el contenido de N total, 8% el Nddf y 7% el Nddc, en comparación con el testigo sin inocular. En la EUN derivado del fertilizante, la inoculación lo incrementó en 10% y la EUN derivado de la composta en 6%. La producción de biomasa y la asimilación de N fueron mayores cuando las compostas sustituyen entre un 50 y 75% la fertilización sintética, y la eficiencia de asimilación se incrementó al aplicar biofertilizantes.

Palabras clave: dilución isotópica ^{15}N , Triticosecale, inoculación, microorganismos

Introducción

La deficiencia de nutrimentos, especialmente la de N, es corregida a través de la adición de fertilizantes sintéticos. Sin embargo, los altos costos limitan su uso, sobre todo en los países

¹²³Campo Experimental Bajío – INIFAP. *grageda.oscar@inifap.gob.mx

¹²⁴CINVESTAV-IPN, U. Irapuato

¹²⁵Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque (ITRoque).

en desarrollo, donde la necesidad de incrementar la producción de alimentos es más urgente (FAO, 2002). Se ha cuantificado que los cultivos absorben entre un 20 a 40% del fertilizante aplicado, el resto se pierde por diversos mecanismos, generando cuantiosas pérdidas económicas y contaminación ambiental, tal como la eutrofización de cuerpos de agua, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono estratosférica e incremento del efecto de invernadero (Grageda-Cabrera et al., 2011). El consumo de fertilizantes sintéticos en México data desde 1950 y ha crecido ininterrumpidamente hasta llegar al consumo actual de 6.6×10^6 Mg año⁻¹; de éstos, el 81.7% son importados (ANIITTA, 2016).

Por otro lado, en México se siembran 14,500 ha con triticale, de las cuales el 76.3% se dedica a la producción de forraje en verde con un rendimiento promedio de 29.6 t h⁻¹, y un 23.7% para la producción de grano con un rendimiento promedio de 2.9 t ha⁻¹. Del total de la superficie sembrada, el 91.2% es en condiciones de riego y el 8.8% en condiciones de temporal (SAGARPA, 2014; SIAP, 2014).

El triticale puede jugar un papel significativo en disminuir la pobreza y se necesita la intervención de muchos actores clave, en este contexto, la investigación aquí presentada se enfoca en generar información sobre el uso combinado de fertilizantes, abonos orgánicos y biofertilizantes en la producción de este cultivo. El objetivo del presente trabajo fue investigar el empleo adecuado de abonos orgánicos, fertilizantes sintéticos y biofertilizantes en la producción de triticale.

Materiales y métodos

El experimento se instaló en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ, INIFAP), Celaya, Gto., México. La evaluación se hizo en el cultivo de triticale Var. Bicentenario en camas de 1.5 m de ancho x 30 m de largo x 0.25 m de altura en condiciones de invernadero. El experimento se estableció con un diseño factorial en arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los factores fueron los siguientes: 1) Abonos orgánicos: Composta 1 (Artesanal); Composta 2 (Humibac) y Composta 3 (Vermicomposta Humibac [VMC Humibac]). 2) Biofertilizantes; Micorriza 1; Micorriza 2; Micorriza 3; Bacteria 1; Bacteria 2 y Bacteria 3. 3) Sustitución del fertilizante sintético por el abono orgánico: El 75%; 50%; 25% y 0 % (testigo con 100% de fertilizante sintético).

Los parámetros evaluados fueron: 1) peso seco de grano, paja y total. 2) N en grano, paja y total. 3) N derivado del fertilizante (Nddf). 4) N derivado del abono orgánico (Nddc). 5) eficiencia en la utilización del N del fertilizante y de la composta (EUN). La sustitución del N del fertilizante sintético por las compostas se hizo de acuerdo de la dosis de fertilización recomendada para el triticale.

Los inoculantes utilizados fueron tres cepas de micorrizas (micorriza 1: cepa Pino, micorriza 2: cepa Daniel, micorriza 3: Multicepa Chiapas) y tres cepas bacterianas (bacteria 1: Bacillus sp. cepa 14B2, bacteria 2: Bacillus sp. cepa 29B2, bacteria 3: Azospirillum sp. cepa 29A6). Las cepas de micorrizas pertenecen a la colección del INIFAP y las cepas bacterianas fueron proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología Ambiental del CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato. La inoculación se hizo a la semilla al momento de la siembra en los tratamientos correspondientes.

La fertilización fue 130-60-00, todo el N del fertilizante se marcó con ^{15}N al 5.025% de átomos en exceso como sulfato de amonio. El N total se determinó por el método Kjeldahl. El enriquecimiento de ^{15}N se determinó por la composición isotópica ($\delta^{15}\text{N}$) mediante espectrometría de masas (Ehlenringer y Rundel, 1989). Los cálculos isotópicos de ^{15}N se determinaron por el método de dilución (Zapata, 1990).

Los datos se analizaron estadísticamente siguiendo el procedimiento estándar de análisis de varianza y la diferencia significativa entre medias se determinó a $p \geq 0.05$ por la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) (SAS, 2014).

Resultados y discusión

Peso seco

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos e índice de cosecha para el factor tipo de composta. La mayor producción de biomasa, tanto de grano, paja y total se obtuvo en la composta artesanal, seguida por la composta humibac y finalmente por la VMC humibac. El índice de cosecha indica cuánto de la biomasa producida es grano, el triticale se puede usar para doble propósito, producción de forraje y grano, con composta artesanal se produjo más grano que paja. Esto se debió a que esta composta tenía menor grado de mineralización y los nutrimentos estaban más disponibles; sin embargo, es preferible que los nutrimentos estén mineralizados y su liberación sea paulatina.

Cuadro 1. Peso seco e índice de cosecha en las variables de tipo de composta. INIFAP-CEBAJ.

Tipo de composta	PSP (g)	PSG (g)	PST (g)	IC
Composta Artesanal	213.19 a*	109.56 a	322.75 a	0.34 a
Composta Humibac	212.86 a	104.05 b	316.91 b	0.33 b
VMC Humibac	207.20 b	100.24 c	307.45 c	0.33 b
DMS	3.49	1.37	4.05	0.004

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS $p \geq 0.05$. PSP= Peso seco de paja. PSG= Peso seco de grano. PST= Peso seco total. IC= Índice de cosecha.

Respecto al efecto del porcentaje de aplicación de composta sobre el peso seco e índice de cosecha, encontramos diferencias significativas (Cuadro 2). A mayor cantidad de composta aplicada, el peso seco de paja, grano y total disminuyen, la aplicación de fertilizante sintético incrementó en forma directamente proporcional el peso seco de la paja. En el índice de cosecha se obtuvo el efecto inverso, se produjo más grano cuando se aplicó mayor cantidad de composta que de fertilizante sintético.

Cuadro 2. Peso seco e índice de cosecha en para la variable porcentaje de aplicación de composta. INIFAP-CEBAJ.

Composta aplicada (%)	PSP (g)	PSG (g)	PST	IC
75	143.22 d*	83.41 b	226.63 d	0.36 a
50	201.12 c	111.46 a	312.59 c	0.35 b
25	246.91 b	111.52 a	358.44 b	0.30 d
0	253.08 a	112.07 a	365.15 a	0.31 c
DMS	4.03	1.58	4.68	0.004

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS $p \geq 0.05$. PSP= Peso seco de paja. PSG= Peso seco de grano. PST= Peso seco total. IC= Índice de cosecha.

En el Cuadro 3 se muestra que la inoculación con biofertilizantes superó la producción de materia seca en comparación con el testigo sin inocular. Los biofertilizantes que contribuyeron a producir mayor cantidad de materia seca fueron la micorriza 3 y la bacteria 3. En lo referente al índice de cosecha, éste fue mayor cuando no se aplicaron inoculantes y se debió a que los rendimientos en este factor fueron los más bajos, es común encontrar altos índices de cosecha en cultivos que presentan bajo rendimientos, debido a que la planta moviliza mayor cantidad de nutrimentos a la semilla para preservar la especie.

Cuadro 3. Peso seco e índice de cosecha en las variables de tipo de biofertilizantes. INIFAP-CEBAJ.

Biofertilizante	PSP* (g)	PSG (g)	PST (g)	IC
Sin Inoculante	179.36 c	97.42 d	276.79 c	0.361 a
Micorriza 1	213.38 b	103.38 c	317.26 b	0.333 c
Micorriza 2	215.29 b	105.17 c	320.43 b	0.334 bc
Micorriza 3	224.01 a	104.88 c	328.90 a	0.326 d
Bacteria 1	216.21 b	105.75 bc	321.96 b	0.337 bc
Bacteria 2	213.88 b	107.35 ab	321.24 b	0.340 b
Bacteria 3	215.49 b	107.86 a	323.36 ab	0.335 bc
DMS	5.33	2.09	6.19	0.006

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS $p \geq 0.05$. PSP= Peso seco de paja. PSG= Peso seco de grano. PST= Peso seco total. IC= Índice de cosecha.

La interacción de todos los factores evaluados presentó diferencias entre los tratamientos. Los tratamientos que produjeron mayor biomasa fueron donde se inoculó, aplicó menor cantidad de composta y mayor cantidad de fertilizante sintético. El mejor tratamiento fue cuando no se aplicó composta y la bacteria 3, con un peso total de 447 g, y el rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento sin inoculante con el 75% de composta humibac, con un peso total de 186 g.

Nitrógeno total

En la asimilación de N total debido a los factores tipo y porcentaje de aplicación de composta (Cuadros 4 y 5), se observaron diferencias entre tratamientos similares a los presentados en materia seca. Los tratamientos con composta artesanal acumularon más N que los otros tratamientos. En el porcentaje de aplicación hubo mayor acumulación de N cuando se aplicó fertilizante sintético. En el índice de cosecha de N, se obtuvieron los mayores valores cuando se aplicó la composta artesanal en dosis altas.

Cuadro 4. Contenido de N e índice de cosecha de N (ICN) para las variables tipo de composta. INIFAP-CEBAJ.

Composta	N (g)			ICN
	Paja	Grano	Total	
Composta Artesanal	1.59 a*	2.97 a	4.56 a	0.65 a
Composta Humibac	1.42 b	2.58 b	4.01 b	0.64 a
VMC Humibac	1.28 c	2.23 c	3.51 c	0.63 b
DMS	0.020	0.039	0.50	0.004

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS, 0.05.

Cuadro 5. Contenido de N e índice de cosecha de N (ICN) para las variables de porcentaje de aplicación de compostas. INIFAP-CEBAJ.

Composta aplicada (%)	N (g)			ICN
	Paja	Grano	Total	
75	0.97 d*	1.97 d	2.95 d	0.66 a
50	1.35 c	2.68 c	4.04 c	0.66 a
25	1.66 b	2.79 b	4.46 b	0.63 b
0	1.73 a	2.93 a	4.66 a	0.62 c
DMS	0.023	0.045	0.058	0.005

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS, 0.05.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados del efecto de los inoculantes sobre el contenido de N. En la paja, prácticamente todos los tratamientos tuvieron la misma cantidad de N,

debido a que en madurez fisiológica la mayor cantidad de N se removiliza al grano. La inoculación incrementó el contenido de N en comparación con el testigo sin inocular. Los tratamientos donde se asimiló mayor cantidad de N fueron los inoculados con la micorriza 3 y bacteria 3, superando en 25% al testigo sin inocular.

Cuadro 6. Contenido de N e índice de cosecha de N (ICN) para las variables tipo de biofertilizante. INIFAP-CEBAJ.

Biofertilizante	N (g)			ICN
	Paja	Grano	Total	
Sin Inoculante	1.06 c*	2.13 d	3.20 d	0.65 a
Micorriza 1	1.47 b	2.61 c	4.09 c	0.64 cd
Micorriza 2	1.48 b	2.64 bc	4.13 bc	0.64 cd
Micorriza 3	1.54 a	2.67 bc	4.22 a	0.63 d
Bacteria 1	1.48 b	2.66 bc	4.15 abc	0.64 bc
Bacteria 2	1.47 b	2.70 ab	4.18 ab	0.64 b
Bacteria 3	1.48 b	2.74 a	4.23 a	0.64 bc
DMS	0.031	0.607	0.076	0.006

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS, 0.05.

En la interacción tipo de composta por porcentaje de aplicación la mayor acumulación de N se presentó en los tratamientos donde se aplicó menor cantidad de composta, inverso al índice de cosecha de N, donde fue mayor cuando se aplicó más composta.

El contenido de N e índice de cosecha de N para la interacción de todos los factores evaluados mostraron diferencias entre los tratamientos. Los tratamientos que acumularon más N fueron donde se inoculó y aplicó menor cantidad de composta. Las cantidades variaron desde 1.81 g de N para el tratamiento de la composta humibac con 75% de composta y sin biofertilizante, hasta 5.55 g N para el tratamiento de composta artesanal al 25% de aplicación inoculado con micorriza 3.

Nitrógeno derivado del fertilizante y de la composta

En el Cuadro 7 se presentan los porcentajes y eficiencias de asimilación del N proveniente de las diferentes fuentes aplicadas. La asimilación de N fue inversa entre el Nddf y Nddc. En Nddf la mejor asimilación se obtuvo al aplicar VMC humibac, un 44% del total en la planta provino del fertilizante sintético, superando en 12% que cuando se aplicó composta artesanal. De todo el fertilizante sintético aplicado 31% fue recuperado por el cultivo. En cuando al %Nddc, 50% del N en la planta provino de la composta artesanal y sólo el 31% de

la VMC humibac; de todo el N aplicado como composta, la planta sólo asimiló un 40% cuando se aplicó composta artesanal y un 26% cuando se aplicó VMC humibac.

Cuadro 7. Porcentajes de N total, N derivado del fertilizante (Nddf), N derivado de la composta (Nddc), uso eficiente del fertilizante nitrogenado (UEFN) y uso eficiente del N derivado de la composta (UENDDC). INIFAP-CEBAJ.

Composta	Porcentaje				
	N Total	NDDF	NDDC	UEFN	UENDDC
Composta Artesanal	100	31.84 c*	49.95 a	26.26 b	40.38 a
Composta Humibac	100	41.17 b	36.38 b	30.46 a	32.43 b
VMC Humibac	100	44.18 a	31.60 c	30.39 a	25.78 c
DMS	--	0.963	1.020	1.051	1.393

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS $p < 0.05$.

Respecto al efecto del porcentaje de aplicación de composta sobre el porcentaje de N asimilado por la planta y uso eficiente de éste, se observan diferencias significativas (Cuadro 8). Las plantas asimilaron mayor cantidad de N en forma proporcional a la cantidad de la fuente aplicada.

Cuadro 8. Porcentajes de N total, N derivado del fertilizante (NDDF), N derivado de la composta (NDDC), uso eficiente del fertilizante nitrogenado (UEFN) y uso eficiente del N derivado de la composta (UENDDC). INIFAP-CEBAJ.

Composta aplicada (%)	Porcentaje				
	N Total	NDDF	NDDC	UEFN	UENDDC
75	100	27.63 d*	56.42 a	32.73 a	50.51 a
50	100	31.52 c	52.13 b	27.80 b	48.01 b
25	100	34.42 b	48.70 c	22.77 c	32.94 c
0	100	62.69 a	0 d	32.85 a	0 d
DMS	--	1.112	1.178	1.214	1.60

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS $p \geq 0.05$.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del efecto de la inoculación sobre el porcentaje de asimilación y uso eficiente de N. En términos generales, la aplicación de biofertilizantes incrementó el porcentaje y eficiencia del N aplicado, superando en más del 8% al testigo sin biofertilizantes.

Cuadro 9. Porcentajes de N total, N derivado del fertilizante (NDDF), N derivado de la composta (NDDC), uso eficiente del fertilizante nitrogenado (UEFN) y uso eficiente del N derivado de la composta (UENDDC). INIFAP-CEBAJ.

Biofertilizante	Porcentaje				
	N Total	NDDF	NDDC	UEFN	UENDDC
Sin Inoculante	100	33.42 b	34.31 b	21.06 b	27.62 c
Micorriza 1	100	40.09 a*	40.18 a	29.68 a	33.59 ab
Micorriza 2	100	39.98 a	40.60 a	30.03 a	35.20 a
Micorriza 3	100	40.16 a	39.62 a	30.68 a	33.44 ab
Bacteria 1	100	39.73 a	39.95 a	29.82 a	33.06 b
Bacteria 2	100	40.01 a	40.24 a	30.83 a	33.42 ab
Bacteria 3	100	40.07 a	40.26 a	31.15 a	33.73 ab
DMS	--	1.47	1.55	1.606	2.129

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS $p \geq 0.05$.

Los resultados de la interacción entre todos los factores mostraron diferencias significativas. El porcentaje de asimilación estuvo directamente relacionado con la cantidad aplicada, los biofertilizantes incrementaron la asimilación de N, tanto en porcentaje en la planta como en uso eficiente. Cuando se aplicó únicamente fertilizante sintético y sin inoculación, las plantas asimilaron sólo el 20% de N aplicado, en comparación cuando se aplicaron biofertilizantes, cuyo valor se incrementó hasta un 37%. Es importante destacar que donde se aplicó el 75 y 50% de composta es donde se tienen los mayores porcentajes de asimilación de Nddc. En el porcentaje de asimilación y uso eficiente del N sólo se observaron diferencias significativas en cuanto al %UENDDC.

Conclusiones

1. La aplicación de inoculantes incrementó la producción de biomasa hasta 16% y el contenido de N hasta 32% respecto al testigo sin inocular, los mejores tratamientos fueron con la inoculación de micorriza 3 (multicepsa Chiapas) y bacteria 3 (Azospirillum sp. cepa 29A6).
2. El tipo de composta influyó sobre la producción de materia seca y asimilación de N. El N de la composta artesanal, que tenía menos grado de mineralización, lo asimiló mejor el cultivo.
3. La inoculación incrementó 8% la asimilación del Nddf y 7% la asimilación del Nddc en comparación con el testigo sin inocular. En %UEFN, la inoculación incremento el 10% y en %UENDDC el 6%.

4. La producción de biomasa y la asimilación de nitrógeno fueron mayores cuando las compostas sustituyen entre un 50 y 75% la fertilización sintética, y su eficiencia se incrementó al aplicar biofertilizantes.

Agradecimientos

La presente investigación fue desarrollada con recursos otorgados a través del proyecto “Proyecto de Investigación y Transferencia de Tecnología sobre el Empleo de Biofertilizantes y Abonos Orgánicos en la Agricultura” financiado por SAGARPA a través del convenio de colaboración No. 13451632421, SAGARPA-INIFAP. Al Organismo Internacional de Energía Atómica, por el apoyo a través del proyecto de Cooperación Técnica RLA5065: C7-RLA-5605-001-ARCAL CXXXVI.

Literatura citada

- ANIITTA. 2016. Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola 2016-2022. México. 198 p.
- Ehlenringer, J. R. and P. W. Rundel. 1989. Stable isotopes: history, units, and instrumentation. p. 1-15. In: Stable Isotopes in Ecological Research. Rundel, P. W., Ehleringer, J. R. and Nagy, K. A. (eds.). Springer-Verlag. New York Inc.
- FAO. 2002. Informe sobre agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italy, Rome. 241 p.
- Grageda-Cabrera, O. A., J. A. Vera-Núñez, J. L. Aguilar-Acuña, L. Macías-Rodríguez, G. A. Aguado-Santacruz and J. J. Peña-Cabriales. 2011. N-fertilizer dynamics in different tillage and crop rotation systems in a vertisol in Central Mexico. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 89:125-134.
- SAGARPA. 2014. <http://www.siap.gob.mx>
- SAS. 2014. Institute, Inc. SAS/STAT. Version 9.3, Fourth edition. Cary, NC. SAS Institute.
- SIAP. 2014. <http://www.siap.gob.mx>
- Zapata, F. 1990. Técnicas isotópicas en estudios sobre la fertilidad del suelo y la nutrición de plantas. In: Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo-planta. Hardarson, G. (ed.). FAO-OIEA. Viena. 79-171.

APLICACIÓN DE COMPOSTA E INOCULACIÓN DE *Rhizophagus intraradices* EN LA NUTRICIÓN DE CHILE JALAPEÑO

Sarahyt S. González Figueroa¹²⁶, Oscar A. Grageda Cabrera^{126*}, Ernesto Solís Moya¹²⁶, Aquilino Ramírez Ramírez¹²⁶, Susana E. Preciado Ríos^{126, 127} y Rosa María Ceballos Noriega¹²⁶

Resumen

En la producción de hortalizas el uso combinado de compostas y biofertilizantes permite aumentar los rendimientos; además, con el uso continuo de ambos productos la fertilidad del suelo mejora y es posible reducir las dosis de fertilizantes sintéticos. Se instaló un experimento en condiciones de invernadero para evaluar diferentes porcentajes de sustitución del fertilizante nitrogenado sintético por composta e inoculación con *R. intraradices*. El objetivo fue determinar la mejor opción de fertilización en chile Jalapeño. Los tratamientos fueron: testigo, porcentajes de sustitución de fertilizante sintético por composta en 0, 50, 75 y 100%, además de 50 y 75% de sustitución inoculados con *R. intraradices*. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, la unidad experimental consistió en 5 macetas de 10 kg con una densidad de siembra de una planta por maceta. Las variables evaluadas fueron: altura, índice de clorofila en floración, y en cuatro cortes el número de frutos (NF), peso fresco de fruto (PFF), peso seco de fruto (PSF); después del cuarto corte el NF Total (NFT), PFF Total (PFFT), PSF Total (PSFT), biomasa fresca y seca. En la variable altura, el tratamiento 0% de sustitución mostró el valor más alto alcanzando 74.6 cm. En el índice de clorofila los tratamientos 0 y 50% fueron estadísticamente iguales superando a los demás tratamientos. Analizando el acumulado de los cuatro cortes observamos que en el NFT los tratamientos 0, 50, 75 y 50% + *R. intraradices*, se comportaron estadísticamente iguales y superaron al resto de los tratamientos. Para PSFT los valores mayores los obtuvieron 0, 75, 50% + *R. Intradices*. En biomasa fresca y seca ninguno de los tratamientos supero a 0%, es importante resaltar que las variables NFT, PFFT y PSFT son más importantes que biomasa, ya que éstas están íntimamente ligadas con el rendimiento. Se concluye que es posible sustituir entre 50-75% del fertilizante sintético por composta, y cuando se reduce un 50% es factible utilizar inoculantes micorrizicos sin afectar los rendimientos en el cultivo de chile jalapeño.

¹²⁶ C.E. Bajío-INIFAP, Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010.

¹²⁷ Tecnológico Nacional de México. ITRoque. km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, C. P. 38110.

* grageda.oscar@inifap.gob.mx.

Palabras clave: micorriza, *Capsicum annum*, biofertilizantes

Introducción

El cultivo de chile ha tenido un crecimiento espectacular en su producción mundial en los últimos 10 años. Esto se debe, tanto al consumo directo, como al industrial en sus diferentes presentaciones como lo son: frescos, secos o procesados. México ocupa el segundo lugar en producción de chile fresco, con 9.3% y China, el principal productor, con 53%, mientras que el resto de los países producen el 37.7% restante (FAO, 2010).

El chile es uno de los cultivos más importantes en México; además, la república mexicana es el país con mayor diversidad de la especie *Capsicum annum*, donde se cultiva prácticamente en todo el territorio, con sistemas de producción y problemáticas muy diversas (Luna, 2010). Entre todas las variedades el chile jalapeño es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo y alta rentabilidad (SIAP, 2010).

Los principales estados productores de chile jalapeño en México son Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

Para la producción comercial de chile jalapeño se requiere que el productor administre y optimice sus recursos disponibles (Macías et al., 2012). El alto costo de producción de este cultivo con fertilización química, puede recuperarse, sólo si el precio de mercado es igual o mayor a 10 pesos por kg. Sin embargo, aunque el precio de la fruta sea adecuado, los efectos negativos generados en el suelo, en la fauna y en la salud del productor, son cada vez más difíciles de revertir (Schipanski et al., 2014).

El uso indiscriminado e ineficiente de fertilizantes químicos ha originado una disminución en el contenido de la materia orgánica y ha coadyuvado en el proceso de degradación del suelo (Castellanos y Pratt, 1981); esta práctica también influye en la reducción de las poblaciones de la microflora y microfauna, provoca un desbalance de estado nutricional del suelo y es la principal fuente de contaminación de agua, aire y suelos en las áreas destinadas a la producción agrícola (Kalra y Khanuja, 2007).

Para evitar o minimizar el impacto del uso de los fertilizantes químicos en el ambiente es necesario contar con información básica sobre los requerimientos nutricionales específicos del cultivo, la eficiencia relativa de las diversas fuentes de fertilizantes y el estado nutricional actual del suelo, así como buscar alternativas que ayuden a reducir las dosis aplicadas. Entre las posibilidades de tecnologías para lograrlo destacan la determinación de dosis óptimas de

fertilización con base en análisis de suelo, la utilización de fertilizantes orgánicos, y el uso de biofertilizantes.

Los biofertilizantes son productos que se elaboran utilizando microorganismos, como hongos y bacterias que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas ayudándolas a su nutrición y protección. Uno de los ejemplos más utilizados son las micorrizas, que son la simbiosis entre algunos hongos y raíces de las plantas. Los beneficios que las micorrizas proporcionan a la planta son: el aumento del volumen de exploración de las raíces, lo cual mejora la captación del agua y nutrientes; incremento de tolerancia a cambios de temperatura del suelo, acidez o salinidad; protección contra ciertos patógenos y reducción de acame (Grageda y Gonzalez, 2015).

Las compostas son el producto que se obtiene de la degradación aeróbica de materiales orgánicos por acción de los microorganismos; estas proporcionan nutrientes para las plantas, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favorecen la vida microbiana en el suelo, amortiguan los cambios de temperatura, pH y aumentan el contenido de materia orgánica al aplicarlas en terreno agrícola por varios años. Las principales materias primas para la producción de composta son los restos de cosechas, abonos verdes, restos orgánicos de frutas, hortalizas, animales de mataderos, estiércol de animales de corral y complementos minerales (Grageda et al., 2015).

En la producción de hortalizas, el uso combinado de compostas y biofertilizantes permite aumentar los rendimientos; además, con el uso continuo de ambos productos, la fertilidad del suelo se mejora, y por lo tanto es posible reducir las dosis de fertilizantes químicos que se acostumbra aplicar lo cual no sólo es favorable para la remediación del suelo agrícola, sino que también reduce considerablemente los costos de producción. Los biofertilizantes ayudan a que las plantas asimilen mejor los nutrientes contenidos en las compostas. Además, los beneficios al aplicar biofertilizantes son mayores cuando el contenido de materia orgánica en el suelo es alto. (Grageda et al., 2015).

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, en el campo experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INFAP), km 6.5 de la Carretera Celaya – San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México (20°35'22.7" LN, 100°49'28.9" LO y 1755 m.). El clima predominante es semicálido con una temperatura media anual de 18.2°C.

Se utilizó la variedad de chile jalapeño M de Caloro Seed, con un 97% de pureza. Se evaluaron 7 tratamientos: Testigo, Porcentajes de sustitución de fertilizante sintético por composta, 0, 50, 75 y 100%, además de 50 y 75% de sustitución inoculados con *R. intraradices*. La dosis de fertilización utilizada fue 250-60-200 (N-P₂O₅-K₂O) que es la recomendada por el INIFAP; se tomó en consideración el contenido de N de la composta para realizar los cálculos de fertilización. La micorriza INIFAP que fue utilizada como inoculante contenía 60 esporas viables de *R. intraradices* por g⁻¹ de producto.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, la unidad experimental consistió en 5 macetas de 10 kg con una densidad de siembra de 1 planta por maceta. Las variables evaluadas fueron: altura e índice de clorofila en floración (utilizando el monitor SPAD); además, se realizaron cuatro cortes donde se cuantificó el número de frutos (NF), peso fresco de fruto (PFF), peso seco de fruto (PSF) y, después del cuarto corte, se acumularon los datos de cada uno de ellos para dar lugar a la variable número de frutos total (NFT), peso fresco de fruto total (PFFT) y peso seco de fruto total (PSFT). Otras variables incluidas en el estudio fueron biomasa fresca y seca de la planta.

Las medias obtenidas en cada tratamiento y variable se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), y cuando la prueba de F resultó significativa, se procedió a la prueba de comparación múltiple de medias de Fisher (DMS) ($p \leq 0.05$). El análisis de la información se hizo en el programa SAS Institute (2014) versión 9.3.

Resultados y discusión

El análisis de varianza de las variables evaluadas mostró diferencias altamente significativas en todos los muestreos realizados. Se observó que donde se utilizó el 100% de fertilizante sintético, la altura de planta fue mayor y ninguno de los tratamientos donde existió sustitución con composta y/o inoculante lo igualaron (Cuadro 1). Esto contrasta con lo reportado por la mayoría de los autores que han realizado estudios con micorrizas, entre ellos destacan, Reyes et al. (2016) quienes realizaron una evaluación en chile serrano y observaron que varios consorcios de micorrizas y *R. intraradices* aumentaron la altura de la planta. Por otro lado, Díaz-Franco et al. (2013), en un experimento con pimiento bajo condiciones de invernadero encontraron que la micorrización con *R. intraradices* promovió el crecimiento de la planta. Con respecto al índice de Clorofila, los tratamientos 0 y 50% de sustitución, presentaron los valores más altos (Cuadro 1); esto se debe a que son los que tienen mayor cantidad de fertilizante sintético.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables altura de planta e índice de clorofila en plantas con diferentes porcentajes de sustitución de fertilización sintética por composta + R. intraradices en el cultivo de chile Jalapeño en invernadero.

Tratamientos (% de sustitución de fertilizante sintético por composta)	Altura* (cm)	Clorofila (U.SPAD)
Testigo	36.3 d	37.5 d
0	74.6 a	54.9 a
50	62.0 b	52.3 ab
75	57.2 b	47.2 bc
100	47.7 c	44.9 c
50 + R. intraradices	53.9 c b	47.1 bc
100 + R. intraradices	46.4 c	45.0 c
DMS	8.9	4.4

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ($p \leq 0.05$).

Para el primer y segundo corte (Cuadro 2) podemos observar que en los tratamientos con 50 y 100% de sustitución del fertilizante sintético más inoculación con R. intraradices fueron los más relevantes en todas las variables evaluadas, aumentando significativamente la producción de frutos, así como su peso fresco y seco. Este mismo comportamiento se observó en el segundo corte.

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables número, peso fresco y seco de frutos obtenidos en el primer y segundo corte de chile Jalapeño M, en condiciones de invernadero, sustituyendo en distintos porcentajes la fertilización sintética por composta + R. intraradices.

Tratamiento (% de sustitución de fertilizante Sintético por composta)	Primer Corte			Segundo Corte		
	NF	PFF (g)	PSF (g)	NF	PFF (g)	PSF (g)
Testigo	0.1 b	1.2 b	0.1 b	1.4 c	9.9 c	1.4 b
0	0.4 b	1.8 b	0.2 b	4.6 b c	18.1 bc	2.7 d
50	1.0 b	2.3 b	0.3 b	5.0 b c	25.2 bc	3.9 cd
75	1.4 b	4.8 b	0.6 b	7.4 b	36.8 bc	4.9 cd
100	1.4 b	7.2 b	0.9 b	9.1 b	50.2 b	7.3 c
50 + R. intraradices	9.7 a	50.2 a	7.6 a	18.3 a	124.5 a	19.9 a
100 + R. intraradices	9.6 a	54.6 a	7.2 a	17.1 a	129.2 a	14.4 b
DMS	4.4	25.8	3.3	4.6	34.3	4.5

Nota: En la misma columna, valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ($p \leq 0.05$). NF= Número de frutos, PFF= Peso fresco de frutos, PSF= Peso seco de frutos.

Para el tercer corte, en las variables NF y PFF los tratamientos 0 y 50, 100% de sustitución + R. intraradices, obtuvieron valores mayores a 7.5 frutos y 46.2 g respectivamente; mientras que en la variable PSF los tratamientos 0 y 100% + R. intraradices fueron estadísticamente iguales mostrando la mejor acumulación de biomasa. En el cuarto corte los tratamientos 0 y con 50 y 75% de sustitución + R. intraradices destacaron con respecto a los demás tratamientos en la variable NF; sin embargo, en PFF y PSF solo 0 y 75% fueron los mayores.

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables número, peso fresco y seco de frutos obtenidos en el tercer y cuarto corte de chile Jalapeño M, en condiciones de invernadero, sustituyendo en distintos porcentajes la fertilización sintética por composta y R. intraradices.

Tratamiento (% de sustitución de fertilizante sintético por composta)	Tercer Corte			Cuarto Corte		
	NF	PFF (g)	PSF (g)	NF	PFF (g)	PSF (g)
Testigo	2.8 b	20.8 bc	2.9 d	3.7 d e	21.3 c	2.4 c
0	9.2 a	48.7 a	7.2 ab	33.9 a	176.8 a	23.9 a
50	8.6 a	39.5 ab	6.1 bc	24.0 ab	98.8 b	14.7 b
75	7.6 a	46.3 a	7.4 ab	27.7 ab	160.1 a	19.9 a
100	9.4 a	59.7 a	9.2 a	17.3 bc	114.9 b	13.4 b
50 + R. intraradices	3.0 b	21.8 bc	3.9 cd	13.2 cd	43.9 c	5.9 c
100 + R. intraradices	1.6 b	9.8 c	1.3 d	2.1 e	11.0 c	1.4 c
DMS	2.8	20.2	2.7	10.7	40.0	4.5

Nota: En la misma columna, valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ($p \leq 0.05$). NF= Número de frutos, PFF= Peso fresco de frutos, PSF= Peso seco de frutos.

Finalmente se cuantifico un acumulado de todos los cortes para las variables número, peso seco y fresco de frutos, y se pone de manifiesto que para los valores totales en NFT los tratamientos 0, 50, 75, 100 y 50% inoculado con R. intraradices, se comportaron estadísticamente iguales. Para PFFT los tratamientos testigo y 50% de sustitución mostraron valores inferiores al resto de los tratamientos. En PSFT 0, 75 y 50% inoculado con R. intraradices obtuvieron los valores más altos. En biomasa fresca y seca el testigo con 0% de sustitución obtuvo los valores más altos. Es importante resaltar que las variables de NF, PFF y PSF, están íntimamente ligadas con el rendimiento ya que estas mostraron mayor efecto por parte de la sustitución de la fertilización y el uso de R. intraradices. Este trabajo concuerda con Armenta et al. (2010) que menciona que los HMA son un recurso biológico de importancia en la fertilización orgánica-biológica de plantas de interés económico, que inclusive podrían ser una alternativa a otros tipos de manejo como la fertilización química.

Cuadro 4. Comparación de medias para las variables número, peso fresco y seco de frutos para el acumulado de los cuatro cortes y evaluación final de biomasa fresca y seca de chile jalapeño M, en condiciones de invernadero, sustituyendo en distintos porcentajes la fertilización sintética por composta y R. intraradices.

Tratamiento (% de sustitución de fertilizante sintético por composta)	NFT	PFFT (g)	PSFT (g)	Biomasa Fresca (g)	Biomasa Seca (g)
Testigo	8.1 c	53.4 c	7.0 d	34.4 f	8.4 f
0	48.2 a	245.5 a	34.2 ab	238.7 a	61.5 a
50	38.8 a b	165.9 b	25.1 c	197.5 b	53.8 b
75	44.2 a	248.2 a	32.9 ab	106.5 d	27.0 d
100	37.4 ab	232.2 ab	30.9 b	66.6 e	17.1 e
50 + R. intraradices	44.3 a	240.6 a	37.4 a	175.9 c	42.5 c
100 + R. intraradices	30.6 b	204.8 ab	24.5 c	108.8 d	23.2 d
DMS	13.6	73.7	5.3	17.7	5.2

Nota: En la misma columna, valores con la misma letra son estadísticamente iguales DMS ($p \leq 0.05$). NF= Número de frutos, PFF= Peso fresco de frutos, PSF=Peso seco de frutos.

Conclusión

La sustitución de la fertilización sintética por composta es factible ya que al aplicarse en un 50 y 75% mantiene los mismos niveles de rendimientos. El uso del inoculante micorrízicos R. intraradices mostró beneficios en la producción de fruto en los primeros dos cortes.

Literatura citada

Armenta, A. D., C. García., J. R. Camacho., M. A. Apodaca., L. G. Montoya y E. Nava-Pérez. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 6(1):51-56.

Castellanos, J. Z. and P. F. Pratt, P. F. 1981. Mineralization of manure nitrogen correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Am. J.* 45:354-357.

Díaz, A., M. Alvarado., F. Ortiz y O. Grageda. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(2):315-321.

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2010. *FAO Statistical Data bases*. Publishing Management Service. Information Division. <http://faostat.fao.org/seeds/es/> [consultado el 15 de Julio del 2017].

Grageda C. O., F. S. González, y F. A. Díaz. 2015. Uso de compostas y biofertilizantes en la agricultura. Desplegable para Productores No. 41. INIFAP. Campo Experimental Bajío Celaya, Gto., México

Grageda, C. O. y F. S. González. 2015. Micorriza INIFAP. Todo lo que usted desea saber. Desplegable para Productores No. 21. Segunda reimpresión. INIFAP. Campo Experimental Bajío Celaya, Gto., México.

Kalra, A. and S. P. S. Khanuja. 2007. Research and development priorities for biopesticide and biofertilizer products for sustainable agriculture in India. p. 96-102. In: Business Potential for Agrigultural Biotecnology Products. Teng, P.S. (ed). Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan.

Luna R. J. de J. 2010. Producción, conservación y evaluación de semilla de chile. Manual para productores. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Corporativo Grafico. 95 p.

Macías, R., R. L. Grijalba y F. Robles. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. Biotecnia 14(3):32-38.

Reyes T. A., A. E. E. Quiñones, E. G. Rincón y P. L. López. 2016. Micorrización en *Capsicum annum* L. para promoción de crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(1):857-870.

SAS Institute. 2014. SAS/STAT user's guide. Version 9.3. SAS Instutute. Cary NC, USA.

Schipanski, M. E., R. G. Smith, T. L. Pisani-Gareau, R. Jabbour, D. B. Lewis, M. E. Barbercheck, et al. 2014. Multivariate relationships influencing crop yields during the transition to organic management. Agric. Ecosys. Env. 189:119-126.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Un panorama del cultivo del chile. <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf> [consultado el 10 de Julio del 2017].

ESTUDIO DE MERCADO DE PRODUCTOS DERIVADOS DE MALANGA

Rogelio Torres Tadeo¹²⁸, Ezequiel Arvizu Barrón^{128*}

Resumen

El conocimiento del mercado es un factor clave para formar productos exitosos, esta información es limitada para las microempresas fabricantes de productos derivados de malanga. El objetivo de esta investigación fue conocer la situación de mercado de los productos derivados de malanga en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Se realizó una investigación de mercado aplicando cuestionarios con el fin de conocer el comportamiento de consumidor en cuanto a productos de una misma categoría (por ejemplo, frituras, galletas, etc.) y pruebas sensoriales de frituras de malanga, para conocer el grado de aceptación del consumidor, todo esto con el fin de obtener una opinión certera de los consumidores sobre un producto que no habían probado. También se realizó un mapa de posicionamiento de la competencia para identificar un nicho de mercado que sea conveniente para los productores. Los resultados de la investigación muestran las preferencias del consumidor para un desarrollo adecuado del producto, se identificaron los niveles socioeconómicos que son más propensos a consumir dichos productos; además, los consumidores se mostraron positivos en cuanto a la prueba y consumo de los productos derivados y se identificó la problemática del desconocimiento o falta de producto en una plaza determinada.

Palabras clave: fritura de malanga, investigación de mercados, comportamiento del consumidor

Introducción

La malanga es un tubérculo, cuyo uso como alimento se remonta a la sociedad neolítica. Su nombre se originó en Trinidad y Tobago y, paulatinamente, fue expandiéndose a través de los demás países. Es una planta herbácea, sin tallos aéreos, con hojas grandes proveniente de un cormo subterráneo primario, el mismo que es relativamente vertical y del cual nacen

¹²⁸ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz

* arvizu@colpos.mx

cormos laterales y horizontales comestibles. Es un cultivo rico en carbohidratos, por lo que es un buen alimento para niños en crecimiento y adultos. El tema de la presente investigación surgió por la necesidad de conocer la situación actual del mercado de los productos derivados de la malanga, en específico de las frituras. El objetivo principal fue identificar la oportunidad que tienen las frituras de malanga para incursionar en el mercado mexicano, a partir de un modelo del comportamiento del consumidor enfocado a alimentos, tomando en cuenta los factores personales, propiedades de la comida o alimento a estudiar, ambientales, económicos, culturales, así como competencia del producto; además, se pretende proponer una metodología de investigación de mercados para alimentos, que ayude a encontrar cuál es el significado de valor para el cliente en donde los productores agroindustriales, de distintos tamaños, puedan recurrir cuando necesiten desarrollar productos elaborados a partir de su cosecha, partiendo de la premisa que los consumidores no conocen o no están habituados a consumir, y por tanto, no son capaces de emitir un juicio de sus preferencias respecto al producto.

Materiales y métodos

La investigación fue no experimental, se realiza sin la manipulación de las variables, de corte transversal dado que el levantamiento de datos en campo se hace en un solo momento de la investigación y no a lo largo de la misma. Tendrá un enfoque mixto (cualitativa-cuantitativa), de alcance descriptivo. La recolección de datos será de tipo secuencial (DITRIAC), lo que significa que se aplicaran métodos de manera simultánea (los datos cuantitativos se recolectan y analizan en el mismo tiempo). El análisis de los datos cuantitativos y cualitativos se construyen sobre la base del otro análisis. Para el diseño del instrumento de recolección de datos cualitativos, se llevó a cabo un focus group. Los datos cualitativos se obtuvieron mediante una prueba sensorial, y los cuantitativos por medio de un cuestionario. El estudio se llevó a cabo en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, durante el primer semestre del año.

La propuesta de modelo para analizar el comportamiento del consumidor se retoma de los propuestos por Steenkamp (1997): factores relacionados a la persona o biológicos, propiedades del alimento y factores ambientales. A estos modelos se les agregó la variable de competencia y otros factores que son para productos desarrollados a partir de un proceso agroindustrial, siempre pensando en el productor agrícola.

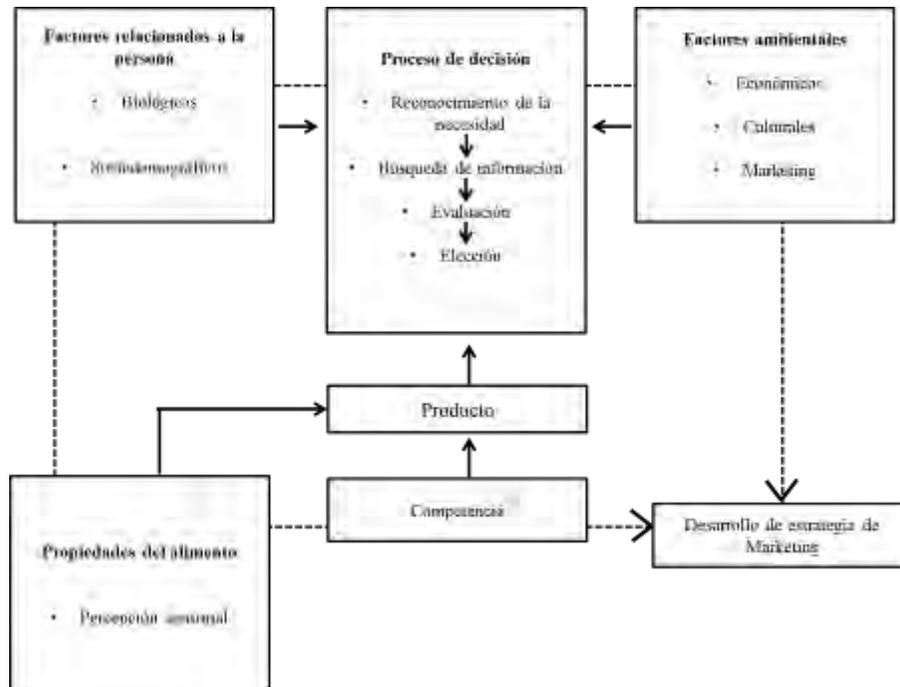


Figura 1. Modelo de análisis para comportamiento del consumidor. Fuente: elaboración propia con datos de Steenkamp (1997).

Focus group

Se llevó a cabo un focus group para el diseño del cuestionario con la participación de 10 personas: tres mujeres y 7 hombres. Se preguntó a los participantes acerca de sus preferencias para el consumo de las frituras, pan, galletas, y lo que no les agrada de los mismos.

Con base a datos de INEGI (2016), se aplicaron aproximadamente 150 cuestionarios, además de realizar pruebas sensoriales. La determinación de la muestra está calculada con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 8%. El cuestionario fue aplicado a través de la plataforma Google Forms®, se distribuyó por medio de correo y distintas redes sociales; además, se aplicó un cuestionario adicional a 15 personas, con el fin de realizar un mapa de posicionamiento, permitiendo al encuestado calificar la calidad con la que perciben las marcas en mala, regular y buena.

Prueba sensorial

Para cubrir el apartado de propiedades del alimento y determinar los niveles de aceptación de los productos de malanga y la preferencia de las características sensoriales de cada producto, se realizó una prueba sensorial de tipo afectiva, por medio de una prueba hedónica. Estas se realizaron con personas no seleccionadas ni entrenadas, las que constituyen los denominados jueces afectivos. El lugar de aplicación fue en supermercados,

se buscó que los consumidores estuvieran en situaciones similares en las que compran un producto.

Resultados y discusión

Los resultados muestran que es recomendable la elaboración de frituras saladas, adobadas y enchiladas, ya que son las que más preferencia mostraron; después de su introducción y conforme a su crecimiento, se pueden introducir nuevos sabores como queso ya que no es recomendable empezar a producir una amplia gama de producto desde el inicio de una empresa. El sabor y la calidad de los ingredientes muestran mayor interés por parte de los consumidores. La oferta de este producto debe ser de dos tamaños, una bolsa chica (para una persona) y una bolsa grande, ya que gran parte de los encuestados solo consumen frituras en reuniones. El diseño del empaque debe ser un material distinto al celofán, contar con una buena imagen del producto y diseño del nombre en la etiqueta. Adicional a esto, es importante utilizar un nombre de producto distinto a malanga, que haga referencia al producto como marca y no al ingrediente. Los esfuerzos de diseño de producto deben enfocarse a transmitir un producto de calidad ya que es importante la marca para los consumidores, y ser destinados a los jóvenes de entre 19 y 24 años que son los que consumen frituras con más frecuencia en los distintos niveles socioeconómicos. La marca de Sabritas es la más adquirida por los encuestados.

El precio introductorio de entre 6 y 10 pesos es el mejor para que los consumidores conozcan el producto, posteriormente subir de 11 a 15 pesos.

Los niveles Socio-economicos A/B y C+ mostraron preferencia por las frituras, por lo que sería recomendable posicionarlo en los supermercados que frecuentan como Wal-Mart y Superama; sin embargo, sería importante encontrar el producto en OXXO y en las pequeñas tiendas.

Promoción

El desconocimiento de la malanga es un factor importante que ha incidido en su consumo. Al ser un producto desconocido es recomendable ofrecer degustaciones en puntos de venta, es una labor publicitaria de bajo costo, la cual tendrá mucho impacto para poder abarcar más mercado.

La gran mayoría de los encuestados comentó consumir frituras por antojo, por lo que es difícil que elijan un producto por este motivo y que nunca antes habían probado, pues no existe un recuerdo de su sabor, de igual forma el concepto de antojo podría ser utilizado para una campaña publicitaria.

Conclusiones

Se concluye que el desconocimiento y la falta de oferta del producto afecta a los pequeños productores, el diseño de su producto los deja en desventaja respecto a los competidores; los consumidores muestran agrado al producto, pero por la falta de una estrategia de mercadotecnia adecuada los productores no tienen mayores ventas ni crecimiento.

La publicidad debe estar dirigida al segmento de jóvenes de entre 19 y 24 años de nivel socioeconómico A/B, C+C. Realizar la campaña en medios digitales tal como internet y redes sociales, específicamente Facebook e Instagram que tienen altos índices de preferencia que tendrían un gran alcance con poca inversión.

Literatura citada

Steenkamp, J. B. 1997. "Dynamics in Consumer Behaviour with Respect to Agricultural and Food Products," in *Agricultural Marketing and Consumer Behaviour in a Changing World*, Kluwer Academic Publishers.

PRODUCCIÓN ORNAMENTAL DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.)

Mariana Tepetla Ramírez¹²⁹, Sergio Jarillo Galindo¹²⁹, Lucero Hernández Pérez¹²⁹, Gabriela Sánchez-Viveros^{129*}, Erick Herrera Jiménez¹²⁹ y Jaun Ruiz Ramirez¹²⁹

Resumen

En la actualidad el arte del paisajismo ornamental busca innovaciones que sean rentables para la producción, y que ayuden a la promoción de producción de cultivos hortícolas. El objetivo del trabajo fue producir el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo los lineamientos del arte del paisajismo, promocionando el estilo ornamental para un mejor aprovechamiento de espacios pequeños. Semillas de chile habanero fueron germinadas en charolas con sustrato de arena esteril. Cuando las plántulas tenían 8-10 cm de altura, fueron trasplantadas a contenedores de 250 g que contenían la mezcla de tepezil-suelo (relación 1:1), previamente esterilizada. A los 35 días (después del trasplante), se realizó el primer despunte de la yema apical, seguido de tres podas de formación cada 15 días. La altura final (40 cm), se obtuvo después de dos podas durante el periodo del cultivo. El manejo agronómico incluyó el control integrado de plagas y enfermedades, y riegos cada tercer día con agua potable. Se hicieron tres aplicaciones de reguladores de crecimiento (auxinas, giberelinas y ácido índol acético), cada 30 días. Las variables consideradas para la selección de planta de chile habanero con calidad para el paisajismo ornamental, fueron: altura, diámetro de tallo, número total de capullos florales y frutos por plantas. Se concluye que la producción de planta de chile habanero dentro de los estándares del arte del paisajismo con fines ornamentales permite un mejor aprovechamiento de espacios pequeños.

Palabras clave: hortícolas, reguladores de crecimiento, paisajismo, sector agrícola

Introducción

México cuenta con una superficie sembrada de 15,000 ha de cultivos ornamentales, con una producción anual de 83,377 t (SAGARPA, 2006). El 80% de los cultivos ornamentales del mercado nacional, se produce en el Estado de México seguido por Morelos, Puebla, Sinaloa,

¹²⁹ Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Xalapa. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. C.P. 91000.

* gabrielauv@gmail.com

Baja California, San Luis Potosí, Distrito Federal, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Chiapas y Oaxaca. El 10% de la producción es para el mercado de exportación, teniendo como principales países consumidores a Estados Unidos y Canadá (Chalate et al., 2008). El manejo de la producción de plantas ornamentales, se ha realizado desde tiempos remotos. Se tienen registros en los cuales se mencionan, como ejemplos los jardines colgantes de babilonia, comparados con los jardines de Netzahualcóyotl, también se registran las producciones desde la antigüedad de las trajineras en Xochimilco, las cuales se dedican a cultivar diferentes especies de plantas medicinales, hortícolas, y principalmente flores de corte (Morán, 2004). La producción ornamental u horticultura ornamental en el país ha tenido un incremento evolutivo debido a las innovaciones en la obtención de plantas, flores y follajes importantes para el aspecto económico, esto conlleva al interés por la producción y comercialización de estos productos, tomando en cuenta la cercanía con los principales países consumidores de productos ornamentales que son Canadá y Estados Unidos. Además, México presenta las condiciones climáticas idóneas, y con bajo costo de mano de obra para su producción (Villarreal y Ramos, 2001). La horticultura ornamental es una actividad milenaria, que es considerada como una práctica que está ligada a lo espiritual y emotivo para diferentes grupos humanos; por lo tanto, se han considerado como una rama importante en la economía agrícola y la agroindustrial. (Gómez, 1994). En México, el consumo de hortalizas ha tenido un crecimiento elevado en los últimos años junto con su producción, entre estas demandas el crecimiento potencial de una de las hortalizas importantes es el chile (*Capsicum* spp.), al ser un ingrediente que se encuentra presente en las mesas mexicanas. (Espinosa y Ramírez, 2016). Además de ser considerado un ingrediente fundamental en la dieta básica de los mexicanos; del cual se tienen registros que fue el primer cultivo domesticado en el continente americano. El cultivo es sembrado comercialmente desde el nivel de mar hasta altitudes elevadas, siendo mayormente rentable en las zonas tropicales debido a la adaptabilidad que presenta temperaturas elevadas de amplios rangos, también cuenta con la facilidad de ser producido todo el año (Long, 1986; Ramiro, 2003). El cultivo de chile (*Capsicum* spp.) comprende al menos cinco especies cultivadas (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*) y alrededor de 25 especies silvestres y semicultivadas (Hernández et al., 1999). De los cuales el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es considerado uno de los chiles más picosos del mundo, con valores de capsaicinoides van de los 150,000 a 350,000 unidades Scoville. Además de ser caracterizado por ser un fruto de forma cilíndrica, con hojas de coloraciones de verde a verde claro ovaladas generalmente, con flores de tonos amarillas verdosas o blancas en forma acampanada, presenta de 1 a 5 flores por axila, el fruto es una baya hueca poco carnosa, de color verde a verde claro en estado inmaduro y de tonalidad naranja, rojo, amarillo, morado o café en estado maduro, siendo los más demandados en el mercado los

de tonalidad naranja (Aguilar et al., 2010). En el mercado internacional el chile habanero tiene una gran demanda principalmente por los países de Estados Unidos de América, Japón, Tailandia, Inglaterra, Canadá, Cuba y Panamá, siendo principalmente exportado por los países de Belice y México (Ramírez et al., 2005). A nivel nacional los principales estados productores son Tabasco con una producción de 4,545.7 t, seguido de Yucatán con 2,615.2 t y Campeche con 577.6 t (Hernández, 2014). Las principales problemáticas que presenta el chile habanero durante su producción en campo abierto e invernadero es en el periodo de floración, la cual pierde aproximadamente el 40% de flores por aborto, lo cual afecta significativamente la producción final, otro importante suceso fenológico ocurre en la fructificación, ya que muchos de los frutos no llegan a tener un buen amarre y cuajado adecuado lo cual también ocasiona una pérdida económica importante para la cosecha final (Ramírez et al., 2005). De acuerdo a las tendencias sobre la horticultura ornamental, unas de las alternativas rentables en el manejo y utilización de cultivos hortícolas para la producción de alimentos. Por lo tanto, el objetivo fue producir el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo los lineamientos del arte del paisajismo, promocionando el estilo ornamental para un mejor aprovechamiento de espacios pequeños.

Materiales y métodos

El estudio se efectuó en el invernadero de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana; en el periodo febrero-julio del 2015. Se utilizaron semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) germinadas en charolas durante 20 días. Cuando las plantas presentaron una altura de 10 a 12 cm fueron trasplantadas a macetas de 1 Kg, con mezcla de sustrato estéril que contenía tepezil, arena y suelo en relación 1:1:1. A los 35 días después del trasplante se realizó el corte de yema apical para promover la formación de mayor follaje e iniciar a darle la forma ornamental. El riego fue de tipo manual realizado cada tercer día. Se realizó un manejo integrado de plagas y enfermedades con monitoreo constantemente para su mejor control. Se realizaron tres aplicaciones de reguladores de crecimiento, con productos basados en Auxinas, Giberelinas y Ácido Índol Acético de la marca comercial Biogib (0.015 g L^{-1}), Raizal 400 (0.5 g L^{-1}), Gro Green (0.2 g L^{-1}) y Rotex (0.5 g L^{-1}). Las aplicaciones de promotores de crecimiento fueron cada treinta días. A lo 120 días se realizaron las mediciones de las variables: altura (cm), diámetro de tallo (cm), número de capullos, flores y frutos.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron que las aplicaciones de reguladores de crecimiento favorecieron el crecimiento y desarrollo de las plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Se observó, un incremento en la producción de número de hojas (10%) y el diámetro de tallo entre podas de la yema apical y la aplicación de los promotores de crecimiento. La altura es un parametro importante en el paisajismo ornamental, ya que las plantas de porte pequeño o modificado tienen mayor demanda para aprovechar espacios reducidos. Las plantas obtenidas presentaron una altura máxima de 41 cm, por lo que es recomendable para espacios pequeños. La colocación de tutores a las plantas de chile habanero permitió obtener formas curvas del tallo lo que también fue una alternativa favorable para una mejor estética de las plantas. La aplicación de promotores de crecimiento basados en auxinas, giberelinas y ácido índol acético favoreció el cuajado y amarre de flores y frutos. El cultivo de chile presenta como problemática con el aborto de flores y frutos que dañan la producción. Los fines del cultivo ornamental no es es la producción alimentaria, sin embargo, puede ser una alternativa. El principal objetivo de esta rama es la producción de flores de corte o plantas con follajes estéticamente vistosos. Teniendo como principales cultivos a las rosas, crisantemos, tulipanes, claveles y liliium (Chalate et al., 2008). Sin embargo, el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) representa una alternativa favorable para la producción y promoción del arte ornamental, debido a que ofrece otros beneficios. Además de ser una planta estéticamente atractiva hacia el público por su popularidad y conocimiento de la gente favorece a las amas de casa el producir un producto de consumo, aprovechar espacios pequeños y se pueden tener en casa con los cuidados adecuados para una producción idónea del cultivo.

Conclusiones

La producción de planta de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), dentro de los estándares del arte del paisajismo con fines ornamentales permite un mejor aprovechamiento de espacios pequeños.

Literatura citada

Aguilar, R. V. H., Corona, T.T., López, P., Latournerie, M. L., Ramírez, M. M., Villalón, M. H. et al., 2010. Los Chiles de México y su distribución. SINAREFI. Colegio de Postgraduados. INIFAP. Itconkal. UANL. UAN. Montecillos, Texcoco, Estado de México. p. 95- 97.

- Chalate, M. H., San Juan, H. R., Diego, L. G. y Pérez, H. P. 2008. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el estado de Veracruz. Cadena productiva de horticultura ornamental en el estado de Veracruz.
- Espinosa, T. L. E. y Ramírez, A. O. 2016. Rentabilidad de chile manzano (*Capsicum pubescens* R Y P) producido en invernadero en Texcoco, Estado de México Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(2):325-335
- Gómez, G. G. 1994. La horticultura ornamental alternativa para el sector social rural (Organización Asociativa). p. 13. In: IV Congreso Nacional de Horticultura Ornamental. Chapingo, Texcoco, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Hernández, V. S., Dávila, A. P. y Oyama, K. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64:65-84.
- Hernández, A. 2014. Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en el ciclo agrícola otoño - invierno 2013/2014 en Acayucan, Ver. Tesis de Licenciatura. FISPA - Universidad Veracruzana. Acayucan, Ver. México. 74 p.
- Long, S. J. 1986. *Capsicum* y cultura: historia del Chilli. Fondo de Cultura Economía, S.A. DE C.V. México, D. F.
- Morán, M. F. 2004. Producción de plantas ornamentales en maceta en invernadero. In: Sánchez, R., F. J., A. Moreno R., J. L. Puente M. y J. Araiza Ch. (ed.) Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah, México.
- Ramírez, L. E., Castillo, A. C. de la C., Aceves, N. E. y Carrillo, Á. E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'habanero'. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1):93-98.
- Ramiro, C. A. 2003. Evaluación de tres híbridos y dos líneas avanzadas de chile serrano (*C. annuum* L.) en San Luis Potosí, México. 1ra convención de Chile 2004. León Guanajuato.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Inauguran en Veracruz parque de floricultura tropical; buscan productores ingresar a mercados internacionales. Dirección de Comunicación Social. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. Boletín Núm. 246/06.
- Villarreal, R. y R. Ramos. 2001. Gran capacidad de la floricultura mexicana desaprovechada. Revista 2000 Agro 10.

ESTABILIDAD DE GENOTIPOS DE TRIGO BAJO DIFERENTES CALENDARIOS DE RIEGO EN EL BAJÍO

María del Pilar Suaste Franco^{130*}, Ernesto Solís Moya¹³¹, Oscar Arath Grageda Cabrera¹³¹, Sarahyt Santamaria González Figueroa¹³¹, Juan Rolando Hurtado Guerra¹³¹ y Manuel Jeronimo Arriaga¹³¹.

Resumen

En el ciclo OI 2016-2017 se evaluaron 36 genotipos en tres calendarios de riego a los 0-55, 0-45-75 y 0-45-75-100 días después de la siembra en el Campo Experimental Bajío del INIFAP. Se midieron los caracteres altura de planta, días a espigamiento, madurez fisiológica y rendimiento de grano. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza combinado, el estudio de la interacción se realizó con el modelo AMMI. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas para número de riegos y genotipos con todos los caracteres evaluados, y en la interacción genotipo por ambiente solo se detectaron diferencias altamente significativas para el carácter rendimiento de grano. La disminución de número de riegos redujo el ciclo a espigamiento y a madurez fisiológica, además de la altura de planta. El calendario de cuatro riegos superó ($p \leq 0.01$) el rendimiento de tres y dos riegos, y el de tres el de dos riegos. El promedio de rendimiento fue de 5139, 5969 y 6548 kg ha⁻¹ para los calendarios de dos, tres y cuatro riegos, respectivamente. Los genotipos más destacados para rendimiento en promedio de los tres calendarios fueron el 10, 18, 12, 28, 27, 4 y 23 superando con más de una tonelada al genotipo que presentó el rendimiento más bajo (5) que obtuvo 5178 kg ha⁻¹. El modelo AMMI retuvo el 70% de la suma de cuadrados total para rendimiento de grano. El biplot mostró que los calendarios de tres y cuatro riegos clasifican a los genotipos de manera diferente y el de dos riegos de manera opuesta al de cuatro riegos

Palabras clave: calendarios de riego, rendimiento, eficiencia en el uso del agua

¹³⁰ Instituto Tecnológico de Roque, Carretera Celaya – Juventino Rosas Km. 8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México. Tel: 01 461 611 5903

¹³¹ Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222, Ext. 85210.

* suastef.mp@hotmail.com

Introducción

Entre los principales problemas que afectan la producción de trigo en El Bajío está la escasez de agua. En esta región el balance hidráulico subterráneo presenta un déficit de más de 900 millones de m³, debido a una alarmante sobreexplotación del acuífero (más de 16,000 pozos en operación), que está ocasionando un abatimiento de 3 a 6 m año⁻¹ (Flores-Lui, 2000). Flores-López y Scott (2000) midieron en Guanajuato los volúmenes de agua tanto de pozos como en gravedad para el ciclo agrícola Otoño-Invierno 1998/99. Las láminas estimadas fueron de 1.35, 1.48, 0.53 y de 0.86 m para trigo/cebada, alfalfa, brócoli y otros cultivos, respectivamente. Para conservar el ambiente de riego de El Bajío es urgente desarrollar tecnología que disminuya las láminas de agua a los cultivos. El objetivo de este trabajo fue medir el efecto de tres calendarios de riego sobre el rendimiento y características agronómicas de 36 genotipos de trigo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, ubicado en el Km 6.5 de la carretera Celaya – San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20°32' Latitud Norte; 100°48' Longitud Oeste; y una altura de 1752 m. El clima característico del área donde se encuentra el CEBAJ presenta valores de precipitación media anual de 578 mm y temperatura media anual de 19.8°C. Durante el ciclo 2016-2017 se estableció un ensayo con tres calendarios de riego: dos, tres y cuatro riegos (a los 0-55, 0-45-75 y 0-45-75-100 días después de la siembra). Se evaluaron 36 genotipos de trigo de los cuales 34 eran trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) y dos de tipo cristalino (*Triticum turgidum* Desf.) (Cuadro 1). El experimento se analizó como una serie de experimentos con un diseño de bloques al azar. La parcela experimental estuvo formada por dos surcos de 3 m de largo separado a 30 cm. Las dosis de fertilización fueron de 120-60-00, 180-60-00 y 240-60-00 para los calendarios de dos, tres y cuatro riegos, respectivamente. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y la segunda mitad del N en el primer riego de auxilio. Se evaluaron los siguientes caracteres: 1) rendimiento de grano (RG), de la cosecha del total de la parcela experimental. 2) Días a espigamiento (DE); de la siembra hasta que aproximadamente el 50% de las espigas estuvieron expuestas. 3) Días a madurez (DMAD), días transcurridos de la siembra al momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas se tornaron a color amarillento. 4) Altura de planta en cm. A estos experimentos se les hizo una aplicación para el control de roya con el producto folicur. Se realizaron análisis de varianza combinados para las variables evaluadas y pruebas de

comparaciones de medias (Tukey, 0.05) usando el programa estadístico SAS. El estudio de la interacción genotipo ambiente se realizó con modelo AMMI para el carácter rendimiento.

Cuadro 1. Genotipos incluidos en el ensayo número de riegos, evaluados en el ciclo otoño invierno 2016-2017 en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), Celaya, Gto.

NVAR Variedad o cruza	NVAR Variedad o cruza
1 Cortazar S94	19 Plata/Ica 30.05//Celestina
2 Urbina S2007	20 Gema c2004
3 Arseniato/Apatita	21 Diamante/Silvinita//Celestina
4 Colibri//Kro	22 Diamante/Silvinita//Celestina
5 Maya s2007	23 Hierro/Esfalerita
6 Colibri/Tragopan	24 Condor/Liz
7 Bárcenas S2002	25 Diamante/Monarca
8 Colibri//Finsi	26 Condor/Liz//Colibri
9 Eneida F94	27 Ibis//Loth/Gracia/4/Pasa/Cuba//Cira/3/Ene/Zita
10 Diamante/Silvinita//Celestina	28 Romoga//Buc-s/Gjo-s/4/Aztecaf67/3/Mrng/Bug-s//Blo-s/Psn-s
11 Tjb368/Buc//Cupe/3/Ene/Zita	29 Condor/Liz/3/Heilo//Milan/Munia/4/Tjb368/buc//Cupe/3/Ene/Zita
12 Colibri//Gal	30 Ibis//Ene/Zita/3/Ene/Zita//Liz
13 Ibis//Loth/Gracia/4/Babax//Irena/Kauz/3/Huites	31 Anatoly c2011
14 Diamante/Yeso	32 Condor/Liz//Jadeita/3/Thelin/2*Wbll1
15 Faisan//Loth/Gracia	33 Plata/Ica 30.05//Celestina
16 Salamanca S75	34 Colibri/Tragopan
17 Diamante/Urbina	35 Diamante/Aragonita
18 Diamante/Aragonita	36 Colibri/3/Wbll1/Fret2//Pastor

Resultados y discusión

El Cuadro 2 muestra el análisis de varianza combinado de los tres calendarios de riego, donde se observan diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para los factores (número de riegos) NR y Genotipos, y diferencias significativas para la interacción NR*Genotipos solo en la variable de rendimiento.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis combinado para los tres calendarios de riegos durante el ciclo OI 2016-17.

Fuente	DF	CM DE	CM DM	CM AP	CM RG
NR	2	58.58 **	2551.56 **	125.54 **	54217989 **
REP(NR)	6	7.13 **	10.64 **	35.41 *	628965 **
GEN	35	79.22 **	20.30 **	148.38 **	1120005 **
NR*GEN	70	2.11	2.31	16.25	314980 **
Error	210	1.65	2.11	13.19	180514
Total	323				
CV		1.758987	1.170614	4.281982	7.218613
Media		73	124	85	5886

FV = Fuentes de Variación; NR = Numero de Riegos; GEN = Genotipos; CV= Coeficiente de variación; AP = Altura de Planta; DE = Días a Espigamiento; DM = Días a Madurez; RG = Rendimiento de grano.

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias para número de riegos con los variables días a espigamiento (DE), días a madurez (DM) y altura de planta (AP). El calendario de tres riegos obtuvo los ciclos más largos a espigamiento, mientras que en madurez el ciclo más largo lo obtuvo el calendario de cuatro riegos, 5 y 10 días más que los calendarios de tres y dos riegos, respectivamente. En AP el calendario de tres riegos registró el porte más alto, dos cm más que los otros dos calendarios.

Cuadro 3. Comparación de medias para los calendarios de riegos para las variables DE, DM, AP y RG, ciclo OI 2016-17.

	DE	DM	AP
EUA 2R	72.41 c	119.49 c	84.07 b
EUA 3R	73.88 a	124 b	86.06 a
EUA 4R	73.19 b	129.20 a	84.35 b
DMS	0.413	0.467	1.16

EUA = Eficiencia en el uso del Agua; AP = Altura de Planta; DE = Días a Espigamiento; DM = Días a Madurez; RG = Rendimiento de grano; DSH = Diferencia Significativa Honesta.

El Cuadro 4 muestra los valores medios de los 36 genotipos evaluados a través de los tres calendarios de riegos para las variables AP, DE y DM. En el cuadro se observa que para días a espigamiento los genotipos más tardíos fueron el 31 y el 20 con 80 y 81 días respectivamente, y los genotipos más precoces fueron el 24, 1 y el 5 con 69 días cada uno. Para días a madurez los genotipos con mayor ciclo fueron el 23 con 126 días y el 9 con 127 días, el genotipo con menor ciclo fue el 17 con 121 días. Para la variable de altura de planta los genotipos más altos fueron el 10 y el 29, ambos con 90 cm y los de menor porte fueron el 24 con 75 cm y el 1 y el 5 con 76 cm.

Cuadro 4. Comparación de medias del análisis combinado del factor genotipos de los experimentos número de riegos para las variables AP, DE, DM y RG durante el ciclo OI 2016-17.

GEN	DE	DM	AP
10	77	124	90 a
18	73	122	88
12	74	125	86
28	74	125	86
27	72	124	86
4	74	125	86
23	74	126 a	88
34	74	125	86
11	73	124	90
35	74	125	85
6	72	124	86
8	74	125	86
25	71	123	84
21	77	124	88
31	80 a	124	88
29	76	126	90 a
14	79	126	89
32	70	122	79
13	72	124	86
36	71	123	86
33	70	123	84
20	81 a	125	89
19	69	122	83
15	74	126	84
22	73	124	87
17	71	121 k	88
2	74	125	83
30	74	125	86
16	73	126	79
24	69 n	123	75 g
7	72	125	77
1	69 n	122	76 g
26	71	123	87
9	72	127 a	82
3	70	124	86
5	69 n	123	76 g
DMS	2.36	2.67	6.67

Análisis de la interacción número de riegos por genotipo con el carácter rendimiento de grano

Para explicar la interacción NR*GEN (interacción genotipo ambiente) de los análisis combinados se empleó la rutina de programación AMMI1 descritas por Vargas y Crossa (2000). Los calendarios de riegos, los genotipos y la interacción explicaron 51.30, 18.54 y 10.43% respectivamente de la suma de cuadrados del modelo (Cuadro 5). El modelo AMMI indicó que el primer eje del ACP explicó el 71.6% de la SC de la interacción. El segundo componente explicó el 28.35%. El modelo AMMI retuvo el 80% de la SCT (ambiente + genotipo + interacción) utilizando 107 grados de libertad (2 para ambientes, 35 para genotipos y 70 para CP1 y CP2). El estudio de la interacción realizado con el AMMI se complementó con el empleo del biplot (Figura 1). Este explicó un 82.07% de SCT (%SC CP1 + %SC ambiente + %SC genotipos).

Cuadro 5. Análisis de varianza AMMI1 de 36 genotipos de trigo en 3 calendarios de riegos.

FV	GL	SC	%SC
NR	2	108435979	51.30
REP(NR)	6	3773792	1.78
GEN	35	39200193.8	18.54
NR*GEN	70	22048643	10.43
CP1	36	15.797	71.64
CP2	34	6.2516	28.35
Residuo	32	0	0

FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; NR= Numero de riegos; GEN= Genotipo.

La Figura 1 es la representación gráfica (gráfico biplot) de genotipos y número de riegos, donde, en el eje de las abscisas ("x") se lee el rendimiento de grano de los genotipos y el calendario de riegos, en el eje de las ordenadas ("y") se mide la estabilidad de los mismos, es decir, aquellos con valores cercanos a cero son estables, mientras los que presentan valores altos del primer componente principal (CP1) son inestables. La línea punteada perpendicular a eje de las "x" indica el rendimiento medio de los genotipos, de acuerdo a lo anterior, se observa en la figura que, los genotipos 10, 12, 18, 28, 27 y 4 fueron los de mayor rendimiento de grano; en cambio, los genotipos 5, 3, 9, 26, 1 y 7 fueron los de rendimiento más bajo, mientras que el genotipo 15, 19 y 20 tuvieron un rendimiento muy similar a la media. Los genotipos 1, 30, 16, 24, 15, 19 y 22 fueron los más estables, entre ellos el primero obtuvo rendimientos inferiores a la media y el 22 fue el más destacado y por lo tanto más deseable; por encima de la media de rendimiento se encontraron los genotipos 14, 21, 29, 6, 12, 10, 32,

33, 25, 8, 35, 23, 4 y 28 de estos los más deseables debido a su estabilidad y a su rendimiento son el 10, 12, 28, y 4. En el calendario de cuatro riegos (Loc4R) los genotipos expresaron el mayor rendimiento y en el calendario de dos riegos (Loc2R) registraron los rendimientos más bajos. El calendario de tres riegos (Loc3R) obtuvo rendimientos ligeramente superiores a la media. La magnitud de los vectores de los calendarios de riego mostró que los calendarios de 4 y 2 riegos registraron la mayor variación en rendimiento. El ángulo de 90 grados entre los Loc4R y Loc3R indica que estos ambientes clasifican a los genotipos de manera diferente. En cambio, el ángulo de 180 grados entre los calendarios de dos y cuatro riegos indica estos ambientes clasifican a los genotipos de manera opuesta. Los genotipos que tienen valores del CP1 (eje de las "y") > 0, se adaptan bien a los calendarios de riegos que de igual forma tienen valores del CP1>0 (su interacción es positiva), pero responden negativamente a ambientes que tienen valores del CP<0. Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores del CP1<0.

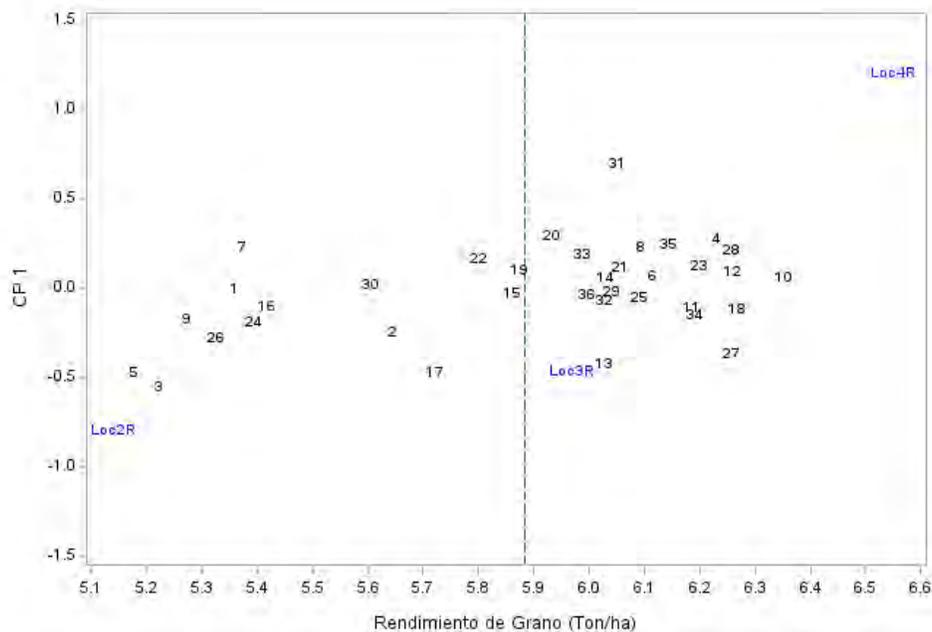


Figura 1. Análisis AMMI1 para componente principal 1 y rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de treinta y seis genotipos y tres calendarios de riego en ciclo OI 2016-2017.

Conclusiones

Los mayores rendimientos se observaron en el calendario de cuatro riegos (0, 45, 75 y 100 días), en este calendario también se observó el mayor ciclo a madurez. El genotipo más destacado a través de los calendarios de riego fue el 10 con un rendimiento promedio de $6355\ kg\ ha^{-1}$ seguido de la línea de trigo harinero 18 con $6270\ kg\ ha^{-1}$, apenas $85\ kg$ debajo

de el genotipo 10. Los calendarios de cuatro y tres riegos clasificaron de manera diferente a los genotipos, en cambio, el calendario de dos riegos clasificó a los genotipos de manera opuesta al de cuatro riegos.

Literatura citada

- Crossa, J. 1990. Statistical analyses of multilocation trials. *Adv. Agron.* 44: 55-85.
- Vargas, H. M. and J. Crossa. 2000. El análisis AMMI y la gráfica del biplot en SAS. Unidad de biometría. CIMMYT. México. www.cimmyt.cgiar.org/biometrics.
- Flores-Lui, F. 2000. El programa de asistencia en riego, Guanajuato. Memorias 2o Simposium Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal. (Memorias en CD). León, Gto., México.
- Flores-López F. J. y Scott C. A. 2000. Superficie Agrícola Estimada Mediante Análisis de Imágenes de Satélite en Guanajuato, México. International Water Management Institute Serie Latinoamericana #15. México.

ARTRÓPODOS PLAGA EN ANTURIO PARA FLOR DE CORTE EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

Emmanuel Herrera-Martínez¹³², Gabriel Otero-Colina¹³³, Juan A. Villanueva-Jiménez^{132*}, Rosaura Jose-Pablo¹³²

Resumen

Entre las plantas ornamentales, el anturio es un cultivo importante como flor de corte por su gran belleza y diversidad de colores, con alta demanda tanto en el mercado nacional e internacional. Sin embargo, existe escasa información de la artropofauna de importancia agrícola en anturio. Por ello, se realizó la colecta e identificación de artrópodos que tienen el potencial de ser plagas o enemigos naturales, presentes en sistemas de producción de anturio de corte, en la zona Centro del Estado de Veracruz, México. El mayor número de organismos colectados es de la clase Acarida (913), que representa 60.5% del total; 589 individuos corresponden al orden Thysanoptera, (39.3%), y siete a Hemiptera (Aphididae, 0.5%). Además, se identificaron siete familias de ácaros: Tarsonemidae, Tetranychidae, Tenuipalpidae, Phytoseiidae, Stigmaeidae, Glyeyphagidae y Tydeidae. Esta información es base para el posterior diseño de medidas integrales de manejo del agroecosistema.

Palabras clave: Anthurium, ácaros depredadores, ácaros plaga, grupo de artrópodos, planta ornamental

Introducción

En los agroecosistemas complejos con altos niveles de biodiversidad, puede existir una mayor regulación de plagas, propiciado por la gran variedad y abundancia de depredadores y parasitoides (Altieri, 1994). Por tanto, se deben identificar las relaciones que existen entre las especies que, a través de sus sinergias, abastecen y promueven servicios ecológicos claves como el control biológico de plagas. Para aprovechar estas sinergias se deben diseñar y

¹³² Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Km 88.5 Carretera Xalapa-Veracruz, Municipio Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, Veracruz, México. CP 91970.

¹³³ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, México. CP 56230.

* javj@colpos.mx

manejar agroecosistemas, con un entendimiento básico de las interacciones entre el suelo, las plantas, los artrópodos y los microorganismos (Altieri y Nicholls, 2007).

Las plantas ornamentales representan una opción productiva para los habitantes de la zona Centro de Veracruz, México. Los anturios son flores tropicales adaptadas a este ambiente, con el género *Anthurium* como uno de los más sobresalientes. Pertenecen a la familia Araceae, que comprende más de 1500 especies tropicales (Farsi et al., 2012). Las especies de mayor interés son *Anthurium andreanum* Linden y *A. scherzerianum* Schott (Gantait y Mandal, 2010). *A. andreanum* es la especie más importante desde el punto de vista económico, debido a que se vende como flor de corte, tiene la espata de diversos colores y presenta una larga duración después de que han sido cortada, características que le permite tener una alta demanda en el mercado nacional e internacional (López-Puc et al., 2013).

Poco se conoce de las plagas y de sus enemigos naturales del anturio. Los principales artrópodos fitófagos con reportes de daño al cultivo de anturio son los trips (Thysanoptera: Thripidae) de las especies *Chaetanaphothrips orchidii* Moulton, *C. signipennis* (Bagnall) y *Frankliniella occidentalis* Pergande, las cuales afectan a la flor al producir rayas blancas y distorsiones de la espata (Hara et al., 2002; Bushe et al., 2004); la mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) *Aleurotulus anthuricola* Nakahara, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood y *Bemisia tabaci* Gennadius, estas son identificadas por secreciones blancas, polvo ceroso, que en infestaciones altas, se pueden presentar las pupas incluso en la espata. Diversas especies del orden Orthoptera, de la familia Acrididae ocasionan lesiones al alimentarse de las hojas (Anteparra et al., 2013). Además, se han observado diferentes especies de pulgones (Hemiptera; Aphididae) en el envés de la hoja y botones florales, tales como *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* Sulzer. Otras especies del orden Hemiptera son la escama *Hemiberlesia lataniae* Signoret (Diaspidadae) y el piojo harinoso *Planococcus citri* Risso (Pseudococcidae), presentes en el envés de la hoja, generalmente asociadas con hormigas (Pato et al., 2007; Anteparra et al., 2013). Entre los ácaros (Clase Acarida) se citan a *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Tenuipalpidae), *Tetranychus urticae* Kock (Tetranychidae) y *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Tarsonemidae), quienes producen el bronceado del pecíolo y la espata (Ochoa et al., 1991; Dreistadt, 2001; Garita et al., 2014).

Dada la necesidad de contar con información para el manejo del cultivo de anturio como actividad económica, se colectaron e identificaron a nivel de orden y familia los artrópodos de importancia agrícola en sistemas de producción de anturio de corte en la zona Central del Estado de Veracruz, México.

Materiales y métodos

Se seleccionaron los sitios en donde se realizaron las colectas, con base en el nivel de producción, altura sobre el nivel del mar y mediante entrevistas con los productores. Se integraron tres zonas, la primera con tres sitios a menos de 800 m., en el municipio de Tepatlaxco, Veracruz. La segunda concentra dos sitios en el municipio de Fortín de las Flores y uno en el municipio de Emiliano Zapata, Ver., que se encuentran entre 800 y 1000 m. La tercera zona incluye sitios a más de 1000 m, en los municipios de Sochiapa, Fortín de las Flores y Emiliano Zapata. La colecta se llevó a cabo del mes de junio a octubre de 2007, lo que permitió el registro de especies para la época de lluvias y la de estiaje. Las colectas se dirigieron a los botones florales, hojas jóvenes y adultas, con evidencias de daño por plaga. En el caso de las colectas dirigidas a botones de anturio, se cortaron tres botones florales por sitio en cada visita mensual. Los botones se conservaron en frascos de plástico cerrados de 1 L. La colecta en hojas se realizó mediante el método de lavado y tamizado; se utilizó un aspersor manual de 2 L y tamices de 20, 40 y 400 mallas por pulgada. Los organismos colectados se depositaron en frascos de plástico de 50 mL con alcohol etílico al 70% para el traslado al laboratorio.

Para la identificación de los ácaros, éstos se montaron en porta y cubreobjetos, para lo cual se utilizó líquido de Hoyer como medio de montaje. Posteriormente, se identificaron a través del microscopio de contraste de fases (Carl Zeiss Mod. Primo Star) y clave dicotómica para la identificación de los órdenes y familias de ácaros de importancia agrícola. La identificación se realizó por el especialista en taxonomía de Acaridae, Dr. Gabriel Otero Colina, Profesor investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. La identificación de trips fue realizada por la Dra. Aurea Mojica Guzmán del Laboratorio de Entomología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología de la UNAM.

La información se presenta en cuadros, por grupo de artrópodos de los tres sitios muestreados, así como en figuras con el porcentaje de organismos de artrópodo en los meses de junio (fin de época de estiaje), julio, agosto, septiembre y octubre (época de lluvia) de 2007.

Resultados y discusión

En general, el mayor porcentaje de organismos colectados en los botones de flor de anturio de junio a octubre corresponde a la clase Acarida. El segundo lugar en abundancia corresponde al orden Thysanoptera, con el mayor número de insectos presentes en el mes de junio. El orden Hemiptera (Aphididae) presentó el menor porcentaje de organismos, con

su pico máximo en el mes de junio. En la Figura 1, se presenta el total de los individuos (1509) colectados en 135 botones florales de anturio.

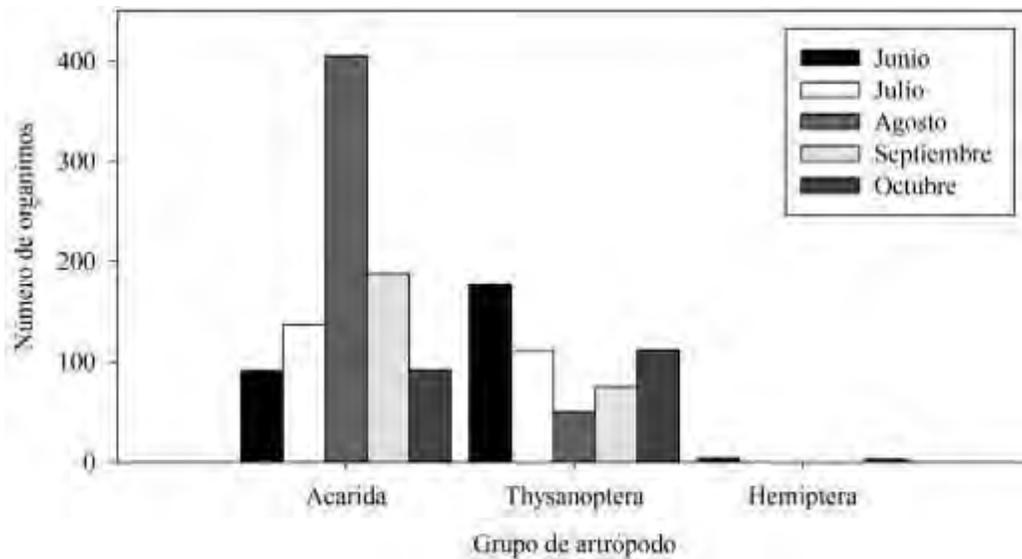


Figura 1. Porcentaje de organismos colectados en botones de flor de anturio en tres sitios de muestreo de la zona Centro del Estado de Veracruz, México.

En el Cuadro 1, se observa que se colectaron hasta 245 individuos de la clase Acarida en un solo botón. En promedio se encontraron 6.8 ± 24.0 (desviación estándar, DE) individuos por botón. Dentro del orden Thysanoptera, la mayor cantidad de individuos corresponde al estado de larva, seguido por el de adulto. El número medio de larva presente por flor de anturio fue 5.2 ± 12.0 (DE); mientras que en estado adulto se encontró 1.1 ± 2.0 (DE) individuos. Con respecto a la familia Aphididae, se encontró un máximo de cuatro individuos en estado de ninfa, con un promedio de 0.1 ± 0.0 (DE).

En la Figura 2 se aprecian los sitios con el mayor porcentaje (50.03%) de organismos del total de la colecta, los cuales fueron los municipios de Sochiapa, Fortín de las Flores y Emiliano Zapata que se sitúan a una altitud mayor a 1000 msnm. El mayor porcentaje de organismos en botones de flor de anturio fue del orden Thysanoptera con 58.0%, seguido de la clase Acarida y de la familia Aphididae con 41.1 y 0.9% individuos, respectivamente. Mientras que los sitios de los municipios de Fortín de la Flores y Emiliano Zapata que se encuentran entre los 800 y 1000 m., tuvieron 28.2% del total de los organismos colectados. En estos sitios, la clase Acarida fue la predominante en el botón de la flor de anturio con 85.2% individuos, seguida del orden Thysanoptera con 14.8% organismos (Figura 2). Por último, en el sitio con altitud de 800 m., que corresponde al municipio de Tepatlaxco, se encontró el 21.74% de organismos colectados. Así mismo, la presencia de la clase Acarida en botón de la flor de anturio fue mayor (73.2%), comparado con el orden Thysanoptera (26.8%) (Figura 2).

Cuadro 1. Grupo de artrópodos colectados en 135 flores de anturio, con base en su estado de desarrollo, en tres sitios de muestreo en la zona Central Costera de Veracruz, México.

Grupo de artrópodo/ estado desarrollo	Media	Desviación estándar	Mínimo/ individuos	Máximo/ individuos
Acarida				
Ácaro	6.8	24.0	0	245
Thysanoptera				
Larva	5.2	19.0	0	133
Prepupa	0.0	0.0	0	3
Pupa	0.1	1.0	0	12
Adulto	1.1	2.0	0	19
Hemiptera: Aphididae				
Ninfas	0.1	0.0	0	4
Adulto	0.0	0.0	0	0

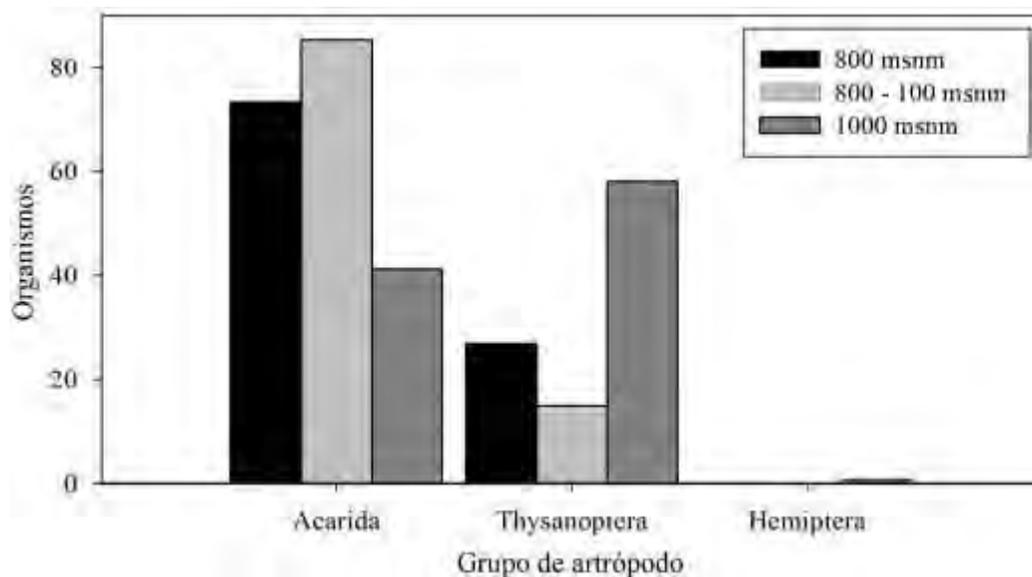


Figura 2. Porcentaje de organismos de artrópodos en botones de flor de anturio, en tres zonas de muestreo con diferentes altitudes, en el Centro del Estado de Veracruz, México.

La presencia de los grupos de artrópodos de la clase Acárida, orden Thysanoptera y Hemiptera en cultivos de anturio de las zonas muestreadas en este estudio; se confirma con los encontrados por San Juan (2010) en el mismo cultivo en la región Córdoba-Fortín de la Flores, donde se identificaron 10 plagas principales en la producción de anturio, entre las que citan a las arañas rojas, los trips y los pulgones. Resultados similares encontraron Bushe et al. (2004) y Anteparra et al. (2013), quienes identificaron diferentes artrópodos fitófagos asociados en diferentes órganos de la planta de anturio, entre ellas del orden Hemiptera

(Hemiptera), que fue observado en el envés de la hoja, botones florales y flores; además de insectos del orden Thysanoptera sobre flores jóvenes, con sus principales síntomas como rayas blancas y una distorsión que aparecen en la parte superior de la superficie inferior de la espata.

Dentro de la clase Acarida se identificaron siete familias correspondientes a organismos fitófagos: las familias Tarsonemidae, Tetranychidae y Tenuipalpidae, las cuales agrupan especies asociadas a cultivos agrícolas de importancia económica, así como a diversas especies de plantas ornamentales (Aguilar y Murillo, 2012; Fathipour y Maleknia, 2016). Algunas especies de ácaros de las familias Tetranychidae y Tenuipalpidae destacan por ser vectoras de enfermedades virales en diferentes cultivos, entre ellas plantas ornamentales que pertenecen al género *Anthurium* (Childers et al., 2003; Beltrán-Castillo et al., 2010; Kitajima et al., 2010; Mesa y Valencia, 2013).

Los organismos identificados como depredadores, son de las familias Phytoseiidae y Stigmaeidae. Glycyphagidae y Tydeidae son familias que agrupan especies fungívoras, depredadoras y fitófagos. Los ácaros de las familias Phytoseiidae y Stigmaeidae presentes en anturio, son considerados como depredadores de ácaros plaga. Dentro de la familia Phytoseiidae, la mayoría de las especies depredan ácaros plaga, principalmente de la familia Tetranychidae, y en menor grado consumen especies de las familias Tarsonemidae y Tenuipalpidae en diversos cultivos (Badii et al., 2010; De la Torre-Santana, 2015). En el cultivo de anturio también se identificó la familia Tydeidae, la que incluye especies plaga y benéficas en cultivos agrícolas; sin embargo, su importancia económica es menor en comparación con los tetraníquidos, tarsonémidos y eriófidos; como controladores biológicos también son menos efectivos que los ácaros fitoseidos y estigmaideos en el control de plagas. Las especies de esta familia son depredadoras de ácaros plaga, principalmente del orden Mesostigmata, pero también son fungívoras, micófagas y carroñeras (Niemczyk y Kaźmierski, 2002; Akbari et al., 2015).

Conclusiones

Se identificaron tres grupos de artrópodos presentes en botones de flor de anturio; el primero con mayor abundancia fue orden Acárida, el segundo orden Thysanoptera y tercero el orden Hemiptera. Dentro del orden Acárida se identificaron tres familias que agrupan especies de ácaros fitófagos como son: Tarsonemidae, Tetranychidae y Tenuipalpidae; y dos familias que incluye especies de ácaros depredadores: Phytoseiidae y Stigmaeidae; la familia Tydeidae que comprende ácaros fitófagos y depredadores, y por último la familia Glycyphagidae. Respecto al orden Hemiptera se identificó una familia (Aphididae). Es fundamental continuar

con la identificación de especies de artrópodos fitófagos asociados en botones florales y en otros órganos del cultivo; y por ende estudiar el comportamiento de los enemigos naturales que permita hacer un manejo sustentable de las plagas en anturio.

Agradecimientos

A la Dra. Aurea Mojica Guzmán del Laboratorio de Entomología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología de la UNAM, México por la identificación de los trips. A los productores asociados al Consejo Veracruzano de la Flor por su participación en la presente investigación.

Literatura citada

- Aguilar, H., y P. Murillo. 2012. Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: Período 2008-2012. *Agronomía Costarricense* 36(2):11-28.
- Akbari, A., K. H. Irani-Nejad, M. Khanjani, M. Arzanlou and A. Kaźmierski. 2015. A new tydeid species (Acari: Tydeidae) with a key to Brachytydeus species from East Azerbaijan Province, Iran. *Systematic & Applied Acarology* 20 (4):423-430.
- Altieri, M. A. 1994. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. Haworth Press, N. Y. 185 p.
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategia y evaluación. *Ecosistemas* 16(1):3-12.
- Anteparra, M., A. Loayza, L. Granados y W. Díaz. 2013. Insectos asociados con anturio (*Anthurium andreanum* Lind.) en Tingo María, Perú. *RevIA* (3):84-93.
- Badii, M. H., J. Landeros y E. Cerna. 2010. Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola. *Daena: Internacional Journal of Good Conscience* 5(1):270-302.
- Beltrán-Castillo, A., Y. Díaz, L. Otero-Pujo, M. Borges-Soto, L. Pérez-Artiles, Y. Avalos-Rodríguez, et al., 2010. Importancia de los ácaros del género *Brevipalpus* (Acari: Tenuipalpidae) y las plantas hospedantes asociadas. *Revista CitriFrut* 27(1):54-59.
- Bushe, B. C., W. T. Nishijima, A. H. Hara, y D. M. Sato. 2004. Identifying anthurium flower injuries. *Plant Dis. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR)* <http://hdl.handle.net/10125/12401> [consultado el 14 de julio de 2017].

Childers, C. C. French y J. C. Rodríguez. 2003. *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis*, and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a review of their biology, feeding injury and economic importance. *Exp Appl Acarol.* 30:5-28.

De la Torre-Santana, P. E. 2015. La familia Stigmaeidae (Acari: Trombidiformes) en Cuba. *Rev. Protección Veg.* 30. p 68. Resumen del Segundo Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria (SISA).

Dreistadt, S. H. (2001). *Integrated pest management for floriculture and nurseries.* University of California. 423 p.

Farsi, M., Y. M. E. Taghavizadeh, and V. Qasemiomran. 2012. Micropagation of *Anthurium adreanum* cv. Terra. *Afr. J. Biotechnol.* 11:13162-13166.

Fathipour, Y., and B. Maleknia. 2016. Mite Predators. Pp: 329-366. Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Gantait, S., N. Mandal, S. Bhattacharyya and P. Kanti. D. 2010. An elite protocol for accelerated quality-cloning in *Gerbera jamesonii* Bolus cv. Sciella. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 46:537-548.

Garita, L. C., A. D. Tassi, R. F. Calegario, J. Freitas-Astúa, R. B. Salaroli, G. O. Romão and E. W Kitajima. 2014. Experimental host range of Citrus leprosis virus C (CiLV-C). *Trop. Plant Pathol.* 39:043-055.

Hara, A. H., C. Jacobsen and R. Niino-DuPonte. 2002. *Anthurium* trips damage to ornamentals in Hawaii. *Insect Pests.* CTAHR. Department of Agriculture. University of Hawai'i at Mānoa. <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/ip-9.pdf> [consultado el 14 de julio de 2017].

López-Puc, G., M. A Ramírez-Mosqueda y H. E. Lee E. 2013. El cultivo moderno del anturio. *Ciencia* 64:52-59.

Mesa, N. C., y M. O. Valencia. 2013. Diagnóstico taxonómico de la familia Tenuipalpidae (Acari: Tetranychoidae) en el valle del Cauca (Colombia). *Caldasia* 35(1):199-207.

Niemczyk, E., and A. Kamierski. 2002. Checklist of species, occurrence and feeding of the members of families Stigmaeidae and Tydeidae in the apple orchards. p. 265-274. In: *Postepy polskiej akarologii.* Ignatowicz, S. (ed.). SGGW, Warsaw.

Ochoa, R., H. Aguilar y C. Vargas. 1991. *Ácaros fitófagos de América Central: Guía ilustrada.* CATIE. Serie Técnica, Manual Técnico Edición 1. Turrialba, Costa Rica. 225 p.

Pato, F. A., R. L. Condés y Vicente C. F. E. 2007. Introducción al cultivo del anthurium para flor cortada en la región de Murcia. Programa de Innovación Tecnológica. 44 p.

San Juan H., R. 2010. Dinámica socioeconómica en el agroecosistema ornamental con anturio (*Anthurium andreanum* L.) de la región Córdoba-Fortín de las Flores, Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Tepetates, Manlio F. Altamirano, Edo. de Ver., México. 104 p.

DESARROLLO DE LA PLANTA DE Agave tequilana MEDIANTE LA TECNICA DE FERTIGACION EN TAMAULIPAS

Lamberto Zúñiga Estrada^{134*}, Enrique Rosales Robles¹³⁴, María de Jesús Yáñez-Morales¹³⁵ y Cuauhtémoc Jacques-Hernández¹³⁶

Resumen

Con el objetivo de estudiar las características agronómicas y la acumulación de nutrimentos en la materia seca (MS) durante un ciclo completo de la planta de agave, en un experimento establecido en el sur de Tamaulipas se plantaron hijuelos de agave en tres condiciones de manejo del fertilizante: a) En temporal y sin fertilizante, Testigo Absoluto (TA); b) Fertigación, además de la precipitación, recibieron agua y nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, y micronutrimentos) mediante un sistema de riego por goteo y c) Fertilización de base (FB)+fertigación, adicional a lo recibido en el tratamiento anterior, se aplicó a las plantas de agave FB con N, P, K y micronutrimentos. Cada tratamiento se estudió por triplicado en un diseño de bloques al azar. Durante el estudio se realizaron ocho evaluaciones destructivas utilizando una planta por unidad experimental; septiembre del 2004, febrero del 2005, octubre del 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010. Las plantas desarrolladas con fertigación y FB+fertigación, en promedio superaron en 17 y 76% la altura y número de hojas registradas en la planta del TA, respectivamente. En relación con la biomasa, se estimó que estas mismas plantas produjeron 491.4 y 456.1 t ha⁻¹ en la planta total, y 218.1 y 252.4 t ha⁻¹ en la piña, respectivamente. En plantas del TA la biomasa total fue 97 t ha⁻¹ y 46.5 t ha⁻¹ en la piña. La concentración de azúcares reductores (AR) en la piña no fue modificada por el manejo con fertilizante; su concentración fluctuó entre 26.8 y 29.0%. La concentración de nutrimentos en la MS, tampoco fue modificada con el fertilizante; en la MS de plantas desarrolladas con fertigación y fertigación+FB se registró la mayor cantidad de nutrimentos, los valores medios, fueron 182.7 g de N, 60.1 g de P, 165.1 g de K, 816.4 g de Ca y 54.1 g de Mg, los cuales fueron superiores y significativamente diferentes a los registrados en la MS de la planta del TA. Independientemente del manejo de la fertilización, la cantidad de nutrimentos determinados en la MS presentó el siguiente orden Ca>K>N>Mg>P.

¹³⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

¹³⁵ ²Colegio de Postgraduados.

¹³⁶ ³IPN-Centro de Biotecnología Genómica – Reynosa.

*zuniga.lamberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: riego por goteo, biomasa, materia seca, N, P, K, Ca y Mg

Introducción

Las plantas del género *Agave* son originarias de América, desde el norte de Dakota, E.U.A. hasta Bolivia y Paraguay se han descrito 273 especies; en México coexisten 205, de las cuales 151 son endémicas (Gentry, 1982); éstas plantas alcanzan su madurez entre 10 y 25 años. Por su tipo de fotosíntesis, pertenecen a las plantas MAC (Metabolismo del Ácido Crasuláceo), presentan apertura nocturna de estomas para asimilar el CO₂, incorporándolo en ácidos orgánicos, principalmente ácido málico. La apertura nocturna de estomas, cuando el gradiente difusivo del agua en las hojas es menor, permite un uso eficiente del agua, crecer y producir biomasa en tierras áridas y semiáridas marginales. Durante el día, los estomas permanecen cerrados y evitan la salida de CO₂, originado por la descarboxilación de ácidos orgánicos en el interior de la hoja (Hartsock y Nobel 1976; Bidwell, 1993). Sin embargo, en condiciones de lluvia abundante o en condiciones de riego, cuando la humedad del suelo no es un factor limitante, la apertura nocturna de estomas en *A. deserti* se modificó, registrándose dicha apertura durante el día y fijándose en el periodo de luz, el 97% del CO₂ total diario requerido por la planta (Hartsock y Nobel, 1976).

En México, las especies de agave de importancia económica son *A. tequilana*, cultivado para la producción de tequila; *A. angustifolia*, *A. salmiana* y *A. americana* entre otras, usadas en la elaboración del mezcal; *A. fourcroydes* y *A. lechuguilla* en la obtención de fibra (Escamilla-Treviño, 2012). En la industria del tequila sólo se utiliza la piña del agave, que representa el 54% del peso húmedo de la planta; en este proceso se desecha la fibra de la piña, la cual puede ser aprovechada para fabricar papel (Idarraga et al., 1999), plásticos biodegradables (Alva y Riley, 2008), y producir etanol carburante, mediante procesos en los que participan bacterias etanológicas (Caro-Bermúdez, 2010). De igual forma, la MS de las hojas que generalmente se quedan en el campo, presentan paredes celulares que contienen entre 3 y 15% de lignina y 68% de celulosa; ésta baja concentración de lignina demanda menor consumo de energía cuando es utilizada para producir biocombustibles, originando mayor atención la materia seca (MS) de agave (Iñiguez-Covarrubias et al., 2001; Borland et al., 2009; Somerville et al., 2010; Li et al., 2014).

La especie *A. tequilana* var. *Azul* se cultiva comercialmente en México desde 1792 (Vicente, 2003), la generación de tecnología de producción ha recibido apoyo de organismos del sector oficial y privados interesados en su explotación; los estudios se han enfocado en la producción de hijuelos sanos utilizando la vía sexual, asexual ó por micro propagación (Vicente y Del Real, 2007). También se han identificado las plagas y enfermedades que

originan daño económico y generándose su manejo y control (Fucikovskiy, 1999; Rubio y Pérez, 2011). Además de los estudios relacionados con la preparación del suelo, fertilización y manejo del cultivo, (Uvalle y De la Torre, 2011).

En las últimas décadas se han desarrollado estudios sobre el manejo de la fertilización en la planta de agave, encontrándose actualmente gran variación en dosis, fuentes y época de aplicación de fertilizantes en la zona con Denominación de Origen Tequila (DOT). La interpretación conjunta de los síntomas de deficiencia determinadas mediante el diagnóstico visual, el análisis del tejido vegetal y los resultados del análisis de suelo, permitieron proponer índices relacionados con un rendimiento potencial y permitieron definir un programa de Diagnóstico Diferencial Integrado (Uvalle et al., 2007). De igual forma se ha propuesto fertilizar huertas madres solo durante los primeros 3 o 4 años de su desarrollo, en el primer año sugieren fertilizar manteniendo una relación de 1:3:1 de N, P y K respectivamente, en el segundo 1:2:2 y 1.5:1:2 en el tercer año; mientras que en el cuarto la relación sugerida fue 2:0:2 (Uvalle y De la Torre, 2011).

Los estudios anteriores permitieron generar información bajo condiciones de temporal principalmente y en la mayoría de los casos, dicha información se ha obtenido solo en una parte del ciclo de cultivo. Por tal razón, y dado que en México no se ha generado información sistematizada sobre la tecnología de manejo de los fertilizantes en el cultivo de agave, el objetivo del presente trabajo fue estudiar las características agronómicas y la acumulación de nutrimentos en la materia seca (MS) de la planta de agave durante todo su ciclo de desarrollo, contribuyendo a un mejor conocimiento de la planta de agave.

Materiales y métodos

En mayo de 2004 se inició el estudio en el cultivo de agave en terrenos del Campo Experimental "Las Huastecas" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Altamira, Tamaulipas, México, a 22°33'59" LN, 98°09'49" LO y 15 m. Las plantas se desarrollaron en un vértisol éutrico (INEGI, 2016), caracterizado mediante el análisis físico y químico de una muestra compuesta, tomada a 0.30 m de profundidad, en 24 puntos del terreno seleccionados en zig-zag. El suelo presentó alta concentración de arcilla (50.1%) y capacidad de intercambio catiónico (52.53), predominando el calcio en el 82% de los sitios de intercambio, pH fuertemente alcalino y baja concentración de la materia orgánica.

Los hijuelos de agave se establecieron en tres condiciones: a) En temporal y sin fertilizante, Testigo Absoluto (TA); b) Fertigación, además de la precipitación, recibieron agua y nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg y micronutrimentos) mediante un sistema de riego por goteo y

c) Fertilización de base (FB)+fertigación, adicional a lo recibido en el tratamiento anterior, se aplicó a las plantas de agave FB con N, P, K y micronutrientes. En un diseño de bloques al azar cada tratamiento se estudió por triplicado. Se realizaron ocho evaluaciones destructivas utilizando una planta por unidad experimental (UE) septiembre 2004, febrero del 2005, octubre del 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010. La UE consistió en un total de 96 plantas distribuidas en 405 m² y consistió en 6 hileras de plantas con 3 m de separación entre hileras y de 1.50 m de separación entre plantas, estableciéndose 16 plantas por hilera. En cada etapa de evaluación se determinó la altura de planta, número de hojas, peso húmedo y seco de hojas, piña, hijuelos, raíces y cogollo, determinándose la concentración de N, P, K, Ca y Mg, en la MS de cada órgano. En la piña se determinó la concentración de azúcares reductores (AR), estimándose el total de éstos por piña (ART). Los valores medios de cada característica y para cada evaluación se sometieron a un análisis de varianza, comparándose los valores medios mediante la prueba de Tukey al 0.05%.

Resultados y discusión

Desde el establecimiento del experimento hasta la última evaluación, las plantas de agave emplearon 77 meses, en este periodo recibieron 5952 mm de lluvia. Las plantas desarrolladas con fertigación y FB+fertigación en 350 eventos de riego, adicionalmente recibieron 3960.8 L de agua por planta y un aporte de 315.3 g de N; 76 g de P; 293.3 g de K; 81 g de Ca y 54.1 g de Mg.

La aplicación de agua y fertilizante, en el sistema de riego por goteo, estimuló el desarrollo de la planta de agave desde las etapas iniciales de su establecimiento, en estas plantas la altura, número de hojas, peso húmedo, fueron superiores a las mismas características determinadas en plantas del TA en las diferentes etapas de evaluación (Cuadro 1).

La altura y el número de hojas se incrementaron conforme avanzó el ciclo planta en todos los tratamientos. Sin embargo, en plantas del TA los valores de ambas características fueron significativamente inferiores a los cuantificados en plantas desarrolladas con fertigación y FB+fertigación, que en promedio superaron 17 y 76% la altura y el número de hojas registradas en las plantas del TA, respectivamente.

El peso húmedo de planta y piña en aquellas plantas que recibieron agua y fertilizantes (fertigación y FB+fertigación) presentaron valores iguales, pero al igual que la altura y número de hojas, sus valores promedio fueron superiores 5.5 y 5.7 veces a los registrados en plantas desarrolladas en el TA, respectivamente. La mayor diferencia en la producción de biomasa en la planta de agave se observó a los 63 meses después de plantada (MDP). Con respecto al peso de la piña, éste fluctuó entre 66.1 y 76.4 kg; estimándose un

rendimiento de 252.1 t ha⁻¹ con las piñas de mayor peso y una densidad de 3,300 plantas ha⁻¹; rendimiento 5.4 veces superior al estimado en plantas del TA.

Cuadro 1. Características agronómicas, peso húmedo y calidad de la piña, registradas a los 77 meses en la planta de agave desarrollada en tres condiciones de fertilización.

Descripción de tratamientos	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Peso húmedo (kg planta ⁻¹)		Azúcares reductores en la piña (%)	ART ^β (kg piña ⁻¹)
			planta	piña		
Testigo absoluto (TA)	129.0 b*	42.7 b	29.4 b	14.1 b	26.8	2.8 b
Fertigacion	156.0 a	131.3 a	138.2 a	66.7 a	28.9	13.8 a
Fb + fertigacion	153.3 a	128.7 a	148.9 a	76.4 a	29.0	15.6 a
DSH [†]	10.4	37.7	42.7		5.8	3.9

*Valores con diferente letra en la misma columna son diferentes (Tukey, 0.05). † Diferencia Significativa Honesta (Tukey, 0.05). ^βART Azúcares Reductores totales.

La concentración de AR a los 77 MDP, no fue modificada en los tratamientos estudiados (Cuadro 1). En ésta etapa, la concentración de AR en la piña, fluctuó entre 26.8 y 29.0%, y éstos valores fueron ligeramente inferiores a 30.8 y 32.7% de AR a los reportados por Mellado-Mojica y López (2012), en piñas cosechadas en el estado de Jalisco en la época húmeda y seca, respectivamente. Sin embargo, es importante mencionar que la cantidad de ART fue mayor en las plantas que produjeron las piñas de mayor peso y estas fueron las desarrolladas con fertigacion y FB+fertigacion. En las piñas de estas plantas la cantidad ART superaron 5.6 veces los 2.9 kg de ART determinados en las piñas desarrolladas en el TA.

El efecto positivo de la aplicación del agua y del fertilizante a través del sistema de riego por goteo, también se registró en la MS; en la concentración del K y en la cantidad de nutrimentos estimados en las plantas desarrolladas con fertigación y FB+fertigación, las cuales superaron significativamente la acumulación de MS y la extracción de nutrimentos registrados en las plantas del TA (Cuadro 2).

Durante el crecimiento de la planta de agave, la MS producida y la cantidad de nutrimentos acumulados en ésta, se incrementó diferencialmente entre las plantas de agave. Específicamente en la planta que recibió FB+fertigación en la segunda mitad del ciclo de la planta, etapa en la que el órgano de mayor crecimiento fue la piña, se produjo el 62% de la MS total, determinándose también la mayor acumulación de nutrimentos (Figura 1).

Cuadro 2. Materia seca y extracción de nutrimentos de la planta de Agave tequilana Weber desarrollada en 77 meses bajo diferentes condiciones de fertilización.

Tratamiento	Materia seca (kg planta ⁻¹)	Nutrimentos									
		%					g planta ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Testigo absoluto	6.94 b*	0.47	0.18	0.70a	2.41	0.15	32.6 c	12.5 b	48.6 b	167.3 b	10.4 b
Fertigacion	36.52 a	0.45	0.15	0.41b	2.27	0.14	164.3 b	54.8 a	149.7 a	829.0 a	51.1 a
fb + Fertigacion	39.84 a	0.52	0.16	0.45b	2.01	0.15	207.2 a	63.7 a	179.3 a	800.8 a	59.8 a
	DSH [†]	0.08	0.04	0.17	0.89	0.06	39.1	15.73	35.77	270.91	19.09

*Valores con diferente letra en la misma columna son diferentes (Tukey, 0.05). † Diferencia Significativa Honesta (Tukey, 0.05).

Con respecto a la acumulación de nutrimentos, el Ca fue el elemento mayormente acumulado en la MS del cultivo y en orden descendente le siguió el K>N>Mg>P (Cuadro 2, Figura 1). Al final del ciclo, la disminución registrada en la MS y en la cantidad de nutrimentos que se observa en la Figura 1, fue debido a la eliminación de una parte de las hojas mediante una poda o barbeo fitosanitario.

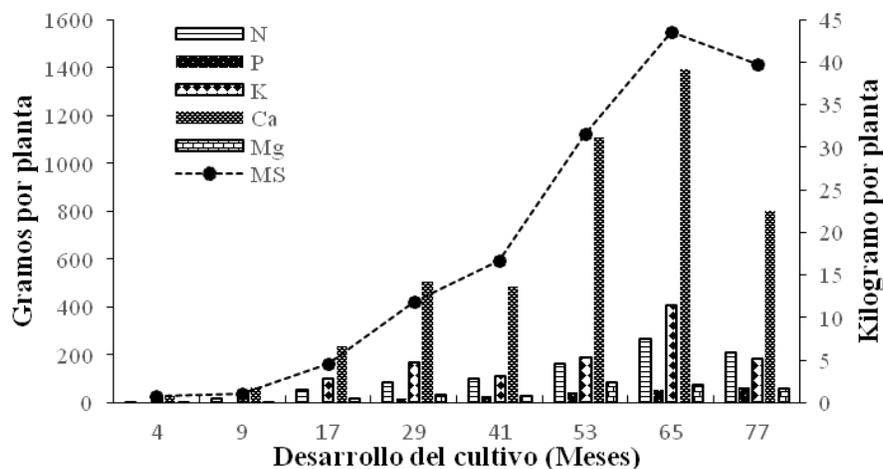


Figura 1. Acumulación de materia seca y nutrimentos en la planta de agave desarrollada con FB+fertilización.

Conclusiones

Desarrollar la planta de agave con la técnica de fertigación permitió demostrar lo siguiente:

1. Se estimuló la producción de hojas por planta, lográndose plantas de mayor altura y con una mayor acumulación de biomasa.
2. El rendimiento de piña y de azúcares reductores totales en la piña se incrementaron.

3. La absorción de nutrimentos se favoreció, determinándose que en orden descendente la planta acumuló $\text{Ca} > \text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P}$. La concentración de éstos en la materia seca, no fue modificada.

Literatura citada

Alva M, L. E. and M. R. Riley. 2008. Utilization of cellulosic waste from tequila bagasse and production of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics by *Saccharophagus degradans*. *Biotechnology and Bioengineering* 100(5):882-888.

Bidwell, R. G. S. 1993. *Fisiología Vegetal*. 1a. Ed. en español. AGT Editor. México, D. F. 784 p.

Borland, A. M., H. Griffiths, J. Hartwell and J. A. C. Smith. 2009. Exploiting the potential of plants with crassulacean acid metabolism for bioenergy production on marginal lands. *J Exp Bot* 60(10):2879-2896.

Caro-Bermúdez, M. A. 2010. Evaluación del bagazo de agave como fuente de azúcares para la producción de etanol. Tesis de Licenciatura. UAEM.

Escamilla-Treviño, L. L. 2012. Potential of plants from the genus *Agave* as bioenergy crops. *Bioenerg. Res.* 5:1-9.

INEGI. 2016. Mapa digital de México. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjlyLjU3NTgzLGxvbjotOTguMzA4Njksejo4LGw6YzQxNg==&layers=c405,c408,e413> [consultado el 1 de noviembre de 2016].

Fucikovsky, Z. L. 1999. La tristeza y muerte del agave (TMA), importante enfermedad del *Agave tequilana* Weber var. Azul. p. 33-34. In: *Avances de Investigación*. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de Méx., México.

Gentry, H. S. 1982. *Agaves of continental North America*, The University of Arizona. Press, Tucson, Arizona, USA. 610 p.

Hartsock, L. T. and S. P. Nobel. 1976. Waterings converts a CAM plant to daytime CO_2 uptake. *Nature* 262(8):574-576.

Idarraga, G., J. Ramos, V. Zúñiga, T. Sahin and R. A. Young. 1999. Pulp and paper from blue *Agave* waste from tequila production. *J. Agric. Food Chem.* 47(10):4450-4455.

- Iñiguez-Covarrubias, G., R. Díaz-Teresa and R. Sanjuan-Dueñas. 2001. Utilization of by-products from the tequila industry. Part 2: potential value of Agave tequilana Weber azul leaves. *Bioresource Technology* 77(2):101–108.
- Li, H., S. Pattathil, B. M. Foston, S-Y. Ding, R. Kumar, X. Gao, et al.. 2014. Agave proves to be a low recalcitrant lignocellulosic feedstock for biofuels production on semi-arid lands. *Biotechnology for Biofuels* 7:50.
- Mellado-Mojica, E. and G. M. López. 2012. Fructan metabolism in A. tequilana Weber blue variety along its developmental cycle in the field. *J. Agric. Food Chem.* 60(47):11704-11713.
- Rubio, C. R. y J. F. Pérez D. 2011. Manejo de Insectos. p. 87-114. In: Rendón, S. L. A., Avila M. M. E., Rodríguez G. B. y Del Real L. J. I. (eds.). Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de Agave azul. Libro Técnico No 1. Consejo Regulador del Tequila. Guadalajara, Jal., México.
- Somerville, C., H. Youngs, C. Taylor, S. C. Davis and S. P. Long. 2010. Feedstocks for lignocellulosic biofuels. *Science* 329:790-792.
- Uvalle B., J. X. y C. O. De la Torre. 2011. Nutrición. p. 59-70. In Rendón, S. L. A., Avila M. M. E., Rodríguez, G. B. y Del Real L. J. I. (eds.). Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave azul. Libro Técnico No 1. Consejo Regulador del Tequila. Guadalajara, Jal., México.
- Uvalle, B., J. X., C. Vélez G. y A. Ramírez F. 2007. Muestreo y análisis de suelo en plantaciones de agave. p. 37-55. In: Rulfo, V. y F. O. et al., (ed.). Conocimiento y Prácticas Agronómicas para la Producción de Agave tequilana Weber en la Zona de Denominación de Origen del Tequila. INIFAP. CIRPAC.
- Vicente R., I. 2003. Consejo Regulador del Tequila: Funciones y objetivos, criterios de denominación de origen. Zonas Productoras de Agave. In: Memorias del 1er. Simposium Nacional de Agave. Tequila y Mezcal. Cd. Victoria, Tam., México.
- Vicente R., I. y J. I. Del Real L. 2007. Métodos de propagación del Agave tequilana Weber var. Azul. p. 57-67. In: Rulfo V. y F.O. et al., (ed). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. INIFAP. CIRPAC.

SUSCEPTIBILIDAD DE *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker 1870 A HONGOS ENTOMOPATÓGENOS *Metarhizium anisopliae* Y *Beauveria bassiana*

Alejandro del Jesús Trejo^{137*} y Joel Lara-Reyna¹³⁷

Resumen

En la Península de Yucatán, la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker 1870 causa severos daños a los cultivos de importancia económica de las zonas gregarígenas donde habita permanentemente. Para conocer la capacidad infectiva sobre *S. piceifrons piceifrons* de 20 cepas nativas del estado de Campeche de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, éstas se evaluaron en condiciones de laboratorio y de campo. Se llevaron a cabo bioensayos con 20 aislamientos en laboratorio, y de ellos se seleccionaron los dos más agresivos; la cepa de *B. bassiana* HBb005 y la de *M. anisopliae* HMa014. Posteriormente, con ambas cepas se evaluó la concentración y el tiempo que ocurre la mortalidad del insecto. Al evaluar en campo la susceptibilidad de *S. piceifrons piceifrons* a ambas cepas, se probaron formulaciones que se aplicaron en ultrabajo volumen (ULV) a una dosis 242.5 g ha⁻¹ equivalentes a 1.32x10⁸ esporas g⁻¹ de arroz inerte inoculado con el hongo de la cepa HBb005; y 242.5 g ha⁻¹ equivalente a 1.06x10⁷ esporas g⁻¹ de arroz inerte inoculado de la cepa HMa014. Se utilizaron jaulas tramperas en los manchones de langosta por 20 días para evaluar la disminución de los individuos en campo. El porcentaje de mortalidad fue del 93.3% en 14 días con la cepa HBb005, y de 88.9% con la cepa HMa014 en 16 días. *B. bassiana* cepa HBb005 puede reducir sustancialmente las poblaciones de ninfas y adultos de *S. piceifrons piceifrons* en campo.

Palabras clave: cepas nativas, infectividad, zonas gregarígenas, bioinsecticida

Introducción

En México la langosta centroamericana (*S. piceifrons piceifrons*) es una de las plagas agrícolas más importantes del sureste es considerada plaga potencial para otros estados de

¹³⁷ Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.
*axeltrejo_9@hotmail.com

la vertiente del Golfo de México y del Pacífico, como Veracruz, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas e Hidalgo (Galindo y Contreras, 2015). Tiene preferencia por hasta 400 especies vegetales (Trujillo, 1995). El estar presente en varios países y cruzar fronteras, ha hecho que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la defina como una “plaga transfronteriza” (FAO, 2011), causando grandes pérdidas y emergencias. Esto dificulta su control, puesto que se requiere de acuerdos nacionales e internacionales de colaboración para aplicar medidas efectivas en contra de esta plaga.

Es una amenaza muy seria para una gran cantidad de cultivos básicos (Barrientos, 2003). *S. piceifrons piceifrons* ubica sitios o terrenos con condiciones ideales para operar la transformación fásica en donde pasa por la fase de solitaria a una de transición en donde son capaces de congregarse y pasar a la fase gregaria y su reproducción, a lo que se conoce como “zonas gregarígenas” (Galindo et al., 2013). Se menciona que existen cinco zonas gregarígenas importantes en nuestro país, las cuales se encuentran en los estados de Yucatán, Veracruz, Oaxaca, Tamaulipas y Tabasco.

En los últimos cinco años, esta plaga ha causado daños directos a la agricultura e indirectos a la ganadería y apicultura. El Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Campeche (CESAVECAM) cuenta con registros de los cultivos afectados, entre los que se mencionan maíz, pastizales forrajeros, palma de coco, palma de aceite, calabaza chihua, caña de azúcar, mango, plantaciones forestales de teca, papaya, chile habanero, vegetación silvestre, sorgo, limón y sandía. En el año 2011, se controló una superficie total de 373 ha, en el 2012 fueron 260 ha, en el 2013 aumentó el control del acrídido a una superficie total de 530 ha, en el 2014 fueron 397 ha y en el 2015 se realizó el control químico de una superficie total de 942 ha.

El método actual para combatir brotes de langosta a nivel mundial es la aplicación intensiva de productos químicos, donde los fenilpirazoles como fipronil y los organofosforados como malatión y paratión metílico son los más empleados (Wang et al., 2014). El paratión metílico en polvo es utilizado desde 1984, con una dosis de 25 kg ha^{-1} , la cual fue determinada por el INIFAP (Trujillo, 1975). Sin embargo, su utilidad global ha sido ampliamente debatida por su impacto negativo en la salud humana, el medio ambiente y la diversidad biológica (Wang et al., 2014). La península de Yucatán se caracteriza por poseer una gran diversidad biológica, tanto en especies animales como en vegetales y microorganismos, incluyendo especies endémicas o en peligro de extinción. Los hongos entomopatógenos (HE) son utilizados como agentes de control biológico a nivel mundial; además, son ampliamente reconocidos por su aprovechamiento como bioinsecticidas comerciales. Actúan al adherirse a la cutícula, penetrar, colonizar y finalmente matar al insecto plaga, liberando esporas que afectan a las poblaciones de insectos.

Los HE han sido utilizados contra un amplio número de insectos plagas. *Metarhizium anisopliae* var. *Acridum* se evaluó en contra de *S. piceifrons piceifrons* (Waage, 1991). Sin embargo, no se ha utilizado aun esta opción en forma extensiva como una medida de control. El objetivo del presente proyecto, fue evaluar en laboratorio la infectividad de 20 cepas nativas de HE aisladas en Campeche, y seleccionar las más agresivas para evaluarlas en campo para el control de las poblaciones de *S. piceifrons piceifrons* en zonas gregarígenas de la península de Yucatán.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología y Control Microbiano de Plagas, perteneciente al Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, ubicado en Sihochac, Champotón, Campeche, México 19.49799 LN, -90.54605 LO). Los experimentos en campo se realizaron en el Rancho Santa Rosalía de Sabancuy, municipio de Carmen (18.99449 LN, -91.18173 LO), el sitio cuenta con vegetación silvestre y cultivo de palma de coco de la variedad Enano Malayo y Alto del Pacífico. Las condiciones ambientales presentaron una humedad relativa del 85% y temperatura media de 30°C durante la aplicación en campo, en los meses de noviembre y diciembre de 2015.

Se evaluaron 20 cepas que han sido colectadas previamente en Campeche por el Dr. Joel Lara-Reyna, y que se encuentran en el cepario del laboratorio. La colecta del acrídido se realizó en diferentes sitios de la península de Yucatán; la cría de ninfas se obtuvo de individuos maduros sexualmente colectados en campo; a los 28 días se obtuvieron las ninfas. Con el fin de determinar la agresividad de las cepas, se realizaron bioensayos para medir la respuesta biológica del acrídido a las cepas de HE. Para infectar a individuos adultos del acrídido y conocer su patogenicidad, se utilizaron 20 cepas reactivadas en medio de cultivo PDA (papa dextrosa agarosa) y se incubaron 10 días a una temperatura de 25°C. El bioensayo se llevó a cabo en un ambiente controlado a 28°C, en jaulas de madera forradas con malla metálica de 30 x 30 x 30 cm. Los individuos en cautiverio se alimentaron de hojas tiernas de maíz, previamente desinfectadas. Con base en la infectividad de las cepas, se seleccionaron las seis que obtuvieron la mayor mortalidad, en el menor tiempo y con la mayor esporulación.

Para corroborar la mortalidad en función al tiempo de infección, se utilizaron 105 adultos maduros, 15 individuos por cepa y en el testigo. Se preparó una solución de 60 mL con agua destilada y 0.01% del dispersante Tween, más 1 cm² de agar con esporas del HE a una concentración de 1x10⁷ esporas.

Posteriormente, los individuos de la cría de laboratorio se utilizaron para determinar la ventana de respuesta biológica que permitió elegir las dosis a evaluar de las dos cepas altamente agresivas al acrídido. Para determinar el número de conidios por volumen contenidos en una determinada suspensión, se utilizó un hematocímetro o cámara de Neubauer. Para la prueba de patogenicidad de las cepas, se prepararon tres concentraciones 1×10^7 , 1×10^5 , 1×10^3 conidios mL^{-1} , a partir de la solución madre de cada cepa. La preparación del inóculo para la aplicación en campo se realizó de acuerdo al protocolo estandarizado en la unidad productora de bioinsecticidas UPBIO^{MR}.

Para este experimento, se diseñaron cuatro jaulas de 1.73 m^3 , las cuales fueron instaladas en cuatro sitios seleccionados al azar dentro del área del Rancho Sta. Rosalía, con el objetivo de mantener en observación a los individuos de las langostas adultas infectados por los HE. Para realizar la aplicación se necesitaron dos bombas aspersoras de ultra bajo volumen (ULV) marca STHIL[®] modelo SR 450, con capacidad de 20 L cada una. Para preparar la solución a aplicar se utilizó una cubeta de 20 L con agua, posteriormente se agregaron 20 mL de adherente, dispersante y penetrante (ADER[®]) para romper la tensión superficial del agua y facilitar la mezcla del contenido de la bolsa del inóculo con esporas. Se rompió la bolsa por una esquina, sumergiéndola en la cubeta para que penetrara el agua al interior de la bolsa; se mezcló perfectamente hasta que la suspensión tomó un color olivo intenso para *Metarhizium* o blanco lechoso para *Beauveria*. La solución fúngica se vertió al depósito de la bomba aspersora a través de un filtro malla, para eliminar el material inerte y evitar que se taparan los conductos por donde fluye la solución, lo que permitiera realizar una buena aplicación. Para realizar el conteo de esporas de las cepas utilizadas, se recuperó en tubos de ensayo una porción de la solución a aplicar en campo. Se realizó la aplicación en las zonas donde se instalaron las jaulas, cubriendo uniformemente la vegetación y a los individuos que se encontraban en la zona aplicada. Este procedimiento se realizó con las dos cepas a evaluar en campo. El testigo consistió en la aplicación del mismo volumen de agua. Se realizaron tres repeticiones completamente al azar. Los valores del tiempo letal cincuenta (TL_{50}) se calcularon mediante el Análisis Probit, para encontrar el tiempo que demora el hongo en matar al 50% de langostas en cada unidad experimental durante 15 días; con estos datos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y los promedios fueron comparados mediante el análisis de Duncan ($P < 0,05$). Para determinar la tasa de infección de cada cepa en campo, se colectaron las langostas muertas al final del experimento y se separaron en cámara húmeda, con ello se realizó un conteo de langostas infectadas por el hongo, para hallar el porcentaje de infección dentro de cada unidad experimental y tratamiento.

Resultados y discusión

Verificación y selección de cepas

Las cepas HMa002, HMa003, HMa005, HMa07, HMa014 y HBb005, fueron las más agresivas en cuanto a mayor mortalidad de *S. piceifrons piceifrons*. En el Cuadro 1, se observa que las cepas HMa014 y la cepa HBb005 fueron las más infectivas, con una mortalidad del 100% de los individuos a quince días después de la infección. El 100% de mortalidad, ocasionado por la cepa HBb005 fue al onceavo día y por la cepa HMa014 fue al quinceavo día.

Cuadro 1. Mortalidad de *S. piceifrons piceifrons* al ser infectadas por cepas seleccionadas y verificadas. El cuadro representa los individuos muertos por día.

Cepas	Mortalidad acumulada por día																	TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
HMa002	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	8	8	11	11	12	14	15	15
HMa003	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	9	9	11	11	13	14	15	15
HMa005	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	12	14	14	14	15	15	15
HMa007	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	8	8	12	12	12	15	15	15
HMa014	0	0	0	2	2	2	3	4	5	5	10	10	14	14	15	15	15	15
HBb005	0	0	0	1	1	1	1	9	9	9	15	15	15	15	15	15	15	15
Testigo	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Determinación de la concentración

La aplicación de las concentraciones de 10^3 a 10^7 conidios mL^{-1} de las cepas HBb005 y HMa014, permitieron observar un aumento progresivo de mortalidad dependiente de la dosis, a lo largo de 17 días de observación (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Resultados de la evaluación por las diferentes concentraciones de la cepa HMa014.

Concentraciones HMa014	Mortalidad acumulada por día																	TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
10^3	0	0	0	0	0	1	2	7	15	24	24	24	31	31	31	38	47	47
10^5	0	0	0	0	0	1	6	8	20	28	28	28	37	37	37	45	50	50
10^7	0	0	0	0	0	3	6	10	24	33	33	33	42	42	42	50	50	50
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 3. Resultados de la evaluación por las diferentes concentraciones de la cepa HBb005.

Concentraciones HBb005	Mortalidad acumulada por día																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	TOTAL
10 ³	0	0	0	0	0	3	9	17	28	38	38	38	43	43	43	46	50	50
10 ⁵	0	0	0	0	0	5	8	17	25	34	34	34	44	44	44	50	50	50
10 ⁷	0	0	0	0	0	4	11	23	36	47	47	47	50	50	50	50	50	50
Testigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tasa de infección en campo

En las aplicaciones de campo, se observó la aparición de micelio y una consistencia dura de la cutícula en los tratamientos de ambas cepas, las cuales ocurrieron a las 36 h después de la muerte del insecto, al ser colocado en cámara húmeda; esto indica que la muerte fue provocada por un hongo entomopatógeno y no por bacterias saprófitas. También se observó una alta cantidad de micosis por la cepa HBb005 y baja cantidad ocasionada por la cepa HMa014. Los resultados se pueden observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tasa de infección causada por HBb005 y HMa014. (*) Los individuos muertos en el testigo fueron a causa de otro factor como la depredación por hormigas.

Tratamiento	Tasa de infección
HBb005	93.3 %
HMa014	88.9%
Testigo	6.6 % *

TL₅₀ de la población expuesta a las cepas HBb005 y Hma014

Según el análisis Probit, el tiempo necesario para eliminar al 50% de la población fue de 10.2 y 7.6 días para Hma014 y HBb005 respectivamente (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. TL50 de la Cepa HMa014 sobre *S. piceifrons piceifrons*.

Tiempo Letal (%)	Periodo Días	95% Límites fiduciales	
		Inferior	Superior
44	9.527	7.965	11.395
45	9.647	8.066	11.539
46	9.769	8.167	11.684
47	9.892	8.270	11.831
48	10.016	8.374	11.980
49	10.142	8.479	12.130
50	10.269	8.585	12.282
51	10.397	8.693	12.436
52	10.528	8.802	12.592
53	10.660	8.912	12.750
54	10.794	9.024	12.910
55	10.930	9.138	13.073

Cuadro 6. TL50 de la Cepa HBb005 sobre *S. piceifrons piceifrons*.

Tiempo Letal (%)	Periodo Días	95% Límites fiduciales	
		Inferior	Superior
LT44	7.489	6.801	8.247
LT45	7.522	6.831	8.283
LT46	7.555	6.860	8.319
LT47	7.587	6.890	8.355
LT48	7.620	6.920	8.391
LT49	7.653	6.949	8.427
LT50	7.686	6.979	8.463
LT51	7.719	7.009	8.500
LT52	7.752	7.039	8.536
LT53	7.785	7.070	8.573
LT54	7.819	7.100	8.610
LT55	7.853	7.131	8.647

Conclusiones

La mortalidad de *Schistocerca piceifrons piceifrons* fue alta cuando fue tratada con las cepas HMa014 de *M. anisopliae* y HBb005 de *B. bassiana* aisladas en Campeche fueron infectivas, y se comprobó su infección sobre acrididos tanto en laboratorio como en campo.

Esto indica, que ambas cepas son capaces de controlar poblaciones gregarígenas y/o solitarias de *S. piceifrons* en las condiciones climáticas de la península de Yucatán. Sin embargo, considerando el nivel de esporulación, la cepa HBb005 presenta mayor micelio en el insecto muerto que la cepa HMa014. Siendo esto relevante al momento de la dispersión de las esporas a través del aire.

Se deben realizar aplicaciones en los meses de alta humedad relativa y temperaturas que oscilen los 25 a 30°C, que coinciden con los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. En este estudio la mortalidad se dio de 8 a 16 días después de realizar el tratamiento, pero desde los días 5 y 6 los individuos dejan de moverse activamente y disminuyó su apetito, síntomas que se lograron apreciar en laboratorio y en campo.

Literatura citada

- Barrientos, L. 2003. Orthopteros Plaga de México y Centro América: Guía de Campo. Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, COSNET. SEP-CONACYT. México. 114 p.
- FAO, 2011. Los efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas de los animales y de las plantas. Estado mundial de la agricultura y la alimentación. New York.
- Galindo, C. M. G., C. Contreras S. y E. Ibarra Z. 2013. La plaga de la langosta *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) una visión multidisciplinaria desde la perspectiva del desastre fitosanitario en México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 22-24.
- Galindo, M. M. G. y C. Contreras S. 2015. Antecedentes históricos de las plagas en México. 1ª ed. Atlas Nacional Fitosanitario. 16 p.
- Trujillo, G. 1975. El problema de la Langosta *Schistocerca paranensis* Burm. Baja California, México: Sociedad de Geografía y Estadística.
- Waage, J.K. 1991. Biodiversity as a resource for biological control. p. 149-163. In: Hawksworth, D. L. (ed.). The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: its Role in Sustainable Agriculture. C.A.B. International. UK.
- Wang, X. F., P. Yang., X. Jiang, F. Jiang, D. Zhao, B. Li, et al. 2014. The locust genome provides insight into swarm formation and long-distance flight. Nature C. 5:2957 DOI: 10.1038/ncomms3957 www.nature.com/naturecommunications.

FISICOQUÍMICA Y COMPUESTOS FENÓLICOS EN *Passiflora quadrangularis* L.

Verónica Pacheco Prieto¹³⁸, José de Jesús Axol Rodríguez¹³⁹, Carlos Gilberto García García¹³⁹ y Dora Angélica Avalos de la Cruz^{139*}

Resumen

Passiflora quadrangularis L. (maracuyá gigante) originario de América del Sur, es una planta trepadora de flores complejas características del género, y cuenta con el fruto más grande del género *Passiflora*. El objetivo de este estudio fue caracterizar las propiedades fisicoquímicas del fruto en tres estados de madurez y el contenido de compuestos fenólicos totales en madurez organoléptica. Para el análisis se emplearon normas oficiales y el ensayo colorimétrico Folin-Ciocalteu. El fruto midió de 15 a 16 cm de longitud y 32 a 33 cm de circunferencia, la proporción de componentes osciló entre 9.75 a 11.94% de cáscara, 71.71 a 76.42% de pulpa y 13.04 a 15.23% de semilla. La humedad fue de 85.84 a 86.85%, pH de 4.30 y 4.67, acidez de 0.27 y 0.35%, SST entre 5.2 y 6.2 °Brix, los azúcares totales oscilaron entre 1.63 y 1.91% y los reductores de 0.93 a 1.44%. Es un fruto de color verde brillante en la madurez fisiológica y amarillo brillante en la madurez organoléptica. El contenido de compuestos fenólicos en la pulpa del fruto fue de $1,340 \pm 70.8 \mu\text{g}$ ácido gálico g^{-1} . El fruto presentó valores importantes de pH, acidez y compuestos fenólicos que sugieren actividad antioxidante, se puede considerar su consumo en fresco y en la elaboración de productos derivados; es una opción para diversificar la producción en los trópicos y subtrópicos.

Palabras clave: actividad antioxidante, *Passiflora*, fenoles totales

Introducción

El género *Passiflora* comprende alrededor de 500 especies (Dhawan et al., 2004), es el género más numeroso de la familia Passifloraceae, y está distribuido en el mundo, principalmente en regiones tropicales y subtropicales (SAGARPA, 2005; Pizzetti, 2007). P.

¹³⁸Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.

¹³⁹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km. 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94946. México.

*davalos@colpos.mx

quadrangularis también conocida como maracuyá gigante, es una planta trepadora provista de zarcillos, con flores complejas formadas por apéndices filiformes y coloreados. Se localiza en México, Bolivia, Venezuela, las Guayanas, Brasil, Paraguay y las Antillas, su forma de propagación es por semilla y estaca (Vega, 2010).

El fruto de esta planta es el más grande de todas las Pasifloráceas, llegan a medir de 12 a 25 cm de largo por 8 a 15 cm de ancho, de superficie verde claro amarillenta, brillante y lisa. Las semillas son rodeadas del arilo amarillento, ácido-dulce y aromático. Contienen vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, calcio, fósforo y son fuente de ácido ascórbico (Wenkam, 1990). La pulpa y el mucílago de las semillas se utilizan para preparar jugos y bebidas no alcohólicas. Se han realizado estudios sobre el cambio de las propiedades fisicoquímicas durante la maduración (Pinzón et al., 2007).

El maracuyá gigante se encuentra clasificado entre las especies exóticas en las preferencias de los mercados internacionales, debido a su carácter innovador y por sus excelentes propiedades organolépticas, nutricionales y nutracéuticas (Jiménez et al., 2011). En su composición se ha encontrado serotonina (5-hidroxitriptamina, o 5-HT), importante neurotransmisor cuya deficiencia es responsable de padecimientos como depresión, ciertos tipos de obesidad, comportamientos obsesivos, migraña, insomnio, entre otros. Además, contiene una cantidad elevada de fibra, que mejora el tránsito intestinal y reduce el riesgo de ciertas alteraciones y enfermedades, es muy recomendable por su bajo aporte calórico (Cruz et al., 2010).

A pesar de que existe popularidad entre los consumidores de otros países, no existen estudios detallados sobre el comportamiento postcosecha y la composición bromatológica de esta fruta. Aun que se han realizado estudios del aislamiento de un glucósido triterpénico de las hojas de la planta, aunque es un fruto para el consumo humano y su distribución es amplia, los estudios son escasos y se hace necesario aportar nuevo conocimiento de esta especie. En consideración a estos antecedentes, el objetivo de este trabajo de investigación fue conocer las características físicas, químicas y actividad antioxidante de *P. quadrangularis*.

Materiales y métodos

Los frutos fueron cosechados de una huerta experimental del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Tres lotes de 18 frutos se dividieron por grado de madurez de acuerdo al color externo: verde (estado 1), semimaduro (estado 2) y maduro (estado 3). Se midió el largo y la circunferencia de las frutas con cinta métrica. Para el peso se usó una balanza SCOUT TM Pro OHAUS capacidad de 2000 g. La mitad de los frutos de cada lote se

almacenaron a 23°C y se registró su peso diario y los cambios en las características fisiológicas. La proporción de pedúnculo, cáscara, pulpa y semilla (con mucílago y jugo) se determinó en tres frutos por grado de madurez de cada lote.

Se midió el color de cada lote de frutos de acuerdo al grado de madurez con un colorímetro CHROMA METER CR-400, de acuerdo al sistema de mediciones CIE 1976 (CIE, 2004), conocido como CIELAB por los espacios de color ($L^* a^* b^*$): L^* expresa la luminosidad (claro u oscuro, con valores de 0 para el negro a 100 para el blanco), a^* tendencia al color rojo (positivo) o al verde (negativo), y b^* tendencia al color amarillo (positivo) o al azul (negativo).

La humedad del fruto se determinó por pérdida de peso. Los frutos fueron puestos en una estufa Riossa ECF 82D a 8°C, de acuerdo a la NOM-116-SSA1-1994. El pH de la pulpa y semilla se determinó con un potenciómetro Conductronic PC 28 digital. La acidez titulable, expresada en porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 2006). Los sólidos solubles totales se determinaron con el refractómetro manual ATAGO y los resultados se expresan como °Brix. Los azúcares totales y reductores se consideró el método de Dubois et al. (1956), con glucosa como estándar, la densidad óptica se midió a 490 nm en el espectrómetro Genesys 10S UV- visible de Thermo Scientific.

El extracto del fruto para determinación de compuestos fenólicos, fue de acuerdo a Pérez-Jiménez y Saura-Calixto (2007), y la cuantificación por el método de Umar et al. (2014). 100 μ L de extracto se mezclaron con 5 mL de agua bidestilada y 100 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-aldrich®, EUA) (1:2 v/v en agua bidestilada), se agitó vigorosamente y se dejó reaccionar 5 minutos, posteriormente se añadieron 100 μ L de solución de carbonato de sodio al 20%; después de 2 horas se midió la absorbancia a 765 nm con el espectrómetro (Genesys 10s UV, Thermo Scientific). La curva de calibración se realizó con ácido gálico (Fermot®, México) (20 a 100 μ g mL⁻¹). Los resultados se expresaron en μ g de ácido gálico por gramo de muestra. Los análisis se realizaron por triplicado.

Resultados y discusión

Características físicas

Los frutos con mayor longitud fueron los verdes (16.1 cm), y la mayor circunferencia correspondió a los frutos maduros (34 cm), como se muestra en el Cuadro 1. Los frutos evaluados tuvieron las medidas de longitud características de esta especie. Hay reportes de datos de la especie de 12 a 25 cm de largo y de 8 a 15 cm de diámetro. El diámetro de estos frutos fue de 10.4 a 10.8 cm, para el verde y maduro. Haddad y Figueroa (1972) reportaron frutos de peso promedio entre 2.2 y 2.8 kg y producción por planta de 45 a 114 kg, largo de 22.9 a 24.9 cm y ancho de 14.7 a 16.4 cm, muy superiores a los encontrados.

Cuadro 1. Longitud y circunferencia del fruto de *P. quadrangularis* en tres estados de madurez.

Fruto	Largo (cm)	Circunferencia (cm)
Verde	16.092±1.49	33.636±0.62
Semimaduro	15.395±1.26	32.808±0.45
Maduro	15.418±1.43	33.984±0.57

Los datos están expresados como medias de $n=3 \pm$ desviación estándar.

La pérdida de peso del fruto es otro factor notorio en la etapa de postcosecha y se debe principalmente al almacenamiento y manipulación a temperaturas de 23°C. Los tres estados de madurez presentaron una pérdida de peso significativa como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Pérdida de peso del fruto de *P. quadrangularis* durante el almacenamiento.

Fruto	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida de peso total (g)
Verde	953.78±144.02	837.6±132.26	116.18±14.34
Semimaduro	850.28±158.99	722.3±141.79	127.98±24.69
Maduro	923.92±143.36	798.0±134.93	125.92±27.18

Los datos están expresados como medias de $n=3 \pm$ desviación estándar.

El fruto que presentó mayor pérdida de peso fue el semimaduro, comparable al fruto maduro. El fruto verde mostró la menor pérdida de peso respecto a los otros dos estados de madurez. Dicha diferencia estuvo dada probablemente por la composición de la cáscara en estado verde, lo que permitió la menor transpiración. Dada la temperatura de almacenamiento (ambiente cerrado) el fruto tuvo un periodo corto de conservación (6 a 7 días), considerando sus características de textura, composición y humedad, después de dicho periodo fue desechado.

P. quadrangularis es considerado el fruto de mayor peso y longitud de las pasifloras, el mayor porcentaje de volumen lo ocupa la pulpa y semilla (León, 2000). El fruto es utilizado en partes o completo y dadas sus características se procesa en varios productos alimenticios, medicinales, entre otros (Schwentesiuss, 1997; Cruz et al., 2010). Los componentes del fruto en fresco: cáscara, pulpa, semilla (mucílago y jugo) y pedúnculo, se registran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Proporción de los componentes del fruto fresco de *P. quadrangularis*.

Estado fisiológico del fruto	Cáscara %	Pulpa %	Semilla %	Pedúnculo %
Verde	11.94±1.81	71.71±4.12	15.23±2.71	1.12±0.133
Semimaduro	9.23±3.14	71.75±8.34	18.14±7.88	0.88±0.09
Maduro	9.75±1.16	76.42±3.53	13.04±3.25	0.79±0.26

Los datos están expresados como medias de $n=3 \pm$ desviación estándar.

La proporción de los componentes del fruto de *P. quadrangularis* es variable y depende del estado de madurez del fruto. El fruto verde tuvo un mayor porcentaje de cáscara y pedúnculo, el fruto maduro mayor proporción de pulpa (76.42%) y el semimaduro de semilla, en la cual el maduro mostró menor porcentaje. Gamez y García (2012) reportaron para los componentes de la fruta madura de *P. quadrangularis* los porcentajes promedio en cáscara 5.1%, pulpa 73.4% y semilla con arilo 21.5%; comparables a los encontrados. El peso seco de los componentes del fruto se presenta en el Cuadro 4.

Los componentes del fruto deshidratado no mostraron diferencias marcadas de acuerdo al grado de madurez, excepto en el caso de la semilla del fruto maduro que representó el menor porcentaje en comparación con los otros frutos; sin embargo, fue proporcional respecto al fruto en fresco. Dado que es un fruto succulento, el porcentaje de humedad fue de 84 a 85.3%, el mayor porcentaje fue para el fruto maduro. La pulpa contiene el mayor porcentaje de humedad, la cual es proporcionalmente mayor en el fruto maduro.

Cuadro 4. Proporción de los componentes del fruto deshidratado de *P. quadrangularis*.

Estado fisiológico del fruto	Cáscara (%)	Pulpa (%)	Semilla (%)	Pedúnculo (%)
Verde	2.13±0.25	8.71±0.71	4.75±1.18	0.135±0.01
Semimaduro	2.22±1.04	8.58±2.23	5.03±2.19	0.16±0.04
Maduro	2.15±0.55	8.47±3.63	3.88±0.63	0.14±0.02

Los datos están expresados como medias de $n=3 \pm$ desviación estándar.

En la mayoría de los frutos durante el proceso de maduración se produce un ablandamiento y en el caso de *P. quadrangularis* la superficie de la cáscara sufre una cierta formación de pequeñas arrugas. El desarrollo de color es importante debido a la aparición de los pigmentos que hace a los frutos más atractivos para los consumidores. El color amarillo fue gradual a lo largo del proceso de maduración del fruto (Figura 1). Los resultados obtenidos por colorimetría triestímulo muestran un aumento de luminosidad (L^*) y en el croma (a^* b^*) durante el proceso de maduración del fruto (Figura 1, Cuadro 5).

El aumento de L^* , a^* , b^* se debió al cambio del tono del fruto de verde a amarillo en la maduración, por tanto, el E disminuyó del fruto verde al maduro como se aprecia en el Cuadro 5. La aplicación del análisis del color sería de gran utilidad en el mercado de la fruta, ya que es una manera sencilla de determinar el grado óptimo de maduración, con la toma y análisis de imágenes digitales de los frutos.



Figura1. Fruto de *P. quadrangularis* en verde y madurez comercial (a, b), medición del color externo (b) y proporciones del fruto (c). El fruto se aprovecha en su totalidad.

Cuadro 5. Coordenadas de color de los frutos de *P. quadrangularis* en tres estados de madurez.

Fruto	L*	b*	a*	E
Verde	51±3.0	16±3.2	35±2.7	113±4.2
Semimaduro	53±3.8	10±2.7	39±4.0	104±6.0
Maduro	62±4.5	5±11.4	49±3.7	82±6.3

Los datos están expresados como medias de $n=3 \pm$ desviación estándar.

Los estándares de maduración con base en el color podrían partir de gráficas de control de la maduración de la fruta con base en dichas imágenes, ya que incluye el aspecto total del fruto, no sólo el color (Jiménez et al., 2011). Los resultados de color muestran que el fruto es susceptible a diversos factores ambientales (temperatura, humedad, radiación, entre otros), ataque de plagas y enfermedades, cuidados del cultivo, manipulación en la cosecha, el contacto de hojas y otras impurezas.

Características químicas

El Cuadro 6 presenta la composición del fruto de *P. quadrangularis* en función del grado de madurez. El pH del fruto fue ácido y éste incrementó de acuerdo al estado de madurez, por tanto, la acidez titulable disminuyó debido al consumo de ácidos orgánicos a causa de la respiración del fruto (Jiménez et al., 2011), y la formación de hidratos de carbono en el estado de maduración. Esto nos permite considerar que *P. quadrangularis* es uno de los frutos menos ácidos del grupo de las pasifloras, tal es el caso de *P. edulis* con un pH de 3.0 a 3.6 de acuerdo al grado de madurez reportado por Pinzón et al. (2007).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) fue mayor en el fruto maduro, es uno de los frutos más succulentos de este género, por lo que este parámetro muestra valores bajos comparado con el reportado por Pinzón et al. (2007), de 15.9 °Brix para *P. edulis*. Los SST representan del 80 al 95% de azúcares, por lo que se asocia con la concentración de azúcares; los cuales dependen de diversos factores como las condiciones climáticas durante

el desarrollo del cultivo, variedades, estado de desarrollo, madurez, entre otros. El contenido de azúcares totales aumentó conforme a la maduración del fruto y en general los azúcares reductores tuvieron un comportamiento similar, como se muestra en el Cuadro 6; su incremento se atribuye a la hidrólisis del almidón durante el proceso de maduración en frutas. En este caso el fruto semimaduro presenta mayor contenido de SST y de azúcares, muy probablemente el fruto maduro estaba iniciando su proceso de degradación, y los azúcares en proceso de hidrólisis.

Cuadro 6. Características químicas de la pulpa de *P. quadrangularis* en tres estados de madurez fisiológica.

Concepto	Madurez fisiológica		
	verde	semimaduro	maduro
Humedad (%)	86.85±1.61	85.84±3.37	86.76±1.93
pH (pulpa)	4.30±0.02	4.49±0.02	4.67±0.02
Acidez (%)	0.35±0.03	0.32±0.06	0.27±0.02
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	5.20±1.04	6.20±0.87	5.33±0.12
Azúcares totales (%)	1.63±0.02	1.91±0.02	1.81±0.03
Azúcares reductores (%)	0.93±0.05	1.33±0.02	1.44±0.11

Los datos están expresados como medias de $n=3 \pm$ desviación estándar.

Los resultados de humedad, acidez titulable, sólidos solubles totales (SST) y pH, son comparables a los reportados por Gamez y García (2012) para este fruto. El fruto maduro al final del proceso presentó un ablandamiento acompañado de estrías en la superficie, algunas de las muestras (caso de los frutos cortados maduros) no duraron más de 5 días de almacenamiento en las condiciones de humedad relativa y temperatura, por lo que la presencia de microorganismos (principalmente hongos) fue inevitable dadas las características del fruto y del medio ambiente.

Compuestos fenólicos

Los radicales libres se producen en los sistemas biológicos, causan trastornos degenerativos como la mutagénesis, carcinogénesis, cardiovasculares y el envejecimiento. Los antioxidantes son compuestos que combaten radicales libres y se encuentran naturalmente en alimentos (Singh y Singh, 2008). El fruto presentó un contenido de fenoles totales de $1,340 \pm 70.8 \mu\text{g g}^{-1}$ ácido gálico. Contreras et al. (2011) reportaron en pulpa y semillas de *P. mollissima*, *P. taminiana* y *P. quadrangularis* compuestos fenólicos de 635; 1018 y 70.7 mg ácido gálico por 100 g respectivamente.

Conclusiones

Este estudio nos permitió contar con información preliminar sobre el comportamiento postcosecha y composicional del fruto de *P. quadrangularis*, y considerar el potencial de su producción comercial en el estado de Veracruz.

En comparación con otros frutos de *Passiflora*, *P. quadrangularis* tiene menor acidez y menor concentración de azúcares, lo que diversifica su uso en alimentación.

El color es una variable de utilidad para definir el grado de madurez de los frutos de *P. quadrangularis*, que podría ser usado en empacadoras, agroindustria de transformación o venta en fresco. Así también, se pueden integrar imágenes digitales de los frutos para definir las áreas de cosecha.

El contenido de fenoles totales que presentó *P. quadrangularis*, es comparable a la reportada para frutos de otras especies de *Passiflora*.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba; a la LGAC2 Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social de la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable, a la Subdirección de Vinculación del Campus Córdoba y a la Red temática en Seguridad Alimentaria: valorización de residuos agroindustriales y disminución de pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA).

Literatura citada

AOAC. 2006. Official methods of analysis of AOAC international (18th ed.). Gaithersburg, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Calderón, E. 2000. Listas rojas preliminares de plantas vasculares de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Contreras, C. J., J. Calderón J., E. Guerra H. and B. García V. 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International* 44:2047-2053.

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). 2004. Technical report, colorimetry. Commission Internationale de L'Eclairage.

- Cruz, J., Vargas O. M., Angel O. y García H. S. 2010. Estudio de las características fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sim var. *falvicarpa* Degener) para tres cultivares de Veracruz México. *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha* 11(2):130-142.
- Dhawan, K., Dhawan S., and Sharma, A. 2004. *Passiflora*: a review update. *Journal of Ethnopharmacology* 94:1-23.
- Dubois, M., Galles, K. A., Hamilton, J. K., P. A. Rebers and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry Journal* 28(3):350-356.
- Gamez, V. J. y García, R. T. 2012. Efecto de la congelación sobre algunas características físicas y químicas en la pulpa de la parcha real (*Passiflora quadrangularis* L.). *Bioagro* 24(1):61-64.
- García, T. M. A. 2002. Guía técnica. Cultivo de maracuyá amarillo. CENTA. El Salvador, San Salvador, 33 p.
- Haddad, G. y Figueroa, R. 1972. Estudio de la floración y fructificación en parcha granadilla (*Passiflora quadrangularis* L.). *Agronomía Tropical* 22(5):483-496.
- Jiménez, A. M., Sierra C. A., Rodríguez F. J., González M. L., Heredia F. J., and Osorio C. 2011. Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International* 44:1912-1918.
- Pérez-Jiménez, J. y Saura-Calixto, F. 2007. Metodología para la evaluación de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. p. 1050-1160. In: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones 2007.
- Pinzón, I. M., Fischer, G., y Corredor, G. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). *Agronomía Colombiana* 25(1):83-95.
- Pizzetti B. J., Montanher A. B., Zucolotto S. M., Schenkel E. P. and Fröde T. S. 2007. Evaluation of the anti-inflammatory efficacy of *Passiflora edulis*. *Food Chemistry* 104:1097-1105.
- SAGARPA. 2005. www.siap.sagarpa.gob.mx
- Singh, S. and R. P. Singh. 2008. In vitro methods of assay of antioxidants: An overview. *Food Rev. Int.* 24(4):392-415.

Schwentesius, R. R. y Gómez, C. M. A. 1997. El Maracuyá fruta de la pasión, situación y tendencias de la producción y el comercio en México y en el mundo. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM. 226 p.

Umar, I. A., Ndidi, S., Mohammed, A., Anaedum, V., Zambuk, U., Bello, A. 2014. In vitro antitrypanosomal activity, antioxidant property and phytochemical constituents of aqueous extracts of nine Nigerian medicinal plants. Asian Pacific Journal of Tropical Disease 4(5):348-355.

Vega, G. 2010. Guía de plantas hospederas para mariposas. Ed. INBio. 186 p.

Wenkam, N.S. 1990. Foods of Hawaii and the Pacific Basin. Fruits and fruit products: Raw, processed and prepared. Vol. 4. Composition. Res. Ext. Series No. 110. University of Hawaii. 99 p.

CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DEL FRUTO DE *Passiflora biflora* Lam.

Montserrat Jerónimo López¹⁴⁰, Dora Angélica Ávalos de la Cruz^{141*}, José de Jesús Axol Rodríguez¹⁴¹ y Carlos Gilberto García García¹⁴¹

Resumen

Passiflora biflora Lam. es una planta tropical herbácea, trepadora, de tallos delgados, nativa de América del Sur. El género *Passiflora* ha despertado interés como recurso genético y por su uso potencial en productos alimenticios y farmacéuticos. Dadas sus características agronómicas, la mayoría de las especies de este género se ubican en climas tropicales y subtropicales. El estado de Veracruz, principal productor de maracuyá comercial también cuenta con varias especies silvestres del género *Passiflora*, como *P. biflora*, cuyo fruto maduro muestra alta actividad antioxidante y concentración de color, características de interés en la industria de aditivos naturales para alimentos. Por lo anterior, el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba realiza trabajos de investigación para evaluar el potencial integral de esta especie. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar las características físicas y químicas del fruto maduro de *P. biflora*. Los análisis se realizaron de acuerdo a Normas Oficiales Mexicanas y metodologías propuestas por diferentes autores. Las medidas del fruto oscilaron entre 23.4 y 29.74 mm de longitud, 18.9 y 23.22 mm de diámetro ecuatorial y el peso promedio fue de 10.9 ± 4.53 g. Los parámetros de color fueron $L^* 29.34$, $a^* 1.82$ y $b^* -3.49$, $C_{ab}^* 4.37 \pm 0.69$, $H^\circ 153,38 \pm 9.79$. El contenido de humedad fue de 60.06%, el pH de 4.7, la acidez de 0.18%, los sólidos solubles totales de 10.63°Brix, las cenizas de 0.54%, el extracto etéreo de 0.790%, los azúcares totales de 16,805.06 $\mu\text{gg g}^{-1}$ y los reductores de 11,988.61 $\mu\text{gg g}^{-1}$. Debido a sus propiedades físicas, químicas (fuente antioxidante natural) y color (relacionado con el contenido de antocianinas), este fruto silvestre tiene un potencial para ser aprovechado por la industria alimentaria, diversificar el uso y agregar valor a agroalimentos no tradicionales de importancia local.

Palabras clave: *P. biflora*, antocianinas, agregación de valor

¹⁴⁰Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Pue.

¹⁴¹Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Km. 348 Carretera Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, 94946, Amatlán de los Reyes, Ver., México.

*davalos@colpos.mx

Introducción

El género *Passiflora* es numéricamente el más importante de la familia *Passifloraceae* con alrededor de 500 especies, y en las últimas dos décadas se ha impulsado su cultivo con beneficios económicos en Colombia, Brasil y Venezuela (Dhawan et al., 2004). *P. biflora* es una planta silvestre de crecimiento en guía originaria del continente americano; las flores características del género son blancas, se presentan en pares y desprenden un ligero aroma perfumado; el fruto es pequeño de color verde, y morado en la madurez (Carvajal et al., 2011). Los frutos son globosos con cáscara delgada, semillas ovoides de color café y mucílago de color naranja (Calderón y McDougal, 2004). A esta especie se le han realizado investigaciones enfocadas a conocer y determinar la biogeografía, genética y estrategias para su conservación, propagación y promoción (Dhawan et al., 2004).

Las proyecciones y posibilidades de aprovechamiento del maracuyá comercial (*P. edulis*) como fruta exótica son amplias; la industrialización se ha orientado principalmente a la obtención de jugo natural o concentrado y a la extracción de colorantes y pectinas de la cáscara, lo que permite aprovechar todo el fruto. La diversidad encontrada en este género podría ser útil en la mejora de los materiales cultivados o la obtención de productos alimentarios promisorios (De la Cruz et al., 2010).

P. biflora posee propiedades similares a las de otras variedades de maracuyá, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar las características bromatológicas del fruto maduro e identificar sus potencialidades.

Materiales y métodos

Los frutos de *P. biflora* fueron colectados de plantas sembradas en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. El clima es cálido húmedo, temperatura media de 22°C, máxima de 35°C y mínima de 10°C, con lluvias en verano. Se seleccionaron frutos sin daños, los cuales se lavaron y secaron a temperatura ambiente, y posteriormente se almacenaron en bolsas herméticas a temperatura de -20°C hasta su análisis. Se determinó el peso de 60 frutos frescos sin pedúnculo con una balanza de precisión Ohaus modelo Scout Pro SP2001; para medición del diámetro y longitud de cada fruto se utilizó un vernier digital de 15 cm (Pie de Rey Calibrador Digital Vernier Stainless Hardened). El color se determinó con un colorímetro CR-400 Konica Minolta, Japón, tomando como base el sistema CIE-Lab. La medición se realizó directamente sobre la epidermis del fruto y el equipo proporcionó valores $L^*a^*b^*$ para calcular el ángulo de matiz o tono (h° = valor Hue) y la pureza o saturación (Chroma) o cromaticidad (valor C^*). El análisis de textura se realizó con un texturómetro EZ-

SX short (Debendorf, Suiza), con un punzón de 15 mm de diámetro a una altura de penetración de 2.5 mm en pulpa y una velocidad de 120 mm min⁻¹.

El pH se determinó mediante un potenciómetro digital portátil (Conductronic PC 28 digital) de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011. La acidez titulable se determinó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-102-NORMEX-2010. Los sólidos solubles totales (SST o °Brix) se determinaron mediante un refractómetro digital (HANNA Instruments HI96801). La humedad se determinó en horno de secado (TERLAB) a una temperatura de 100 ± 1°C por 4 h de acuerdo a la Norma Oficial NOM-116-SSA1-1994. El porcentaje de cenizas se determinó de acuerdo a la Norma Oficial NMX-F-089-S-1978. El extracto etéreo se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-089-S-1978. El contenido de azúcares totales y reductores se cuantificaron mediante el método de Dubois et al., el cual proporciona una coloración amarillo-naranja, presentando los compuestos en medio ácido y caliente; se tomó lectura a una longitud de onda de 490 nm en un espectrómetro (Genesys 10S UV-visible Thermo Scientific), utilizando una curva estándar de glucosa.

Resultados y discusión

Características fisicoquímicas de *P. biflora* Lam.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis físico en *P. biflora*. El fruto es pequeño respecto a *P. edulis* fo Sims, que de acuerdo a lo reportado por Jiménez et al. (2011) presenta una longitud de 70 a 120 mm y un peso de 73.72 g. Sin embargo, presenta similitudes con lo reportado por Axol-Rodríguez (2015) en *P. biflora*, con 26.70 mm de longitud y un peso de 7.66 g.

Cuadro 3. Características físicas de *Passiflora biflora* Lam.

Parámetro	<i>P. biflora</i>
Longitud (mm)	23.4 - 29.74
Diámetro ecuatorial (mm)	18.9 - 23.22
Peso (g)	10.896 ± 4.53
Color	
L*	29.348 ± 1.48
a*	1.829 ± 0.371
b*	-3.4985 ± 1.349
Chroma	4.37 ± 0.69
Ángulo de tono (h°)	153.38 ± 9.79
Textura (kg)	0.409 ± 0.06

Los datos están expresados como medias de n = 3 ± desviación estándar.

Los frutos presentan características similares: forma ovalada, tamaño similar y color púrpura en estado maduro.

La coordenada L* (luminosidad) fue menor, el valor a* fue mayor y el valor b* fue menor a lo reportado por Axol-Rodríguez (2015) con L* 36.28, a* 1.829 y b* -4.8. Los frutos presentan una coloración morado oscuro, lo que sugiere la presencia de antocianinas en la cáscara y la pulpa del fruto. Las coordenadas cromáticas fueron de 4.37 ± 0.69 , lo cual es menor a *P. edulis* y *P. biflora* de acuerdo a Jiménez et al. (2011) y Axol-Rodríguez (2015). El valor de textura fue menor a lo reportado por Axol-Rodríguez (2015) con 0.60 (kg). El fruto presenta cáscara fácil a la ruptura y pulpa blanda respecto a las demás especies de *Passiflora*.

Características químicas de *P. biflora* Lam.

Las características químicas del fruto de *P. biflora* se muestran en el Cuadro 2. El fruto presentó un valor de pH de 4.7, mayor al reportado por Jiménez et al. (2011) de 2.77. La acidez en el fruto es de 0.18%, menor a lo reportado por Jiménez et al. (2011) de $2.51 \pm 0.60\%$. El resultado de SST fue de 10.63°Brix , menor a lo reportado por Jiménez et al. (2011) en *P. edulis* de 17.4°Brix , por lo que se sugiere que *P. biflora* no presenta un sabor dulce, característico de especies como *P. edulis* y *P. quadrangularis*. El porcentaje de humedad fue 60.06%, inferior al de *P. edulis* de 82.1% reportado por Jiménez et al. (2011). El contenido de extracto etéreo fue de 0.790%. Los azúcares totales y reductores fueron de 16,805 y 11,527 $\mu\text{g g}^{-1}$, superiores a los reportados por Axol-Rodríguez (2015) de 11,800 y 7,160 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. Lo anterior indica que el índice de madurez y periodo de recolección favorecen al contenido de azúcares en el fruto.

Cuadro 4. Características químicas de *Passiflora biflora* Lam.

Parámetro	<i>P. biflora</i>
pH	4.7 ± 0.05
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0.18 ± 0.09
SST ($^\circ\text{Brix}$)	10.63 ± 0.52
Humedad (%)	60.06 ± 7.72
Cenizas (%)	0.73 ± 0.10
Grasa (%)	0.790 ± 1.33
Azúcares totales ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$16,805 \pm 346$
Azúcares reductores ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$11,527 \pm 127$

Los datos están expresados como medias de $n = 3 \pm$ desviación estándar.

Conclusiones

Los frutos de *P. biflora* presentan menor tamaño, peso, acidez, SST (°Brix) y contenido de azúcares en comparación a *P. edulis* fo Sims. El color indica la presencia de antocianinas, que se asocian a una actividad antioxidante importante, la cual es de interés para la industria de alimentos. El fruto de *P. biflora* tiene potencial para estudios posteriores sobre compuestos bioactivos, dado que la información es escasa respecto a manejo postcosecha, crecimiento, ciclo de floración y fructificación.

Literatura citada

- Axol-Rodríguez, J. J. 2015. Actividad antioxidante de un yogur adicionado con *Passiflora biflora* Lam. y *Stevia rebaudiana* Bertoni. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Córdoba, Ver., México. 129 p.
- Calderón, de R. G. y J. M. MacDougal. 2004. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Passifloraceae. Fascículo 121. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Mich., México. 44 p.
- Carvajal, de P. L. M., S. Turbay, B. Rojano, L. M. Álvarez, S. L. Restrepo, J. M. Álvarez et al. 2011. Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. *Rev. Cub. Plantas Medic.* 16(4):354-363.
- De la Cruz, J., M. Vargas, O. Del Ángel, y H. García. 2010. Estudio de las características sensoriales, fisicoquímicas y fisiológicas en fresco y durante el almacenamiento refrigerado de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*. Degener), para tres cultivares de Veracruz México. *Rev. Iberoam. Technol. Postcosecha* 2(11):130-142.
- Dhawan, K., S. Dhawan and A. Sharma. 2004. *Passiflora*: a review update. *J. Ethnopharmacol* 94(1):1-23.
- Jiménez, M. A., C. Sierra, F. Rodríguez P., M. González and M. F. Heredia. 2011. Physicochemical characterization of gulag (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Res. Int.* 44:1912-1918.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CALIDAD NUTRITIVA DE *Moringa oleifera* Lam. BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

Arturo Pérez-Vázquez, Rafael Ruiz Hernández^{142*} y Florencia García-Alonso

Resumen

Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) es una planta introducida en México, que ha adquirido notoriedad en los últimos 10 años por sus múltiples usos y beneficios. Sin embargo, son pocos los trabajos que cuantifican la producción de biomasa en moringa, siendo la densidad de población uno de los factores claves en incrementar su producción. El objetivo de este estudio fue cuantificar el efecto de la densidad de siembra y población en el crecimiento y producción de biomasa en *Moringa oleifera* Lam. en condiciones de campo. El trabajo se realizó del 15 de mayo al 15 de diciembre de 2016. Se evaluaron tres tratamientos o densidades de siembra siendo estas: 0.50 x 0.50 m, 1.0 x 1.0 m y 1.5 x 1.5 m en un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Se hicieron muestreos cada 15 días y cada 45 días se realizó la cosecha de biomasa. Se midieron variables como altura de planta, diámetro de tallo, número de ramas, peso fresco y seco de biomasa. Se encontró diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P < 0.05$) en la producción de biomasa. En conclusión, altas densidades de siembra permiten tener un mayor rendimiento, aunque altas densidades de siembra dificultan labores de cultivo como control de arvenses, pero reduce la presencia de éstas.

Palabras clave: crecimiento, marango, alimento

Introducción

Moringa oleifera Lam. comúnmente conocido como el “árbol de la vida”, “árbol que nunca muere” o moringa, es una planta de rápido crecimiento que pertenece a la familia Moringaceae. Es un arbusto nativo del sub-Himalaya al noroeste de la India y sur de Nepal (Makkar y Becker, 1997), tolerante a sequías, y que normalmente crece en climas tropicales y

¹⁴² Colegio de Postgraduados
*rafael.ruiz@colpos.mx

subtropicales (Foidl et al., 2001). Esta planta multiusos ha adquirido gran importancia en los últimos 10 años debido a sus usos comerciales como alimento (hojas, vainas y semillas), medicinal, forraje, biocombustible (semillas) y floculante para clarificar aguas turbias (Anwar et al., 2007; Rashid et al., 2008; Goss, 2012). En varios estados del país existen plantaciones comerciales de moringa; incluso tiene una mayor presencia en muchos huertos familiares. En ambos casos la hoja fresca o deshidratada es empleada como alimento o suplemento nutricional.

Las hojas tienen cualidades nutritivas importantes superior a muchos vegetales perennes, ya que contiene 27% de proteína, altos niveles de calcio, hierro, magnesio, potasio, zinc, fósforo, Vitamina A y C y ácidos grasos (Trees for Life, 2005; Lim, 2012). Además, sus semillas tienen un alto contenido de aceite (Foidl et al., 2001). Los tres aminoácidos abundantes en la semilla son glutámico, arginina y ácido aspártico. Los ácidos grasos en mayor cantidad son el linolénico, palmítico, linoleico y oleico. Respecto a su valor nutritivo posee (en base seca) de 19.34% a 22.42% de proteínas; 1.28% a 4.96% de lípidos; 7.62% a 14.60% de cenizas, y de 30.97% a 46.78% de fibra dietética (Sánchez-Machado et al., 2010). Por el valor nutricional de sus hojas es que se usa como suplemento alimenticio en mujeres embarazadas, niños en desnutrición y adultos mayores (de Pee y Bloem, 2009). Se ha empleado en la herbolaria por siglos para tratar alrededor de 300 padecimientos de salud, incluyendo el hipercolesterolemia, hipertensión, diabetes, padecimientos neurodegenerativos, anemia, problemas de fertilidad, padecimientos hepáticos y renales, desordenes de la piel y cáncer (Anwar et al., 2007; Ganguly, 2013).

Una de las necesidades en los sistemas actuales de producción es identificar las prácticas agronómicas que permitan elevar la cantidad y calidad de la biomasa obtenida. Algunos estudios reportan diferentes formas de siembra de moringa, desde cerco vivo, seto, sistema agroforestal o plantación en monocultivo o cultivo asociado en diferentes densidades. Sin embargo, para incrementar su producción de biomasa, se requiere de un ambiente adecuado, como son zonas de mediana precipitación, con altas temperaturas, suelos de mediana fertilidad y buen drenaje (Mendieta et al., 2012); además, también se requiere mejorar y optimizar muchas de las prácticas de cultivo como son fertilización, riego y densidad de siembra (Foidl et al., 2001).

Varios estudios reportan los efectos de alta densidad de siembra en un mayor rendimiento de biomasa en moringa. Sin embargo, en México no se tienen estudios sobre la respuesta de moringa a diferentes densidades de siembra. Cabe aclarar que, en la actualidad, la moringa es un componente habitual en muchos huertos familiares. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue cuantificar el crecimiento y producción de biomasa de moringa bajo diferentes densidades de población en la zona centro del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

Área de estudio. El experimento se estableció en los terrenos del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, localizado en el municipio de Manlio Fabio Altamirano (19° 16' 00"LN, 96° 16' 32" LO; 16 msnm), ubicado a 32 m de altitud. En este sitio prevalece un clima cálido subhúmedo con una precipitación promedio anual de 1100 mm (rango de 900-1200 mm) y una temperatura promedio anual de 27°C. El periodo lluvioso corresponde a los meses de junio a septiembre. La precipitación registrada en el periodo de investigación fue de 739 mm. Los datos de temperatura media mensual y precipitación durante el experimento se presentan en la Figura 1.

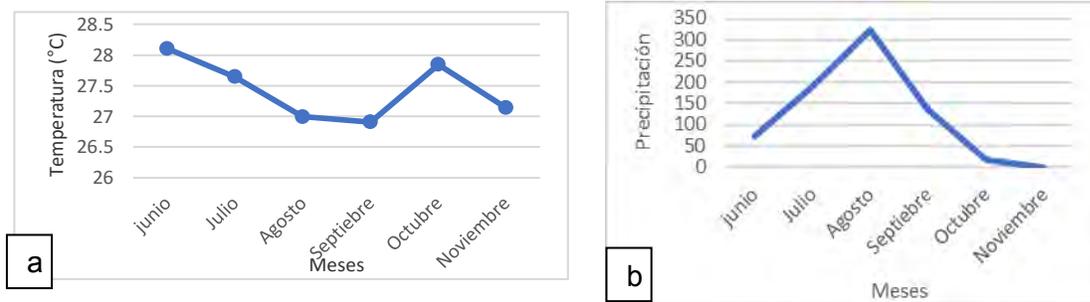


Figura 1. Temperatura y precipitación registrada en el periodo junio-noviembre de 2016 en el cultivo de Moringa olifera a diferentes densidades de siembra: a) Temperatura promedio mensual y b) precipitación mensual.

Material biológico. Se empleó semilla de moringa proveniente de arbustos plantados en el COLPOS (Edad 5 años, altura promedio 6.3 m, diámetro del cuello 17.6 cm, diámetro a la altura del pecho 11.3 cm). Las semillas se cosecharon en agosto 2016, con peso promedio de 0.227 ± 0.0513 g (eq. a 5534 semillas kg^{-1}) y fueron sembradas en almácigo el 15 de mayo de 2016 y trasplantadas a campo el 5 de junio del mismo año. Plantas del almácigo fueron seleccionadas considerando un mismo vigor y altura.

Diseño experimental. El diseño fue de bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron diferentes densidades de población, siendo la distancia entre individuos y surcos determinantes en cada parcela (Cuadro 1). La unidad experimental fue de 121 m^2 (11 m x 11 m) con 1 m como callejón entre parcelas.

Cuadro 1. Densidades de siembra y población considerados en el experimento de *Moringa oleifera* Lam.

Tratamiento	Distancia entre individuos (m)	Distancia entre surcos (m)	Plantas por ha ⁻¹
T1	0.50	0.50	62,500
T2	1.00	1.00	10,000
T3	1.50	1.50	4,443

Manejo de experimento. Cuando las plantas cumplieron 25 días después de su germinación fueron trasplantadas en hoyos de 30 cm de profundidad; se colocó una planta en cada hoyo. No se aplicó ningún tipo de fertilizante y la humedad fue la correspondiente a la precipitación. Las arvenses se controlaron manualmente (azadón) tres veces en el periodo de experimentación. De manera rutinaria se hicieron las siguientes actividades: aporque y control fitosanitario de hormigas defoliadoras. Las características fisicoquímicas del suelo en donde se estableció el experimento fueron: suelo poco profundo, ligeramente pedregoso, pH de 6.25, textura franco-arcillosa, 2.6% de materia orgánica, N (nitratos)-P-K de 86, 1 y 14 mg L⁻¹ y conductividad eléctrica de 0.254 Ds m⁻¹.

Variables registradas. Cada 15 días se registró la altura de planta (cm), diámetro del tallo (15 cm respecto al suelo), número de hojas, número de ramas, longitud de las ramas y contenido de clorofila en unidades SPAD, así como biomasa fresca y seca, separando hojas y peciolo. Los muestreos se realizaron desde el mes de junio a noviembre del 2016. La cosecha se realizó manualmente, después de seleccionar en cada parcela cinco plantas al azar para registrar sus datos. El peso seco de tallos y hojas se obtuvo después de secarlos en un horno a una temperatura de 45°C durante 72 horas. La producción de materia fresca y seca por hectárea, se estimó mediante el número promedio de árboles por hectárea en todos los tratamientos, sobre la base del porcentaje de supervivencia de 98%.

Registro de temperaturas. Los datos de temperatura y precipitación se obtuvieron diariamente en la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados CPVerAS1, Campus Veracruz correspondiente a los meses de muestreo (junio a noviembre de 2016).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo Excel Versión 2016® para luego someterlos a un análisis de varianza (ANOVA). En las variables que se encontraron diferencias estadísticas la separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (0.05 nivel de confianza) con el programa InfoStat versión 2016.

Resultados y discusión

En el primer corte se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en la altura y el diámetro del tallo del T1 respecto a los tratamientos 2 y 3. Sin embargo, no fue así para el número de hojas y las unidades de clorofila. En el segundo corte no existieron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre las variables de altura y número de hojas de los tratamientos. En el tercer corte el diámetro del T3 mostró diferencias significativas respecto al T1 y T2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables registradas en el cultivo de *Moringa oleifera* Lam. a diferentes densidades de siembra.

Número de Muestreo	Tratamiento (distancia entre plantas y surcos)	Altura (cm)	Número de hojas	Diámetro del tallo (mm)	Clorofila (unidades SPAD)
1	T1 (0.5 m)	107.28±4.31 ^b	10.56±0.50 ^a	12.84±0.52 ^b	25.36±2.67 ^a
	T2 (1.0 m)	76.11±4.31 ^a	9.33±0.50 ^a	8.75±0.52 ^a	25.04±2.67 ^a
	T3 (1.5 m)	85.17±4.31 ^a	9.94±0.50 ^a	10.28±0.52 ^a	26.17±2.67 ^a
2	T1 (0.5 m)	133.9±3.08 ^a	19.39±1.20 ^a	—	—
	T2 (1.0 m)	132.39±3.08 ^a	17.83±1.20 ^a	—	—
	T3 (1.5 m)	134.83±3.08 ^a	21.00±1.20 ^a	—	—
3	T1 (0.5 m)	136.94±3.07 ^a	19.72±2.41 ^a	12.24±0.90 ^a	33.84±2.39 ^a
	T2 (1.0 m)	138.22±3.07 ^a	31.94±2.41 ^b	13.77±0.90 ^a	35.40±2.39 ^a
	T3 (1.5 m)	143.17±3.07 ^a	30.89±2.41 ^b	18.52±0.90 ^b	33.01±2.39 ^a

Nota: En una misma columna, medias con diferentes letras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

Altura de planta y producción de biomasa fresca y seca

En el primer corte existió una diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en las variables hoja fresca y seca, altura y tallo fresco y seco en T1 respecto al T2 y T3; esto a una frecuencia de corte de 45 días. En el segundo corte los valores más altos de producción fueron obtenidos por el T1. En el tercer corte no se obtuvo diferencias significativas ($P > 0.05$) en la altura y en el peso fresco del tallo; sin embargo, el T1 mostro un valor más alto en la producción de hoja fresca y seca en comparación de los T2 y T3 (Cuadro 3).

En los tres cortes la mayor producción de biomasa fresca y seca fue obtenida en T1 (0.5 x 0.5 m) mostrando diferencias estadísticas significativas; estos resultados no concuerdan con los presentados por Arauz y Romero (2009) quienes mencionan que la producción por planta disminuye conforme aumenta la densidad de población, aunque se debe considerar que el

mayor número de plantas por hectárea podría conducir a un mayor rendimiento por unidad de superficie.

Cuadro 3. Producción de biomasa de *Moringa oleifera* Lam. a diferentes densidades de siembra y población.

Número de Muestreo	Tratamiento (distancia entre plantas y surcos)	Altura (cm)	Hoja fresca (g)	Tallo fresco (g)	Hoja seca (g)	Tallo seco (g)
1	T1 (0.5 m)	49.61 ^b	174.72±42.13 ^b	210 ^b	30.79 ^b	17.73 ^b
	T2 (1.0 m)	21.16 ^a	4.54 ^a	5.59 ^a	1.45 ^a	0.18 ^a
	T3 (1.5 m)	25.26 ^a	5.30 ^a	2.47 ^a	2.26 ^a	1.67 ^a
2	T1 (0.5 m)	53.11 ^b	253.59 ^b	298.63 ^b	62.71 ^b	94.94 ^a
	T2 (1.0 m)	35.64 ^a	45.81 ^a	48.61 ^a	10.62 ^a	94.94 ^a
	T3 (1.5 m)	45.89 ^{ab}	62.61 ^a	65.40 ^a	14.60 ^a	178.89 ^a
3	T1 (0.5 m)	36.00 ^a	158.40 ^b	404.30 ^a	39.55 ^b	26.04 ^b
	T2 (1.0 m)	34.76 ^a	31.30 ^a	40.77 ^a	8.32 ^a	6.14 ^a
	T3 (1.5 m)	33.69 ^a	35.23 ^a	29.26 ^a	10.77 ^a	16.34 ^{ab}

Nota: En una misma columna, medias con diferentes letras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P>0.05).

En el primer corte los tres tratamientos presentaron un rendimiento inferior al compararlos con el segundo y tercer corte. De acuerdo con Foild et al. (1999), la densidad de población influye en el crecimiento y la supervivencia de los árboles al generar competencia intraespecífica por los recursos humedad y nutrientes disponibles en el suelo y puede ocasionar pérdida de individuos. Además, una de las desventajas de la alta densidad son los costos por las labores de limpieza. Por otra parte, se tienen experiencias (Ferreira, 2016) de que una baja densidad de población generalmente favorece el crecimiento y rendimiento en moringa, y que la altitud y la temperatura son factores que influyen en el crecimiento y la producción de biomasa a diferentes densidades de siembra (López, 2014).

Cuadro 4. Producción de biomasa, en kilogramos por hectárea, obtenida en el cultivo de *Moringa oleifera* Lam., a diferentes densidades de siembra y población.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
T1 (0.5 x 0.5)	1162.72±98.76 ^b	2026.35±190.40 ^b	1267.23±94.97 ^b	1485.43
T2 (1.0 x 1.0)	55.26±98.76 ^a	621.17±190.40 ^a	330.24±94.97 ^a	335.55
T3 (1.5 x 1.5)	51.30±98.76 ^a	409.68±190.40 ^a	292±94.97 ^b	251.19

Nota: En una misma columna, medias con diferentes letras indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P>0.05).

En esta investigación el periodo de cosecha fue de cada 45 días, pero autores como Jarquín et al. (2003) y Flores y Jaime (2004) sugieren periodos de 75 días ya que producen mejores rendimientos, debido a que la planta almacena gran capacidad de fotosintatos y permite una mayor producción de rebrotes.

Conclusiones

Moringa oleifera presentó una buena producción de biomasa a partir del segundo corte. La densidad de población de 62,500 plantas por hectárea, permite obtener una mayor producción de biomasa en una superficie pequeña, pero se dificulta el control de arvenses; no obstante, se debe tener en cuenta que la cobertura casi total de las altas densidades limita el crecimiento de las arvenses

Literatura citada

Anwar F., S. Latif., M. Ashraf., A. Hassan and H. Gilani. 2007. Moringa oleifera: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytotherapy Research* 21:17-25

Arauz, D. C. y Z. J. P. Romero. 2009. Efecto de diferentes densidades de siembra y efecto de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de Moringa oleifera. Tesis para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 54 p.

De Pee S. and M.W. Bloem. 2009. Current and potential role of specially formulated foods and food supplements for preventing malnutrition among 6- to 23-month-old children and for treating moderate malnutrition among 6- to 59 month-old children. *Food and Nutrition Bulletin* 30(3):434-463

Flores, B. A. L. y F. D. Jaime. 2004. Producción de biomasa de Moringa oleifera sometida a diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte, en el trópico seco de Managua, Nicaragua. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Managua, Nicaragua. 65 p.

Foidl, N., H.P.S. Makkar., and K. Becker. 2001. The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses. p. 45-76. In: Fuglie, L. J. (ed.), *The Miracle Tree*. CTA, Wageningen, Netherlands and CWS, New York, USA.

- Ganguly, S. 2013. Indian ayurvedic and traditional medicinal implications of indigenously available plants, herbs and fruits: A review. *Int. J. Res. Ayurveda Pharm* 4:623-625.
- Goss, M. 2012. A study of the initial establishment of multi-purpose moringa (*Moringa oleifera* Lam) at various plant densities, their effect on biomass accumulation and leaf yield when grown as vegetable. *African Journal of Plant Science* 6(3):125-129.
- Jarquín, J., M. Jarquín y N. Reyes. 2003. Producción de biomasa de *Moringa oleifera* bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico seco de Nicaragua. Tesis de Ingeniería Zootecnista. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 59 p.
- Lim, T. K. 2012. *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants*, Volume 3. Springer, Dordrecht. 898 p.
- López, U. J. H. 2014. Evaluación de tres densidades del cultivo de *Moringa oleifera*, en el suroccidente de Guatemala. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala. 52 p.
- Magudapathy, P., B.K. Panigrahi., K.G.M. Nair y K. Venkataramaniah. 2010. Trace Element Studies on *Tinospora cordifolia* (Menispermaceae), *Ocimum sanctum* (Lamiaceae), *Moringa oleifera* (Moringaceae) and *Phyllanthus niruri* (Euphorbiaceae) using PIXE. *Biological Trace Element Research* 133(3):357-363.
- Makkar, H. P. S., y K. Becker. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Elsevier Science* 63(1-4):211-228.
- Makkar H.P.S. and K. Becker. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 128:311-322.
- Mendieta, B., E. Spordly., N.R. Sanchez., F. S. Miranda and M. Halling, 2012. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforest. Syst.* 87:81-92
- Rashid, U., F Anwar., B. R Moser and G. Knothe. 2008. *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. *Bioresource Technology* 99(17):8175-8179.
- Sánchez, D. I., J. A. Núñez., C. Reyes, B. Ramírez and J. López. 2010. Nutritional Quality of Edible Parts of *Moringa oleifera*. *Food Anal. Methods* 3:175-180.

RESPUESTA DE CAFETOS *Coffea arabica* L. DE LA VARIEDAD ORO AZTECA A SISTEMAS Y TIPOS DE PODA

Rosalío López Morgado^{143*}, Luis Eduardo García Mayoral¹⁴⁴ y Rafael Alberto Guajardo Panes¹⁴⁵

Resumen

En México la poda de cafetos se ha realizado en variedades convencionales de porte alto, en las que se emplean podas de formación, sanitarias o totales como la recepa. Sin embargo, actualmente se conforma en el país una cafeticultura a base de variedades con resistencia a roya de los “grupos genéticos” catimor, sarchimor o cavimor; con caracteres de rendimientos altos y portes vigorosos, demandantes de tipos y sistemas de podas relacionadas con la producción. En el presente trabajo se compara el sistema de poda selectiva como práctica más frecuente entre los cafeticultores versus un testigo sin poda, a fin de evidenciar las bondades de ésta práctica de manejo de cafetales, considerando cuatro ciclos de cosecha. También se presentan resultados de tres tipos de poda tendientes a sostener la producción, contemplándose dos ciclos de cosecha. En la poda selectiva, como un sistema de manejo del tejido productivo, el corte de tallos y ramas se realizó en forma dirigida a cada cafeto. Mientras que los tipos de poda fueron observados implementándose en campo tres tipos de intervención del tejido vegetal en los cafetos: 1. Poda esquelética, que suspende la dominancia apical en tallos y ramas; 2. Poda bandola, en la cual se suspende el crecimiento vertical a una altura media dejándose las ramas laterales en la base del tallo; y 3. Recepa, donde se corta el tallo principal a 40 cm del suelo, ésta representó el testigo. Ambos trabajos se hicieron en lotes conformados con la variedad de café Oro Azteca, registrada por el INIFAP ante el SNICS en 2004. Mediante el análisis de varianza combinado para un experimento en bloques al azar, utilizando la versión SAS 9.3, se hizo el estudio de los datos. Los resultados muestran que la poda selectiva registró un rendimiento de café cereza con diferencia altamente significativa frente al testigo sin poda, al igual que los tipos de poda seriada recuperan el potencial de producción de la variedad, destacándose la poda esquelética con respecto a la poda bandola y al testigo de poda severa.

¹⁴³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

¹⁴⁴Prestador de Servicios Profesionales por proyecto.

¹⁴⁵Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

* lopez.rosalio@inifap.gob.mx

Palabras clave: tejido productivo, esquelética, bandola, recepa, rejuvenecimiento

Introducción

El manejo de los cafetales en México comprende prácticas realizadas en distintas épocas en un año de cultivo, en acuerdo con la etapa fenológica de los cafetos, entre éstas destacan la cosecha, el control de arvenses, la aplicación de fertilizantes y abonos para la nutrición de los cafetos; así como la poda de éstos y la regulación de sombra, entre otras en la fase de producción primaria (López et al., 2013). Un factor crítico de la cafecultura en el país es el bajo rendimiento promedio, ubicado en los últimos cinco años por debajo de los ocho quintales por hectárea, mostrándose esta tendencia a la baja en los últimos 15 años de producción, en parte por los precios bajos del café en las bolsas internacionales; pero determinadamente, debido al grado de incidencia de la roya del café en toda la superficie nacional.

Discordante de lo que muchas veces se cree, la práctica de la poda de cafetos no aumenta la productividad del cafetal, sin embargo, es un recurso que regula muy eficazmente la uniformidad de las cosechas de la plantación de café y que permite facilitar la ejecución de las diversas operaciones de manejo y de corte de frutos (Mesquita et al., 2016). Por esto último, la poda del café es una práctica que los cafecultores realizan habitualmente al percibirla como factor importante en el sostenimiento de la productividad del cafetal año con año (López et al., 2013). El conocimiento del crecimiento y desarrollo del café, así como el de su fructificación, son la base fisiológica que sustenta la poda de esta planta (Fischersworing y RoBkamp, 2001; Lambot y Bouharmont, 2004), de manera sinóptica Ramírez (2009) describe este fundamento fisiológico, el cual empieza por la producción distal que caracteriza la planta de café, donde la cosecha de cada año se ubica en los nudos nuevos formados durante el periodo de crecimiento anterior, en tal forma que sucesivamente, hacia atrás de la rama, va quedando mayor área de tejido improductivo; disminuyéndose la cantidad, el tamaño y la carga de frutos por rama por ciclo de cultivo. Así, la poda suscita tejido nuevo regulando el desarrollo del café al estimular el crecimiento de tallos jóvenes y evitar el agotamiento prematuro del café (Fischersworing y RoBkamp, 2001; Arcila, 2007). En cafetos viejos es común observar ramas portando uno o dos nudos productivos en el extremo de su tallo alargado por la edad de la “bandola”. En éstas el fluido de savia bruta hace un recorrido prolongado hasta alcanzar la zona de crecimiento activo ubicado en los extremos; una vez elaborada en las hojas, la savia vuelve en sentido contrario para distribuirse en todo el arbusto (López et al., 2013), sin embargo, este tejido viejo pero vivo e

improductivo, que ha quedado hacia la base de la rama, debe mantenerlo la planta suministrándole nutrientes y ocasionándole la acumulación de reservas.

El conocimiento fisiológico del crecimiento y desarrollo del cafeto fundamentan la poda como práctica básica en los cafetales, misma que de no llevarse a cabo provocaría un decrecimiento de la producción de café ciclo tras ciclo de cosecha, además de que las plantas deberán contender por espacio, luz, agua y otros factores, debido al deterioro del porte de los arbustos de café; argumentándose así, después de un periodo de varias cosechas, la necesidad de intervenir la forma de crecer y desarrollarse de los cafetos, a fin de suscitar que éstos preparen tallos nuevos portadores de yemas potencialmente formadoras de frutos, con lo cual se procuraría mantener permanentemente la productividad y rentabilidad del cafetal (Arcila, 2007). Para realizar esta intervención de rejuvenecimiento en los cafetos existen técnicas (poda de formación), tipos (poda de producción) y sistemas (ciclos y turnos de poda) para el manejo del tejido productivo (Álvarez, 2012). A todo este acervo de prácticas relacionadas con la conformación y el rejuvenecimiento de los cafetos, se les designa como: poda de cafetales (Arcila, 2007; López et al., 2013).

Entre las diferentes técnicas de podas están el agobio, el descope, candelabro y poda gradual; mientras que la poda alta, poda media y recepa, conforman lo que se denomina como tipos de podas. Los sistemas de podas comprenden los ciclos y porciones de poda a que se somete el cafetal, como pueden ser; poda individual o selectiva, poda por hileras o ciclos y poda por lotes (Álvarez, 2012). Cualquiera que sea el tipo de poda y el sistema en que se aplique a los cafetos, la práctica en sí tiene un impacto fuerte sobre las reservas de la planta, al grado que el sistema radical tiende a reducirse hasta en un 70% meses después de realizada la poda, cuya recuperación del volumen de raíces vuelve a normalizarse alrededor de un año después (Arcila, 2007; Mesquita et al., 2016; Salazar y Sadeghian, 2016).

Muchas han sido las investigaciones en torno a esta práctica fundamental para el sostenimiento de la productividad de los cafetos, donde interrogantes como la forma de aplicar la poda conforme a la densidad de población y la edad de los cafetos considerando la variedad de café, tiene múltiples estudios al respecto (Parreiras et al., 2013; Aparecida et al., 2015; Aparecida et al., 2016; Verdín et al., 2016), encontrándose que tanto la variedad como la densidad de población no influyen diferenciando la respuesta a la poda, en tanto que la edad de los cafetos tiende a ser un criterio subjetivo, al tenerse más certeza cuando la poda se decide en función al ciclo de cosecha, el cual coincide entre el cuarto y quinto ciclo (Arcila, 2007; Álvarez, 2012; SCAN, 2016). Respecto a la fertilización antes y después de la poda, se concluye que hay que procurar un buen abasto de reservas en la planta antes de podar y fertilizar los cafetos de 8 a 12 días después de realizada la poda (Salazar y Sadeghian, 2016).

En este trabajo se tuvo como objetivo establecer en campo lotes de observación sobre las bondades de la poda en el manejo del tejido productivo del cafeto para facilitar observaciones de tipos y sistemas de poda en cafetales. Para el caso presente, esto se hizo con la variedad Oro Azteca como material genético conformante de los lotes de café, la cual es del grupo catimor, resistente a roya y con buenas características agronómicas (Zamarripa y López, 2013). Los resultados indican que la poda de cafetos debe practicarse como una actividad básica en el manejo de cafetales, en tanto que los tipos de poda evidenciaron las ventajas de incluir técnicas seriadas de poda para el sostenimiento de la productividad del cafetal.

Materiales y métodos

Este trabajo fue iniciado en mayo de 2013 en el Sitio Experimental Teocelo del INIFAP, en Teocelo, Ver. Consistiendo en la implementación de dos ensayos: el primero a partir de dos lotes de café, donde uno se manejó con el sistema de poda selectiva en la cual se eliminan porciones viejas, enfermas e improductivas de tallos y ramas; en tal forma que el cafeto quede con el mínimo de tejido de reserva y la mayor proporción de tejido productivo y en formación. En este sistema cada cafeto recibió, a criterio, un tratamiento específico de poda (Ramírez, 2009). El otro lote representó el testigo sin poda, manejándose los cafetos a libre crecimiento. La variable registrada en este ensayo con dos tratamientos en tres bloques, fue únicamente el rendimiento de café cereza, cuyos datos provienen de una parcela útil compuesta por 109 cafetos, cosechados durante cuatro ciclos de cosecha; de 2013-2014 a 2016-2017.

Otro ensayo consistió en la implementación de un lote dividido en tres sublotes donde se practicó la poda esquelética, bandola o pulmón y la recepa. La primera consiste en hacer un descopado del eje ortotrópico o tallo principal a 1.2 m y cortar las ramas laterales a una distancia de 35 a 40 cm a partir del tallo o eje principal; la segunda en cortar el tallo principal a 60 cm de altura, procurando que por debajo del corte quedaran de tres a cinco pares de ramas primarias de producción o bandolas; mientras que la tercera y última está basada en el corte del tallo principal a una altura de 40 cm del suelo (testigo). Fue registrado el rendimiento de café cereza durante dos ciclos de cosecha; 2015-2016 y 2016-2017 en una parcela útil de 40 cafetos.

En ambos ensayos, la disposición de los cafetos fue de 2.5 m entre surcos y 1.25 m entre plantas, con trazo en curvas a nivel. A los datos de rendimiento se les hizo un análisis de varianza combinado para tratamientos en bloques con varios ciclos de registros, a través de la versión del SAS 9.3.

Resultados y discusión

Hubo respuesta altamente significativa del sistema de poda (tratamiento) selectiva con respecto al testigo sin poda, así como en la interacción de ciclos de cosecha con el sistema de poda que se aplicó en el manejo del café. Asimismo, en relación con el tipo de poda (tratamiento) practicado en serie en lotes de café, en el segundo ensayo; el análisis de varianza también mostró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos y significativa para la interacción entre ciclos de cosecha con los tipos de poda (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios para las distintas fuentes de variación en el análisis de varianza combinado de tratamientos en más de un ciclo de cosecha.

Fuentes de variación	Ensayo de sistemas de poda		Ensayo de tipos de poda	
	G. L.	C. M.	G. L.	C. M.
Ciclos de cosecha	3	63.08**	1	0.0002
Error "A"	8	3.20	8	3.68
Tratamiento	1	20.55**	2	14.27**
Tratamiento por ciclo	3	22.29**	2	9.46*
Error "B"	8	1.47	16	2.66

*Diferencia estadística significativa

**Diferencia estadística altamente significativa

La poda dirigida a cada cafeto conforme éste lo requiriera, es la más eficaz para propiciar un mayor número de ramas y de nudos productivos por cafeto, condición que se correlaciona con la producción por cafeto (Ramírez, 2009). El sistema donde se interviene el cafetal con poda selectiva superó al testigo sin poda en un 35% en el rendimiento de café cereza después de cuatro cosechas (Figura 1).

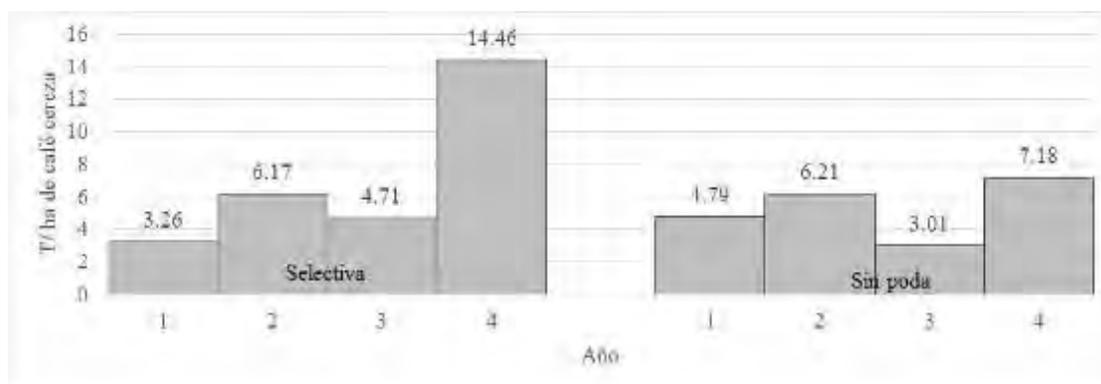


Figura 1. Respuesta del manejo del cafetal intervenido con poda selectiva en comparación con un manejo sin poda a libre crecimiento de los cafetos.

La poda selectiva inicio el primer año de producción después de la poda con apenas 3.26 t/ha de café cereza, para en un cuarto año alcanzar 14.46 t/ha. Por su parte, el cafetal a libre

crecimiento como tratamiento testigo, mantiene su producción sin producciones de café al alza en forma importante. La bienalidad de la producción que caracteriza a los cafetos, queda de manifiesto al observarse que a un año de producción alta le siguió uno de baja producción y así sucesivamente (López et al., 2013), ya que la planta en un año de producción alta forma poco tejido en el que se dará la floración para la cosecha del siguiente ciclo.

En cuanto a los tipos de poda, la poda esquelética fue la causa de la diferencia estadística altamente significativa mostrada en el análisis de varianza, al conformar el “esqueletamiento” del cafeto un grupo de significancia diferente a la recepa, conforme lo indicó la prueba de Tukey. Esta poda es la referida al proceso de corte de las ramas primarias de 30 a 40 cm de la inserción con el eje principal, cuyo recubrimiento de tejido nuevo registró mayor respuesta en rendimiento de café cereza. (Figura 2).

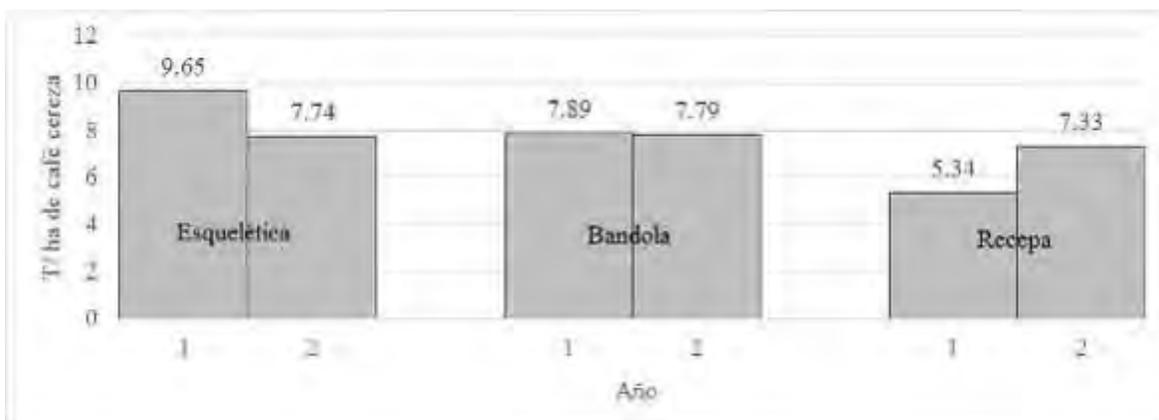


Figura 2. Respuesta a diferentes tipos de poda de cafetos de la variedad Oro Azteca en dos ciclos de cosecha.

Los tipos de poda en forma seriada como lo son la esquelética, bandola y recepa, prácticamente se tienen dos ciclos con cero producciones de café; sin embargo, los volúmenes cosechados tenderán a crecer hasta un punto máximo en la tercera y cuarta cosecha (Arcila, 2007), sin embargo, otras ventajas como la facilitación de operaciones de manejo de la finca, se darán por el hecho de una mejor conformación de los cafetos y uniformidad del cafetal en respuesta a la práctica de la poda.

Para la utilización de estas técnicas, es necesario asociarlas al uso de cultivares adecuados con porte vigoroso y abundante ramificación como lo es la variedad Oro Azteca y otros “catimores”, “sarchimores” o “cavimores” (Zamarripa et al., 2013; Zamarripa y López, 2013), los cuales presentan abundante número de ramas y puntos terminales que cortar para propiciar numeroso tejido nuevo que rejuvenezca los cafetos. De esta forma, indistintamente de los resultados observados, el agotamiento paulatino de los cafetos, hace evidente que es necesaria la recuperación de la planta mediante el inicio de la poda en los cafetales, ya que

antes de la poda la media de producción estaba en alrededor de 4 t por hectárea en estos ensayos que se presentan.

Conclusiones

1. Los resultados indicaron diferencias significativas entre podar y no podar los cafetales coincidiendo con lo reportado por la literatura, donde citan que el sistema de poda selectiva de cafetales es el que más contribuye a la productividad de éstos; sin embargo, registra una baja eficiencia en cuanto a la mano de obra que la realiza, ya que ésta debe ser de bastante experiencia para garantizar criterio eficaz al momento de decidir cómo podar cada cafeto en toda una finca. Por lo que la alternativa es recurrir a nuevas tecnologías, además de los aportes que la experiencia práctica de los productores brinde, para desplazar el concepto tradicional de la poda de *C. arabica*, centralizado en la formación de la planta como individuo. Este desplazamiento o reemplazo del concepto tradicional de poda, tendería hacia un manejo de plantaciones de café donde la planta es sólo parte del sistema en el cual se aplica un mismo tratamiento a los cafetos.
2. En experimentos realizados por varios años, se ha demostrado que la poda selectiva por planta supera en producción a los sistemas de poda por calles o en ciclos. Lo anterior se explica, porque con la poda selectiva sólo se quitan las plantas agotadas o el material agotado de ellas, en tal forma que cada cafeto lleva un manejo diferente, dependiendo de su estado vegetativo o vigor. Cuando la poda es parcial, se eliminan las ramas que quedan agotadas después de la cosecha, de manera que las plantas que muestran preparación para la futura cosecha no se podan. Si el agotamiento es completo, se emplea la poda de recepa, y en otros casos, se aplica la poda de altura media (de bandola o pulmón) o la poda de las ramas secundarias (esquelética).
3. Un criterio para implementar el sistema de poda en la finca, estaría determinado por el espaciamiento entre cafetos y su manejo, como factores que influyen en la productividad del cafetal y el “cerramiento” de la plantación. El grado de intensidad de poda, después de ciertos ciclos de cosecha, dependerá de la medida en que las calles del cafetal tiendan a cerrarse y del nivel de caída del rendimiento por cafeto.
4. Tanto resultados de la poda como los fundamentos técnicos de ésta, es casi desconocido por los cafecultores, lo cual impide la creación de variantes en su práctica o forma estándar o en serie, por lo que es importante dar a conocer la forma en que los cafetos generan producción de frutos; desde la formación de nudos nuevos, donde se prepara la floración, hasta la maduración del café cereza para completar un ciclo anual de cosecha. Esto último va cobrando importancia en medida que la cafecultura mexicana avance hacia una

proporción mayor de variedades derivadas de catimores, sarchimores y cavimores; que, debido a su vigor y la tendencia a densidades altas de población, se tendrá que recurrir a la poda de cafetos como práctica básica en el manejo de las plantaciones de café.

Literatura citada

Álvarez, V. G. 2012. Herramientas para orientar estrategias de poda de café de pequeños productores en Corquín, Copan, Honduras. Tesis de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. CATIE-Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica. 72 p.

Aparecida, P. A., A. Ramalho de M., M. S. Scalco., y T. J. Fernandes. 2016. Modelagem do diâmetro de copa do cafeeiro podado cultivado em diferentes densidades e regimes hídricos. *Coffee Science*, Lavras 11(4):495 -501.

Aparecida, S. V., J. Costa de R., F. Lacerda H., A. Leite M., G. Rodrigues de C., A. Mendonca de C. et al. 2015. Resposta à poda tipo esqueletamento em cultivares de café resistentes a ferrugem. In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Curitiba - PR.

Arcila, P. J. 2007. Renovación y administración de los cafetales para estabilizar la producción de la finca. p. 145-160. In: *Sistemas de producción de café en Colombia*. Arcila P. J., Farfán V. F., Moreno B. A. M., Salazar G. L. F., Hincapié G. E. (eds.). 1ra Ed. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Fischersworing, H. B. y R. R. Robkamp. 2001. Guía para la caficultura ecológica. Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo de la República Federal de Alemania (GTZ). 3a ed. Popayán, Colombia. 152 p.

Lambot, C. and P. Bouharmont. 2004. Pruning of coffee. p. 284-307. In: Wintgens, J. N. (ed.). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers*. Wiley-VCH. Weinheim, Germany.

López, M. R., L. E. García M. y M. C. Castillo G. 2013. Manejo del cafetal. p. 163-206. In: López, M. R., G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (Comps.). *El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. Libro Técnico Núm. 34. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver.

Mesquita, C. M. de, J. Eudes de R., J. Silva C., M. A. Fabri J., N. Castro M., P. Tavares D. et al. 2016. *Manual do café: manejo de cafezais em produção*. EMATER-MG. Belo Horizonte, MG., Brasil. 72 p.

Parreiras, P. S., D. Parreira B., M. Oliveira S., J. Donizeti A. y R. J. Guimarães. 2013. Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. *Coffee Science*, Lavras 8(4):460-468.

Ramírez, R. J. E. 2009. Hacia la caficultura sostenible. ICAFÉ. CICAFFÉ. Editorama S. A. 1a ed. San José, Costa Rica. 216 p.

Salazar, G. L. F. y S. Sadeghian K. 2016. Respuesta del café (*Coffea arabica* L.) a la fertilización antes y después de la zoca. *Revista Cenicafé* 67(1):81-93.

SCAN (Sustainable Commodity Assistance Network). 2015. PODA DE CAFÉ: Una buena alternativa para mantener cafetales jóvenes y productivos. Proyecto: “Creación de Capacidades en Asistencia Técnica a Productores de Café en Guatemala”. Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN Guatemala. Mountain View, California, USA. 15 p.

Zamarripa, C. A. y R. López M. 2013. Oro Azteca: variedad de café con resistencia a la roya anaranjada. Desplegable Informativa No. 18. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Chiapas, México.

Zamarripa, C. A., R. López M. y E. Escamilla P. 2013. Mejoramiento genético y variedades. p. 55-94. In: López, M. R, G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (Comps.). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. Libro Técnico No. 34. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver.

CARACTERIZACIÓN DE HUERTOS URBANOS Y PERIURBANOS DE XALAPA DE ENRÍQUEZ, VERACRUZ

Saúl Ortiz Riveros¹⁴⁶, Nancy Domínguez González¹⁴⁶, Marycruz Ábato-Zárate¹⁴⁶, Carlos Roberto Cerdán Cabrera¹⁴⁶ y Miguel Ángel Escalona Aguilar¹⁴⁶ y Noel Reyes Pérez^{146*}.

Resumen

En Xalapa, Veracruz se autogestiona la Red ciudadana de Agricultura Urbana y Periurbana (RAUyP) cuyo interés es optimizar azoteas, balcones, jardines, compartir experiencias, semillas y plantas para el fortalecimiento y fomento de la misma. Sin embargo, parte crucial de este encuentro social surge a partir de múltiples inquietudes por el constante proceso formativo en la producción de alimentos, siendo uno de los componentes en el manejo de problemas fitosanitarios, aunando las circunstancias geográficas del huerto y perspectivas de cada productor que son muy particulares, y dejando poco claro cómo atenderlas de forma efectiva. La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar 28 huertos urbanos de dicha ciudad mediante una serie de entrevistas semiestructuradas y observación directa se analizaron las características generales del productor y del huerto. Las variables que se tomaron fueron generalidades del productor, características y manejo del huerto. La importancia del aporte de los huertos en ciudades reside en el enfoque agroecológico debido a que la agrobiodiversidad, prácticas fitosanitarias y las especies destinadas al auto abasto humano vinculado positivamente en la soberanía y seguridad alimentaria.

Palabras clave: soberanía y seguridad alimentaria, biodiversidad, agricultura urbana

Introducción

La necesidad cada día más latente de adquirir alimentos de forma justa y sana, ha llevado a buscar y fortalecer alternativas de producción de alimentos en las ciudades. Esto se conoce como agricultura urbana y periurbana (AUyP) (Altieri et al., 2000), la cual ha prosperado en

¹⁴⁶Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Posgrado en Ciencias Agropecuarias. Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana. Circuito Universitario s/n. Zona Universitaria. Xalapa. Veracruz. México. C. P. 91050.

* nreyes@uv.mx.

diversas partes del mundo. México tiene como meta alcanzar la seguridad alimentaria, mejorar la alimentación de las familias y promover una mejor calidad de vida de la población (Toledo, 2002), por lo que esta forma de agricultura ha cobrado mucho auge. Desde 2013 en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México se autogestiona una red cuyo propósito es intercambiar experiencias sobre la producción urbana de alimentos. La Red ciudadana de AUyP cultiva en azoteas o terrazas, balcones, jardines particulares o privados y de uso común o público (Escalona et al., 2016). También busca aprovechar materiales reciclados, inocuos y aptos para la producción de alimentos; como Lok (1998) y Ponce (2007) lo describen para otros países. En los huertos de la Red las especies mayormente sembradas para autoconsumo son hortalizas acompañadas de plantas aromáticas, medicinales y en el menor de los casos especies de árboles y arbustos frutales (Serrano, 2014). Bajo este contexto y de acuerdo con Toledo (2002) se considera a los huertos como agroecosistemas evolutivos a pequeña escala, este puede ser de carácter privado (hogar), o público (comunitario) y puede establecerse en múltiples superficies (Sarandón, 2002). Los hay con uso de recipientes o macetas (huertos duros), directamente la siembra sobre el suelo (huerto blando) y mixtos (combinación de ambos) (Santandrué, 2008).

Por otra parte, para entender de forma parcial y global las actividades y conceptos que practican las personas es fundamental entender mejor sus procesos (Matienzo et al., 2008). Es importante también comprender sobre su concepción de plaga para relacionarlo con su manejo ya que de acuerdo con Altieri y Nicholls (2007) plaga es cualquier organismo o población que cause daño a especies animales o vegetales en cualquier etapa de crecimiento. El manejo fitosanitario toma mayor importancia ya que de no atenderlo correctamente existe potenciales focos de infestaciones de acuerdo a su nivel poblacional y tipo de organismo. En este sentido, durante el proceso de producción de alimentos para autoconsumo surgen diversas necesidades de manejo que esencialmente son: riego, podas, fertilización, y manejo de plagas (Hilje et al., 2008). Estudios de Acosta (2015) indican que el tema de manejo de plagas es una de las necesidades por cubrir en los huertos urbanos de Xalapa. Por tal motivo la presente investigación se centra en caracterizar los huertos urbanos y periurbanos de Xalapa, Ver., en función a las variables de tamaño de huerto, biodiversidad, presencia de artropofauna y prácticas de manejo fitosanitarias y sus interrelaciones, para aportar propuestas de mejoramiento de manejo integrado de plagas.

Materiales y métodos

Con base en los registros de la Red ciudadana de Agricultura Urbana y Periurbana de Xalapa, Veracruz, México que en 2014 contaba con 30 ciudadanos con huertos registrados,

se determinó el tamaño de muestra que, de acuerdo con la fórmula propuesta por Hernández et al., (2003): $30/1.3 = 23$.

Los huertos se visitaron durante los meses de noviembre de 2015 a septiembre de 2016 registrando superficie (metros cuadrados), biodiversidad de especies, actividades fitosanitarias y opinión sobre conceptos de agricultura urbana. Los datos obtenidos fueron organizados en hoja de cálculo de Excel, categorizados para facilitar su agrupación y análisis posterior en el software SPSS v. 20. Se analizaron las variables de plagas, tamaño de huerto, índice de biodiversidad de Shannon-Weaner y prácticas fitosanitarias, con estadística descriptiva para identificar frecuencias, medidas de tendencia central y distribución de datos en el software SPSS v.20. Se realizó un análisis de correlación bi variada no paramétrica (distribución Rho de Spearman) dado que los datos no siguen una distribución normal. Finalmente se realizó un análisis de correlación lineal multivariado para identificar la influencia de las variables independientes, tamaño del huerto, índice de biodiversidad y prácticas fitosanitarias sobre la variable dependiente plagas. Se registraron características generales de los productores que conforman el grupo objetivo de esta investigación como edad, género, grado de estudios, horas de dedicación al huerto, uso y valor de la bitácora, así como una ponderación de conocimiento que tienen sobre conceptos relacionados con agricultura urbana. Los resultados se muestran a continuación.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se aprecia el rango de edad de los productores que va de 20-70 años, se observa que el 50% de la población se encuentra entre 20-40 años, es decir, mayormente adultos jóvenes; seguido por un grupo de 29% que comprende las edades de 51-60 años. En cuestiones de agricultura urbana se infiere que las personas jubiladas (32.14%) tienen mayor participación debido a sus horarios flexibles; sin embargo, en esta investigación se observa que el grupo más activo son adultos jóvenes posiblemente por la conciencia en mejorar sus hábitos alimenticios tal y como menciona Rivera (2006). Sobre el género de la población de estudio, donde se tiene un 71% de participación de mujeres en contraste al grupo de hombres restante. Como puede observarse esta tendencia coincide con lo señalado por Koenraadt (2001) y estudios realizados con la predominancia de la participación femenina en los huertos urbanos y periurbanos. Respecto al grado de estudios se observa que el 68% cuenta con estudios de nivel superior, ya que de acuerdo con INEGI (2015) en esta zona existe mayor acceso a la educación superior.

Cuadro 1. Datos sociodemográficos de la población.

Edades	Género	Grado de estudios
25% = 20-30	71% Mujeres 29% Hombres	14% = Secundaria
25% = 31-40		18% = Preparatoria
7% = 41-50		60% = Licenciatura
29% = 51-60		8% = Posgrado
14% = 61-70		

Cuadro 2. Características de los huertos.

Cantidad de huertos			Tipo de huerto		
Huerto	Cantidad	Porcentaje	Huerto	Cantidad	Porcentaje
Urbano	22	79	Blando	6	17
Periurbano	6	21	Duro	8	33
Total	28	100	Mixto	14	50
			Total	28	100

Se determinó el destino de la producción es 100% para autoconsumo y existe una variación importante en el tamaño del huerto, influyendo aspectos tales como ubicación dentro de la ciudad y tiempo de dedicación. En el Cuadro 2 se tiene que el 79% está localizado en zonas urbanas. Respecto al tipo de huertos se tienen que el 17% son huertos blandos, el 33% son huertos duros y el 50% huertos mixtos, es decir, que cultivan tanto en suelo como en macetas. Lo anterior podría deberse a que el espacio es menor en las zonas urbanas tal como lo menciona Erazo (2012). En cuanto al tiempo de dedicación al huerto se tiene que el 67% dedica menos de 6 horas a la semana (53.57% empleados, 14.28% estudiantes) y el 33% dedica más de 12 horas a la semana (32.14% jubilados). Por otro lado, el porcentaje de uso de la bitácora por los productores es del 25%, a pesar de que el 89% consideran importante emplearla para el registro de las actividades en el huerto de acuerdo y de acuerdo con Cardozo (2013) las ventajas de contar con un registro formal las actividades contribuyen en mejorar los procesos de planeación y análisis del sistema agrícola. En el Cuadro 3 se muestran las especies de los huertos, incluyendo hortalizas, medicinales y condimentarias. Las especies hortícolas más frecuentes por familia pertenecen a Brassicaceae, Fabácea y Solanácea con seis especies cada una; y en menor cantidad especies condimentarias, medicinales y hortícolas las familias Amaranthaceae, Amaryllidaceae y Lamiaceae. Al contar con especies de diferentes familias se puede diseñar y programar la rotación y asociación de cultivos de diferentes familias como prácticas de manejo de plagas como lo mencionan Nicholls (2008).

Cuadro 3. Diversidad de especies medicinales, condimentarias y hortalizas en huertos.

Familia	Especie	Nombre común	Familia	Especie	Nombre común
Amaranthaceae	Amaranthus sp	Quelite		Brassica olearaceae	Brócoli
	Salvia hispanica	Chía		Brassica rapa	Mostaza
Alliaceae	Allium glandulosum	Cebollín	Brassicaceae	Eruca vesicaria	Arugula
	Allium ampeloprasum	Porro		Raphanus sativus	Rábano
	Allium cepa	Cebolla		Lepidium sativum	Berros
	Calendula officinalis	Caléndula		Brassica alba	Nabo
Asteraceae	Artemisia absinthium	Ajenjo	Euphorbiaceae	Cnidioscolus aconitifolius	Chaya
	Lactuca sativa	Lechuga		Arachis hypogaea	Cacahuete
	Matricaria chamomilla	Manzanilla		Medicago sativa	Alfalfa
Asphodelaceae	Aloe vera	Sábila	Fabaceae	Pachyrhizus erosus	Jícama
	Coriandrum sp.	Cilantro		Phaseolus coccineus	Acoyote
Apiaceae	Daucus carota	Zanahoria		Phaseolus vulgaris	Frijol
	Petroselinum crispum	Perejil	Vicia faba	Haba	
	Apium graveolens	Apio			
Cactaceae	Opuntia crassa	Nopal	Lauraceae	Cinnamomum verum	Canela
	Beta vulgaris	Acelga		Origanum vulgare	Orégano
	Dysphania ambrosioides	Epazote	Lamiaceae	Thymus vulgaris	Tomillo
Chenopodiaceae	Spinacia oleracea	Espinaca		Mentha piperita	Menta
	Chenopodium bonnus	Huazontle		Mentha spicata	Hierbabuena
Cucurbitaceae	Sechium edule	Chayote		Melissa officinalis	Toronjil
	Cucurbita maxima	Calabaza		Plectranthus oloroso	Vaporub
Malvaceae	Hibiscus sabdariffa	Jamaica	Solanaceae	Capsicum annum	Chile
Nyctaginaceae	Bougainvillea glabra	Bugambilia		Cucumis sativus	Pepino
Orchidaceae	Vanilla planifolia	Vainilla		Nicotiana tabacum	Tabaco
Piperaceae	Piper nigrum	Pimienta		Lycopersicon esculentum	Jitomate
Poaceae	Zea mayz	Maíz		Solanum melongena	Berenjena
	Cymbopogon citratus	Zacate limón	Solanum tuberosum	Papa	
Polygonaceae	Rumex aceto	Lengua de vaca	Zingiberaceae	Zingiber officinale	Jengibre
Portulacaceae	Portulaca oleracea	Verdolaga			
Tropaeolaceae	Tropaeolum majus	Mastuerzo			

En relación con la naturaleza de las prácticas que se realizan en el huerto, para esta investigación se consideró pertinente categorizar en tres niveles el manejo del huerto de acuerdo a la complejidad que representan, definida ésta por el tiempo que implica la práctica, el nivel de conocimientos que demanda y los insumos necesarios para su realización. Por lo

tanto, en el Cuadro 5 se presenta la propuesta de caracterización y conforme con Soto et al. (2010) los productores atienden y las aplican en sus huertos en relación a sus características particulares, necesidades y juicios respecto al tipo de problema que enfrentan; entonces en función a los años como productores es probable que realicen actividades cada vez más complejas (Nolasco et al., 2016). En el Cuadro 5 se muestra que existen productores con grandes superficies de huertos y con posible baja realización de prácticas fitosanitarias, en contraste, pequeñas superficies con posible frecuencia alta en prácticas fitosanitarias ya que esto como menciona Cantor (2010) está sujeto a los intereses personales de cada productor y al espacio disponible para aprovechar. En cuanto a la implementación de estas variables en relación con una alta biodiversidad favorece la conservación de organismos benéficos, y resistencia del agrosistema ante ataques potenciales de plagas mono y polífagas, de acuerdo con Nicholls (2008) aunque en este caso se observa que a mayor biodiversidad, mayor incidencia de plagas y por lo tanto mayor frecuencia de prácticas fitosanitarias infiriendo que el postura de los productores es correctiva en vez de preventiva ante la presencia de plagas que a su vez está relacionada con la baja asociación y rotación de familias vegetales (Cuadro 4) de acuerdo con Rodríguez y Companioni (2006).

Cuadro 4. Complejidad de las prácticas fitosanitarias de los huertos urbanos.

Categoría	Tipo de control	Actividad / Manejo / Técnica/	Clave	Frecuencia
Básica/Simple	Cultural Mecánico Físico	Reutilización de materiales (PET, llantas, etc.)	NB-1	28
		Deshierbe/poda	NB-2	26
		Abonos	NB-3	21
		Riego y captación de agua	NB-4	11
		Arropes	NB-5	6
		Eliminación manual de insectos	NB-6	17
Media/Compleja	Etológico Biológico por conservación	Composta / Manejo de residuos	NM-1	16
		Rotación de familias	NM-2	12
		Asociación de familias	NM-3	12
		Favorecer organismos benéficos /depredadores	NM-4	11
		Bioplaguicidas/preparados botánicos	NM-5	21
		Manejo etológico	NM-6	1
Alta/Muy compleja	Genético Fenológico Biologico por inoculación	Calendario de siembra (uso de bitácora).	NA-1	8
		Producción y conservación de semillas	NA-2	10
		Liberación de organismos benéficos, estériles y/o depredadores (insectos, hongos y bacterias).	NA-3	1
		Agricultura biodinámica (uso de las fases lunares, fenológicas, etc.).	NA-4	2

Cuadro 5. Medidas de tendencia central de las cuatro variables.

	Prácticas	Índice de Biodiversidad Shannon-Weaner	Plagas	Tamaño del huerto (m ²)
N	28	28	28	28
Media	7.25	3.15	7.68	88.25
Mediana	6	3.13	7	25
Desviación estándar	2.78	0.38	3.24	141.7
Varianza	7.75	0.15	10.52	20,081.01
Min	4	2.52	3	4
Max	14	3.81	16	500

Para tratar de entender si existe influencia entre las prácticas fitosanitarias, biodiversidad del huerto y la presencia de plagas, se realizó un análisis de correlación, donde el valor de significancia 0.05 indica diferencias estadísticas significativas entre los 28 huertos, siendo 1 relación perfecta, 0.75-1 es alta, de 0.5 – 0.75 moderada, 0.5-0.25 media y 0.25-0 baja. En el Cuadro 6 se observa una correlación media (0.309 $p= 00$) de la prácticas fitosanitarias y el tamaño del huerto; se obtuvieron correlaciones moderadas entre la biodiversidad con prácticas fitosanitarias (0.568 $p=0.00$); incidencia de plagas con las prácticas fitosanitarias realizadas en el huerto (0.635 $p=0.00$); índice de biodiversidad y la incidencia de plagas (0.510 $p=0.00$); entre índice de biodiversidad y tamaño de huerto (0.617 $p=0.00$), y por último, incidencia de plagas y tamaño de huerto (0.541 $p=0.00$). Por tal motivo se percibe que si bien ninguna relación de variables fue alta, la biodiversidad, la incidencia de plagas y el tamaño del huerto, son las que más están asociadas; es decir, importante para la presencia o ausencia de plagas, que se maneje una mayor biodiversidad y que se conozcan prácticas que disminuyan la incidencia de dichos problemas.

Cuadro 6. Análisis de correlación bi variada no paramétrica (distribución Rho de Spearman).

	Prácticas fitosanitarias	Biodiversidad	Plagas	Tamaño del huerto (m ²)
Prácticas fitosanitarias	1	0.568	0.635	0.309
Biodiversidad	0.568	1	0.51	0.617
Plagas	0.635	0.51	1	0.541
Tamaño del huerto (m ²)	0.309	0.617	0.541	1

En el Cuadro 7 se presenta el análisis de regresión lineal multivariado para identificar la influencia de las variables independientes (tamaño de huerto, prácticas e índice de biodiversidad) sobre la dependiente (incidencia de plagas). Dado la colinealidad observada

entre las variables independientes y correlación moderada de éstas con la variable dependiente, se aplicó un modelo de regresión lineal de pasos sucesivos, a fin de eliminar aquellas variables que causan redundancia y no contribuyen al modelo.

Los resultados estadísticos muestran que la única variable que explica la incidencia de plagas en el huerto (0.89) es prácticas fitosanitarias con un nivel de error de 0.00, las variables de índice de biodiversidad y tamaño de huerto fueron excluidas del modelo por presentar un modelo de confiabilidad menor a 0.05. Por lo cual se puede deducir que a mayor incidencia de plagas aumenta el número de prácticas fitosanitarias realizadas por el productor, puesto que la correlación es positiva en contraste a lo que argumenta Companioni et al. (2001); sin embargo, este autor explica que puede suceder lo contrario si las actividades fitosanitarias son realizadas metódicamente (correlación negativa).

Cuadro 7. Regresión lineal (método de pasos sucesivos).

	Error estándar	t	Sig.
1(Constante)	1.143	1.072	0.293
Prácticas fitosanitarias	0.147	6.035	0
2(Constante)	1.216	1.991	0.058
Prácticas fitosanitarias	0.185	3.414	0.002
Tamaño del huerto	0.004	2.1	0.046

Variable dependiente incidencia de plagas.

Conclusiones

La única variable que presenta una correlación positiva significativa es la variable de prácticas fitosanitarias, lo que implica que el productor realiza mayor número de prácticas cuando percibe una incidencia mayor de plagas, es decir toma una postura correctiva en vez de preventiva. Se recomienda implementar estrategias vinculadas directamente con el aspecto social en temas de manejo integrado e identificación de plagas como artrópodos, hongos, fitoplasmas, virus y bacterias, a través de herramientas teóricas y didácticas para el mejoramiento, aprovechamiento y complejidad del sistema agrícola que estén dirigidos a principiantes y/o avanzados.

Literatura citada

- Acosta, M. 2015. Análisis con un enfoque sistemático del manejo de recursos de una experiencia de agricultura urbana en la ciudad de Xalapa, Veracruz. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. 40 p.
- Altieri, M., Companioni, N., Cañizares, K., Murphy, C., Rosset, P., Bourque, M. et al. 2000. The greening of the “barrios”: urban agriculture for food security in Cuba. *Agriculture and Human Values* 16(2):131-140.
- Altieri, M. y C. Nicholls. 2007. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Second edition. 252 p.
- Cantor, K. M. 2010. Agricultura urbana: elementos valorativos sobre su sostenibilidad. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 7(65):59-84.
- Cardozo, E. G. 2013. Sistema para la elaboración de huertas urbanas como autoabastecimiento alimenticio en los hogares vulnerables. 82 p.
- Companioni, N., Y. Ojeda y E. Páez. 2001. La agricultura urbana en Cuba. p. 99-112.
- Escalona, M; Cortes, Z. M., Isabel, M., y Armella, N. 2016. Xalapa City Urban and Peri Urban Agriculture Network, a Self-Managed Experience that Creates Community and Citizenship. 4-14 p.
- Erazo, N. 2012. Agricultura Urbana como alternativa de planificación sostenible del medio ambiente urbano de la ciudad de Loja. 255 p.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. 2003. Metodología de la investigación. La Habana: Editorial Félix Varela. p. 2-10.
- Hilje, Q. y Saunders, L. 2008. Manejo integrado de plagas en Mesoamérica. Costa Rica. 34 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2015. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Xalapa, Veracruz.
- Koenraad, C. 2001. Household resource management and urban horticulture in relation to the action plan for women in development. p. 15-18. In: Proceedings on the Sub-Regional Expert Consultation on the Use of Low Cost and Simple Technologies for Crop Scale Farmers in Urban and Peri-Urban Areas of Southern Africa, Stellenbosch, South Africa.
- Lok, R. 1998. Huertos caseros tradicionales de América central: características. Beneficios e importancia desde un enfoque multidisciplinario. CATIE/AGUILA/IDRC/ETC. Costa Rica.

- Matienzo, Y., Elizondo, A. I., Veitía, M., Botta, E., Grana, Y., Carmenate, H. et al. 2008. Percepción de los agricultores sobre las prácticas que contribuyen a la conservación de artrópodos biorreguladores de plagas en la agricultura urbana de Ciudad de La Habana. *Agricultura Orgánica* 14(2):37-39.
- Nicholls, C. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia.
- Nolasco, B., Méndez, J., Enríquez, F., Berdeja, R. 2016. Caracterización agroecológica de los sistemas de traspatio del municipio de Caxhuacan, Puebla. *Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 6(1).
- Ponce, G. 2007. La Habana: de colonia a metrópoli. Universidad Alicante. 423 p.
- Rivera, A. 2006. Hábitos alimentarios en estudiantes de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Rodríguez, N., Companioni, N. 2006. Situación actual, perspectivas y retos de la Agricultura urbana en Cuba. *Revista Agricultura Orgánica* 4.12.2.
- Sarandón, S. 2002. El agroecosistema: un sistema natural modificado. Ediciones Científicas. Americanas, La Plata, Argentina. 13 p.
- Serrano, A. 2014. La agrobiodiversidad como elemento articulador entre el hogar y el huerto urbano. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana.
- Soto, G., Carral, G. T., y Huerta, J. M. 2010. Percepciones sobre la relación ser humano-naturaleza y sobre los modelos agrícolas Extensión Agrícola de la Universidad de Puerto Rico.
- Toledo, V. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable* 3(2):27-36.

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE GLUTEN EN LÍNEAS F6 DE TRIGO HARINERO DE GLUTEN FUERTE

Juan Rolando Hurtado Guerra¹⁴⁷, Ernesto Solís Moya¹⁴⁷, Oscar Arath Grageda Cabrera¹⁴⁷, Aquilino Ramírez Ramírez¹⁴⁷, Lourdes Ramírez Ledesma¹⁴⁸ y Sarahyt Santamaria Gonzalez Figueroa¹⁴⁸

Resumen

El trigo es uno de los principales granos para la alimentación, el cual, junto con el maíz y el arroz, se producen en diversos países. Después del maíz el trigo es el segundo cultivo más importante para la dieta alimentaria del pueblo mexicano. Con él se elaboran varios productos de consumo masivo como pan, tortilla, pastas, galletas, atole, papillas, obleas y pasteles. El consumo humano de trigo, no puede realizarse directamente, pues requiere un proceso previo de transformación que comienza con la molienda, mediante la que se obtiene la harina, que ubica a la industria harinera como el eslabón estratégico de la cadena producción-consumo y la coloca como la principal fuente de demanda de grano. El objetivo general del presente trabajo fue analizar la cantidad y calidad de gluten en líneas F6 de trigo Harinero de gluten fuerte, el trabajo se realizó en el laboratorio de calidad industrial de trigo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz Y Trigo (CIMMYT) ubicado en el Km. 45 Carretera México-Veracruz, El Batán Texcoco Estado de México. Se usaron 3 materiales del INIFAP (CEBAJ) líneas F6 las cuales tienen en común el progenitor femenino y diferente progenitor masculino, todos son harineros de gluten fuerte con genoma AABBDD. En la cruce Ene/zita//Bimbo 6 Canada la línea 83 fue la mejor, En la cruce Cisne/Bimbo 6 Canada la línea 217 fue la más sobresaliente, En la cruce Eneida F94/Bimbo 6 Canada la línea 506 fue la línea más sobresaliente. La mejor línea de las tres poblaciones fue la 506 de la cruce Eneida F94/Bimbo 6 Canada ya que presenta valores más próximos a los óptimos recomendados para la elaboración de pan y para tener una buena calidad y cantidad de gluten. Esta línea que tiene los valores óptimos de calidad puede ser parte de los progenitores de trigo del programa de mejoramiento de trigo para incorporar estas características.

¹⁴⁷Campo Experimental Bajío-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. A. P. 112 C. P. 38000 Celaya Gto., México. Tel: 01 800 088 2222, Ext. 85210.

¹⁴⁸Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya - Juventino Rosas Km.8, C.P. 38110 Celaya, Gto., México.

Tel: 01 461 611 5903

*rol_y_8@hotmail.com

Palabras clave: cruza, progenitor, línea, calidad

Introducción

El trigo es uno de los pocos cultivos que se ha dispersado por todo el mundo. Pertenece al género *Triticum*, el cual se originó en las tierras fértiles de la Mesopotamia, un área localizada en lo que ahora es el oriente medio (Gómez, 2014).

Las principales áreas productoras de trigo bajo condiciones de riego en México son Sonora (43.1%), Baja California (14.1%), El Bajío (28%) y Tlaxcala (4.9%) (SIAP, 2016).

El trigo es uno de los principales granos para la alimentación, el cual, junto con el maíz y el arroz, se producen en diversos países. Después del maíz el trigo es el segundo cultivo más importante para la dieta alimentaria del pueblo mexicano. Con él se elaboran varios productos de consumo masivo como pan, tortilla, pastas, galletas, atole, papillas, obleas y pasteles. El consumo humano de trigo, no puede realizarse directamente, pues requiere un proceso previo de transformación que comienza con la molienda, mediante la que se obtiene la harina, que ubica a la industria harinera como el eslabón estratégico de la cadena producción-consumo y la coloca como la principal fuente de demanda de grano (Gómez, 2014).

Sólo hace 200 años se empezó a moler el trigo hasta convertirlo en una harina blanca con un alto contenido de gluten. Gracias a la hibridación la proporción de gluten ha aumentado espectacularmente. La composición habitual de la harina de trigo es en un 70% almidón, un 10% proteínas; un 2% de polisacáridos, y 2% de lípidos. El gluten representa el 80% de las proteínas del trigo, que están formadas por un grupo complejo de proteínas insolubles en agua, en el que dominan la gliadina y glutenina, siendo el responsable de la elasticidad de la masa, lo que permite su fermentación, así como la consistencia elástica y esponjosa de panes y masas horneadas. La palabra gluten deriva de la palabra griega que significa pegamento, y son sus propiedades elásticas y adhesivas las que hacen que una rodaja de pan o un trozo de pastel no se desmenucen.

El porcentaje de gluten define a veces los tipos de harina: por ejemplo, las harinas de fuerza son aquellas que poseen un alto contenido de gluten (puede superar el 11% de peso total). El panadero puede aumentar la fuerza y calidad de las harinas agregando una cantidad variable de gluten, de entre 1 y 4 kg por cada 100 kg de harina. Cuando se añade a la harina aumenta el contenido proteico de la misma para que ciertos panes especiales con alto contenido en fibra o de centeno, puedan panificarse obteniendo de ellos un volumen aceptable. Por cada 1% de gluten añadido, la mezcla aumentará un 0,6% su contenido en proteína. De esta

forma, si tenemos una harina con 13% de proteínas y se añade 1% de gluten, la mezcla se transforma en 13,6% de contenido proteico.

Los contenidos de proteína habituales son los siguientes, teniendo en cuenta que el gluten es el 80% de la proteína presente en la harina de trigo: La harina para bollería tiene normalmente 9,7% de proteína, la de pastelería o galletas en torno al 9,10%; la harina de uso genérico un 10-12%, la del pan entre 12,5 a 13,5%; la harina de alto contenido en gluten un 14-15%; la llamada “harina de gluten” (realmente gluten refinado) el 45%.

En México, los trigos se han clasificado comercialmente en grupos según las características del gluten y por el destino de su uso final:

Grupo 1. Trigos fuertes: generalmente más altos en peso específico, excelente volumen de pan y buen rendimiento en harina: el gluten es fuerte y elástico, apto para la industria mecanizada de panificación y mejorador de trigos suaves y débiles.

Grupo 2. Trigos de gluten medio fuerte y elástico: apto para la industria del pan hecho a mano y mejorador de trigos suaves y débiles.

Grupo 3. Trigo de gluten suave y extensible: apto para la industria galletera, tortillas, entre otros, se utiliza para mejorar las propiedades de trigo tenaces.

Grupo 4. Trigos tenaces: tienen gluten corto y poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera, donas y galletas.

Grupo 5. Trigos cristalinos de gluten corto y tenaz, aptos para industria de pastas y sopas **(Norma Oficial Mexicana, NMX-FF1996-SCFI).**

El objetivo general del presente trabajo fue: Analizar la cantidad y calidad de gluten en líneas F6 de trigo harinero de gluten fuerte.

Los objetivos específicos del presente trabajo fueron: Caracterizar por el número de genes, el gluten presente en las líneas F6 de trigo harinero de gluten fuerte y analizar la cantidad de proteína en las líneas F6 de trigo harinero de gluten fuerte y sus progenitores.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de calidad industrial de trigo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz Y Trigo (CIMMYT), ubicado en el Km. 45 Carretera México-Veracruz, El Batán, Texcoco, Estado de México, durante el periodo del 9 del de Marzo al 15 de Mayo del 2015. Se usaron tres poblaciones derivadas de tres cruces del INIFAP-CEBAJ que se avanzaron hasta F6, las poblaciones tienen en común el progenitor masculino y diferente progenitor masculino, todos son harineros de gluten fuerte con genoma AABBDD.

1: ENE/ZITA//BIMBO 6 CANADA

2: CISNE/BIMBO 6 CANADA

3: ENEIDA F94/BIMBO 6 CANADA

De la primera crusa se usaron 96 Líneas, de la segunda crusa 107 líneas y de la tercera 98 líneas, en total se usaron 301 líneas.

En el laboratorio se determinaron las siguientes variables de calidad: Rendimiento Harinero (RH), para el cual se usó un molino QUADRUMAT SENIOR; Proteína de la Harina (PROTH), la cual se analizó con el PERTEN; Sedimentación (SEDML), la cual se determinó por el método SDS; Índice de Gluten (IG) y Dureza (PDUREZA). También se evaluaron dos variables asociadas al rendimiento: Peso Hectolitrico (PHL) y Peso de Mil Granos (P1000G). En cada población se formaron siete grupos a partir del porcentaje de Gluten Húmedo (GH).

Grupo 1: de 28 a 32%

Grupo 2: de 32.1 a 35%

Grupo3: de 35.1 a 38%

Grupo 4: de 38.1 a 41%

Grupo 5: de 41.1 a 44%

Grupo 6: de 44.1 a 47%

Grupo 7: de 47.1 a 50%

El análisis de la información se realizo mediante una prueba de Kruskal-Wallis, el estadístico esta dado por:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_1^2}{n_1} + \frac{R_2^2}{n_2} + \dots + \frac{R_k^2}{n_k} \right) - 3(N+1)$$

donde:

N = número de observaciones en todas las muestras combinadas

K = número de muestras

R1 = suma de los rangos de la muestra 1

n1 = número de observaciones de la muestra 1

Para este análisis se empleó la corrección de Bonferroni considerando las crusa como independientes.

$$\alpha_{PC} = \frac{\alpha_{PE}}{C}$$

Resultados y discusión

Se realizó una prueba de Kruskal-Wallis donde las crusa se emplearon como factores, a cada crusa corresponden siete tratamientos, los cuales representan los agrupamientos de acuerdo al porcentaje de gluten húmedo (GH) donde: 1 = 28 a 32%, 2 = 32.1 a 35%, 3 = 35.1 a 38%,

4 = 38.1 a 41%, 5 = 41.1 a 44%, 6 = 44.1 a 47% y 7 = 47.1 a 50 %. Cada una de las cruzas (factores) se evaluó con las cinco variables de calidad y dos asociadas al rendimiento (PHL, P1000G, PDUREZA, RH, PROTH, SEDML e IG).

En el Cuadro 1 se detectaron diferencias altamente significativas con corrección aproximada de Bonferroni para las tres cruzas en las variables proteína de harina (PROTH) e índice de gluten (IG). Es decir, la PROTH e IG se ven influenciados por el porcentaje de gluten húmedo (GH). En dicho cuadro se observa que los grupos (5, 6 y 7) con los mayores porcentajes (más del 40%) de GH tuvieron también los promedios superiores de proteína de harina; este fenómeno se repitió para las tres cruzas. Los grupos 5, 6 y 7 se consideran de buena calidad, ya que superan el 40% de GH y de acuerdo a Vázquez (2009), si el porcentaje de gluten húmedo está por encima de 30%, se considera que es un valor de buena calidad. La PROTH también fue la más alta en estos mismos grupos, con valores superiores al 12%; Biolatto (2014) indicó que los trigos con menos del 11% de contenido de proteína no son aconsejados para producir pan a menos que se mezclen con otros para lograr el contenido de proteína necesario; por lo cual asumimos que, las líneas de los grupos 5, 6 y 7 tienen buena calidad panificadora. A su vez, estos mismos grupos presentaron los valores más bajos de IG, sin embargo, a pesar de que los valores son inferiores a los de los grupos 1, 2, 3 y 4, estos son considerados con calidad panificadora óptima de acuerdo a 'Curi'c et al. (2001), quienes indican que valores de IG inferiores a 90 pero superiores a 50 proporcionan calidad panificadora óptima.

No se detectaron diferencias significativas con la cruzada ENE/ZITA/BIMBO 6 CANADA y la cruzada ENEIDA F94/BIMBO 6 CANADA, en las variables PHL y P1000G, las cuales están asociadas al rendimiento; sin embargo, en la cruzada CISNE/BIMBO 6 CANADA se detectaron diferencias altamente significativas y significativas para las variables PHL y P1000G respectivamente. Es decir, para la cruzada CISNE/BIMBO 6 CANADA se puede deducir que nuevamente los grupos 5, 6 y 7 son considerados los mejores, ya que además de ser los grupos de mayor calidad, también obtuvieron valores altos de PHL y P1000G, asumimos con esto que las líneas de dichos grupos son rendidoras ya que el P1000G es un importante componente de rendimiento.

La variable rendimiento harinero (RH) fue significativa solo en la cruzada CISNE/BIMBO 6 CANADA. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por (de la Horra et al., 2012), los cuales oscilaron entre 65.5-73.1%, esto indica que el % de rendimiento harinero está dentro de los valores aceptables.

Cuadro 1.

Cruza	Variable	Estadístico H	p	p ajustada [§]	Medias de los Grupos						
					1	2	3	4	5	6	7
ENE/ZITA/BIMBO 6 CANADA	PHL	6.1474	0.4069	1	78.8	79.6	79.2	79.0	79.4	80.7	79.5
	P1000G	3.4647	0.7487	1	37.1	39.5	38.6	37.6	38.7	37.9	41.5
	PDUREZA	8.3253	0.2152	0.6456	46.0	47.5	47.9	46.9	47.9	47.3	44.3
	RH	6.0575	0.4168	1	67.3	67.0	67.6	67.1	66.2	67.2	65.7
	PROTH	73.6657	0.0001	0.0003**	10.7	10.9	11.5	12.2	12.9	13.1	13.8
	SEDML	5.6418	0.4645	1	11.0	9.7	10.2	10.2	10.8	10.0	10.8
	IG	46.1183	0.0001	0.0003**	99.0	91.4	89.5	82.4	80.2	66.9	65.3
CISNE/BIMBO 6 CANADA	PHL	24.0829	0.0002	0.0006**	78.5	78.1	79	79.8	80.1	80.4	
	P1000G	14.2121	0.0143	0.0429*	37	35	34.9	36.7	38.2	41.2	
	PDUREZA	12.4118	0.0296	0.0888	45.7	46	46.8	47.7	48.8	47.9	
	RH	14.638	0.012	0.036*	66.1	65.5	66.8	67.2	67.3	67.4	
	PROTH	77.8252	0.0001	0.0003**	11.1	11.5	12.2	12.8	13.1	13	
	SEDML	5.0439	0.4105	1	10.8	10.3	10.3	10.5	9.88	9.5	
	IG	64.8862	0.0001	0.0003**	94.8	90.8	85.3	78.7	65.8	63	
ENEIDA F94/BIMBO 6 CANADA	PHL	12.9336	0.024	0.072	79.1	79.1	79.6	79.7	81.2	79.3	
	P1000G	3.9098	0.5625	1	35.6	35.6	36.7	36.7	36.4	36.4	
	PDUREZA	14.5914	0.0123	0.0369*	45.4	45.9	47.5	47.3	47.3	49.6	
	RH	5.3484	0.3749	1	65.9	66.4	66.9	66.9	68	65.7	
	PROTH	74.1217	0.0001	0.0003**	11.3	11.6	12.4	13	13.6	14.3	
	SEDML	1.3688	0.9277	1	10.5	10.5	10.7	10.9	10.8	10.6	
	IG	54.5308	0.0001	0.0003**	96.5	94.1	91.3	86.1	80.1	74.1	

** = Diferencias Altamente Significativas; * = Diferencias Significativas; PHL = peso hectolítrico; P1000G = peso de mil granos; PDUREZA = dureza; RH = rendimiento harinero; PROTH = proteína de harina; SEDML = sedimentación; IG = índice de gluten; p = Probabilidad de X²; § = Corrección aproximada de Bonferroni.

Conclusiones

El contenido de gluten húmedo presentó asociación positiva con contenido de proteína en la harina y negativa con índice de gluten. Solo en una de las tres cruzas (Cisne/Bimbo6 Canadá) se detectaron diferencias estadísticas en los caracteres P1000G y PHL, y se asociaron positivamente con gluten húmedo, lo que indica que estos caracteres pueden usarse como medidas indirectas de la cantidad de gluten.

Agradecimientos

Se agradece al Grupo Bimbo por el financiamiento parcial al proyecto: Mejoramiento genético para la obtención de variedades de trigo de gluten fuerte y débil con alta calidad industrial para la región del bajo México, de donde se derivaron los resultados de esta investigación.

Literatura citada

Biolatto, M.J., y Iturrioz, G. 2014. Calidad Comercial e Industrial del Trigo en la Pampa: Un Abordaje Actual Desde Los Molinos Harineros Instalados en la Provincia. Tesis de licenciatura. UNLPam, La Pampa, Argentina.

Čurčić, D., Karlović, D., Tušak, D., Petrović, B., Đugum, J., 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. Food Technol. Biotechnol. 39:353-361.

De la Horra, A.E., Seghezzo, M.L., Molfese, E., Ribotta, P.D., y León, A.E. 2012. Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. Agriscientia 29(2):81-89.

Gómez, S.M.C. y Solís. M.E. 2014. Efecto del número de riegos en la calidad industrial del trigo (Tesis de Licenciatura). Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Gto., México.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2016. Avances de siembras y cosechas, Resumen nacional por estado, Trigo grano. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. [consultado el 18 de septiembre del 2016].

Vázquez, D. 2009. Aptitud Industrial de Trigo. Serie Técnica No 177. ©2009, INIA. ISBN: 978-9974-38-269-5. Uruguay. p. 46.

EFFECTO DE LA LABRANZA VERTICAL PROFUNDA SOBRE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO Y RENDIMIENTO DE MAÍZ H-520

Andrés Vásquez Hernández¹⁴⁹, Marco A. Reynolds Chávez^{149*} y Sergio Jácome Maldonado¹⁴⁹

Resumen

En los actuales sistemas conservacionistas, la labranza vertical se refiere a un sistema donde la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y reducen la compactación. La eficiencia de este sistema es que usa brazos o flejes con punta en lugar de discos. Estos implementos de puntas estrechas demandan una menor cantidad de energía que los convencionales, estos principios aplicados en la profundidad crítica se utilizan para determinar la profundidad adecuada de roturación en base al ancho, espaciamiento de la punta y ángulo de ataque del implemento y tienen la ventaja que reducen la erosión del suelo y reducen costos de preparación. En el Campo Experimental Cotaxtla, en un suelo tipo fluvisol de la parte central de Veracruz, México se evaluó el efecto de cuatro diferentes tipos de labranza, sobre la compactación del suelo que es una de las propiedades más restrictivas en los suelos agrícolas, así como también el efecto que estos niveles de labranza tienen sobre el desarrollo y rendimiento de maíz. En un año de evaluación de los cuatro tratamientos de labranza, no se detectó efecto significativo en el índice de compactación del suelo, aunque se observó una ligera disminución donde se aplicó el tratamiento con labranza vertical profunda. El experimento de campo no mostró diferencia estadística de los tratamientos de labranza sobre la variable biomasa o materia seca al inicio de la floración y el índice SPAD (contenido de clorofila) no registró diferencia estadística entre los tratamientos evaluados. Se sugiere evaluar un segundo ciclo para ver si se mantiene este comportamiento.

Palabras clave: perfil del suelo, biomasa, SPAD

¹⁴⁹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla.

* reynolds.marco@inifap.gob.mx

Introducción

En nuestros días, debido a la utilización excesiva e inadecuada de los implementos de labranza, se ocasiona la degradación de los suelos y en consecuencia la caída de la productividad de los cultivos. De manera cultural la preparación de los suelos es realizada por un operador o tractorista, dicha actividad se realiza sin diagnóstico y sin algún soporte técnico. Esta ausencia tecnológica y de conocimiento hace aún más vulnerable la sustentabilidad y sostenibilidad de la producción agropecuaria. En la búsqueda de soluciones a este problema se ha llegado al estudio y la adopción de prácticas de labranza de conservación, incluyendo la labranza vertical de suelo (LV), con el fin de disminuir el impacto ambiental y especialmente en el suelo (arrastre mecánico de partículas, erosión e infiltración del agua). Por lo antes mencionado es importante conocer diferentes parámetros operativos de implementos de labranza y su efecto en el suelo (Camacho y Rodríguez, 2007). En los actuales sistemas conservacionistas, la LV se refiere a un sistema donde la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo, pero si reducen su compactación (FAO, 2003). La eficiencia y ventaja de este sistema es que, en lugar de discos, usa brazos o flejes con puntas estrechas que demandan una menor cantidad de energía que los convencionales (Hoogmoed, 1999; Camacho, 2007), estos principios aplicados en la profundidad crítica se utilizan para determinar la profundidad adecuada de roturación considerando el ancho, espaciamiento de la punta y el ángulo de ataque del implemento. Por otra parte, debido a que la LV no invierte el suelo, existe menos pérdida de humedad y materia orgánica, lo que es de suma importancia para la siembra de los cultivos (Barber, et al., 1993). Cada año se da más énfasis al uso de las labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de temporal (FAO, 2003). Es conveniente señalar que la labranza vertical (LV) es una alternativa de labranza de conservación que promueve el ahorro en la demanda de energía y mejora las propiedades físicas del suelo en comparación con la labranza tradicional. La LV es un sistema con aplicación en un amplio rango de tipos de suelo, incluso los que tienen problemas de drenaje y que son susceptibles a la compactación (Agamennoni, 1996; Velázquez, 2011). La LV se realiza con cinceles y corresponden a la operación de estallamiento o rotura de suelo y fragmentación hasta 0.40 m, sin invertir los horizontes, debido a esto, hay menos descomposición de la materia orgánica y mayor conservación de la humedad del suelo. De acuerdo con Raper y Berthold (2007), se puede hacer mucho para disminuir el costo económico y ambiental con labranza vertical, vía reducción del uso de la energía, seleccionando la adecuada geometría de los implementos, la apropiada profundidad de trabajo y humedad en el perfil del suelo. Diferentes estudios realizados muestran que, con el manejo apropiado de una labor agrícola, puede conseguirse una disminución de combustible de hasta un 30% (IDAE, 2006). La compactación que se

produce en los suelos agrícolas es el resultado inevitable del aumento de su densidad por disminución del espacio poroso. Se origina principalmente en los procesos de humedecimiento-deseccación y en el tráfico vehicular. Como resultado, se afecta la penetración de las raíces, el intercambio gaseoso, la infiltración y conservación del agua. Todos estos aspectos restringen el desarrollo de las raíces, la actividad microbiana, la absorción de nutrientes y los procesos de mineralización. La resistencia a la compactación de un suelo depende, entre otros aspectos, de su textura (determina el ángulo de roce entre las partículas del suelo), del contenido de humedad y de la materia orgánica. El índice de compactación de los suelos se mide en Megapascales (MPa), que es la medida de la resistencia a la penetración, al respecto De León et al. (1998) mencionan que 3 MPa de resistencia a la penetración constituye un impedimento mecánico para el crecimiento de las raíces, por lo que valores superiores pueden ser restrictivos para los cultivos. Elissondo et al. (2001) mencionan que la resistencia mecánica (RM) o resistencia a la penetración que ofrece el suelo en la zona de las raíces es utilizada como una medida de compactación, señalando condiciones que pueden impedir el crecimiento de las raíces y, por lo tanto, reducir el rendimiento de los cultivos. Dada la importancia de la labranza vertical profunda en la conservación de los suelos agrícolas y la reducción de costos que puede representar para el productor, se realizó la presente evaluación, para medir el efecto de cuatro diferentes tipos de labranza, incluidos dos prototipos de arado de cinceles para labranza vertical profunda, sobre la compactación del suelo, el desarrollo vegetativo y rendimiento del maíz.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al INIFAP, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, en la zona centro del estado de Veracruz, localizado geográficamente a los 18°56' LN y 96°11' LO. El estudio se inició en 2015 con la caracterización del suelo y se terminó en 2017. Se utilizó un Fluvisol (SARH, 1982), originado por influencia del río Cotaxtla; en el cual se realizó un pozo edafológico para verificar las condiciones del suelo y sus propiedades químicas y físicas más importantes; la separación de horizontes se realizó tomando en cuenta sus características aparentes de color, dureza y compactación. El análisis químico del suelo se realizó de acuerdo a la NOM 021 RECNAT 2000 (SEMARNAT, 2000) en el Laboratorio de Fertilidad de suelos del Campo Experimental Cotaxtla. Las variables del suelo consideradas en el estudio fueron: resistencia a la penetración antes de la aplicación de los tratamientos de labranza y un año después de haber realizado esta práctica, al término del ciclo del cultivo de maíz; biomasa de hoja

indicadora al inicio de la floración, lecturas SPAD como índice del contenido de clorofila en las mismas muestras de biomasa y rendimiento de grano de maíz.

Los tratamientos de labranza evaluados fueron: T1, prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.30 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho; T2, prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.20 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho; T3, arado de discos con sistema reversible y T4, uso de cinco cinceles a una sola profundidad y sin uso de alas expansoras (Testigo para la aplicación de labranza vertical).

Para la evaluación se utilizaron parcelas grandes de 24 surcos con 100 m de largo por cada tratamiento, y dentro de cada parcela se hicieron los muestreos de evaluación con 4 repeticiones. Durante el ciclo agrícola P-V 2016, se estableció el material comercial de maíz H-520. El manejo del cultivo se realizó de acuerdo con las recomendaciones técnicas sugeridas para ambos ciclos de cultivo por el programa de maíz del Campo Experimental Cotaxtla, con el propósito evaluar los efectos del prototipo en el cultivo. Dentro de las etapas del desarrollo del cultivo se midieron variables de respuesta del cultivo como parámetros comparativos para obtener las expresiones diferenciales por efectos de los tratamientos. Para medir la compactación del suelo se utilizó el Fieldscout SC 900 de Spectrum technologies; las lecturas fueron tomadas directamente por el instrumento en unidades de PSI y transformadas a MPa. Se tomaron medidas desde la superficie del suelo hasta una profundidad de 0.30 m. con cuatro repeticiones por tratamiento, obteniendo información por cada pulgada de profundidad. Esta medida se tomó al inicio del trabajo, antes de la aplicación de los tratamientos de labranza y un año después al término del ciclo del cultivo de maíz.

La textura se midió por el método de Bouyoucos (Método AS-09, de la NOM 021 RECNAT 2000; SEMARNAT, 2000). La Biomasa o materia seca se evaluó a partir de la materia seca de hoja indicadora de las plantas de maíz (hoja inferior opuesta al jilote) en etapa de inicio de floración, para esto, se muestrearon los cuatro surcos centrales de cada franja de tratamiento, hasta obtener 20 hojas por cada repetición; las muestras se lavaron y secaron en bolsas de papel a 72°C hasta obtener peso constante. El contenido de clorofila se determinó al inicio de la floración, con el clorofilómetro Minolta SPAD® 502, en las muestras frescas obtenidas para la determinación de materia seca, tomando en consideración que existe una estrecha asociación entre las Unidades SPAD, el contenido de clorofila en las hojas de maíz y el contenido de nitrógeno en las mismas.

Resultados y discusión

La caracterización del suelo indica que el sitio de estudio tiene textura franca, pH medianamente ácido (5.66), contenido mediano de materia orgánica (2.21%), pobre en nitrógeno disponible y rico en fósforo y potasio; en general presenta un buen potencial de fertilidad por su contenido de nutrientes esenciales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales características químicas del perfil de suelo en el sitio de estudio.

Características	Profundidad del horizonte (cm)					
	0-10	10-31	31-49	49-60	60-78	78-90
pH (1:2) susp. S-a	5.66 MA	5.85 MA	5.78 MA	5.74 MA	5.85 MA	5.86 MA
Materia orgánica (%)	2.21 M	1.79 P	0.76 P	0.21 P	0.14 P	0.07 P
N inorgánico Disponible (mg/kg)	2 P	1 P	1 P	1 P	1 P	3 P
P extraíble Bray P-1 (ppm)	67.1 R	53.5 R	26.2 M	20.7 P	15.8 P	14.6 P
K intercambiable (ppm)	678 R	393 R	328 R	361 R	245 R	232 M
Ca intercambiable (ppm)	2203 R	2270 R	2331 R	2230 R	2412 R	2490 R
Mg intercambiable (ppm)	359 R	368 R	382 R	392 R	442 R	425 R
Fe extraíble (ppm)	29.1 A	28.2 A	18.4 A	8.28 A	6.0 A	5.83 A
Cu extraíble (ppm)	0.78 A	1.08 A	1.10 A	0.75 A	0.73 A	0.69 A
Zn extraíble (ppm)	2.36 A	2.20 A	1.20 A	0.02 D	Trazas	Trazas
Mn extraíble (ppm)	10.58 A	6.52 A	7.6 A	4.63 A	3.56 A	0.79 D

Textura: Suelo franco (arena: 49.20%, arcilla: 13.80%, limo: 37.00%); MA: Med. Acido; P: Pobre, M: Mediano, R: Rico

Este suelo tiene más de 60 años de sembrarse con maíz, por lo que se ha compactado, pero además presenta baja estabilidad de agregados, de manera que en seco es muy duro y en húmedo pierde consistencia, lo que dificulta el laboreo de los cultivos. Para el caso del pozo descrito, el pH es moderadamente ácido para todos los horizontes con variación de 5.74 a 5.86, lo cual puede ser restrictivo para la mayoría de los cultivos incluyendo maíz, el contenido de materia orgánica es mediano en el horizonte 0 a 10 cm, pero en el resto de los horizontes es pobre, lo que indica la necesidad de aplicar mejoradores orgánicos del suelo para mejorar las propiedades físicas que influyen en el laboreo, así como su actividad microbiológica benéfica. Por otra parte, los niveles agronómicos de bases intercambiables Ca y Mg son adecuadas por lo que se recomienda encalar solo para elevar el pH a 6.5 sin que tenga restricción el contenido de Ca y Mg. El contenido de N disponible ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) es

pobre con 1 a 2 mg kg⁻¹, a excepción de Zn que es deficiente, el resto de los nutrientes se encuentran en cantidades adecuadas no restrictivas para maíz.

En la Figura 1 se muestran los resultados de compactación en el suelo antes de los tratamientos de labranza y un año después. Hay diferencia notable entre los valores de las dos fechas de siembra, lo cual se debe a que las determinaciones de campo se realizaron con diferente contenido de humedad, la primera evaluación se realizó en seco, antes de aplicar los tratamientos de labranza, la segunda evaluación se realizó un año después con humedad friable. Para el primer muestreo antes de aplicar los tratamientos, se encontraron valores de compactación con variación de 0.73 a 4.54 Megapascuales (Figura 1), en el gráfico se observa que a partir de las 3 pulgadas de profundidad se tiene un valor de 3.41 MPa, el cual rebasa el límite crítico para suelos agrícolas de 3 MPa después del cual se consideran restrictivos para el desarrollo radical.

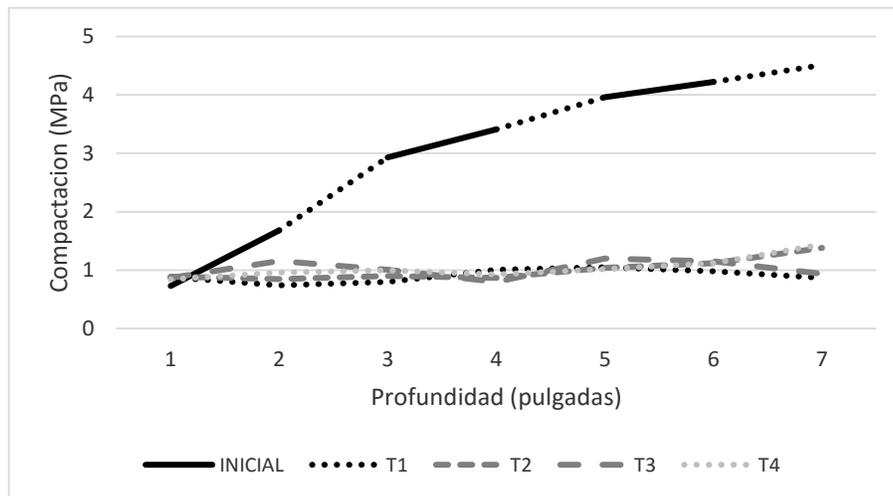


Figura 1. Compactación del suelo (MPa) a diferente profundidad del suelo (en pulgadas), al inicio y un año después de haber aplicado cuatro diferentes sistemas de labranza. Nota: prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.30 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho (T1); prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.20 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho (T2); arado de discos con sistema reversible (T3) y uso de cinco cinceles a una sola profundidad y sin uso de alas expansoras (T4).

En cuanto al efecto de los tratamientos evaluados un año después de que se aplicaron los diferentes sistemas de labranza, en la Figura 1 se observa que T1 y T2 (0.90 y 1.01 MPa respectivamente) mostraron los valores más bajos, de manera general, con valores ligeramente más altos para los tratamientos T3 y T4 (1.02 y 1.04 MPa, respectivamente), aunque las diferencias son muy pequeñas. Como se observa en el Cuadro 2 la variable materia seca o biomasa de hoja indicadora, mostró diferencias entre tratamientos,

habiéndose obtenido el mayor rendimiento en T1 que corresponde al prototipo de labranza vertical profunda, seguido de T3 y T4, con el menor valor para T2.

En cuanto a la lectura SPAD (Cuadro 3) relacionada con el contenido de clorofila de hoja, el valor más alto se obtuvo con T3, seguido de T1, T4 y T2. El análisis de varianza para esta variable no mostró diferencia significativa hasta el primer ciclo de siembra después de haber aplicado los tratamientos, habrá que esperar al segundo ciclo de siembra para observar si se mantiene este comportamiento.

Cuadro 2. Valores medios obtenidos en cada una de las repeticiones para la variable producción de materia seca en hojas de maíz H-520 al inicio de la floración para los 4 tratamientos de labranza, 2016.

	TRATAMIENTOS	Media
T1	Prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.30 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho.	34.33
T2	Prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.20 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho.	29.94
T3	Arado de discos con sistema reversible	32.16
T4	Uso de cinco cinceles a una sola profundidad y sin uso de alas expansoras.	32.10

Cuadro 3. Valores promedio de Lectura SPAD (contenido de clorofila) en hojas de maíz H-520 al inicio de floración, registrados en cuatro sistemas de labranza, 2016.

	TRATAMIENTOS	Media
T1	Prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.30 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho.	53.1
T2	Prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.20 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho.	50.0
T3	Arado de discos con sistema reversible	55.3
T4	Uso de cinco cinceles a una sola profundidad y sin uso de alas expansoras.	51.7

En el Cuadro 4, se puede observar que los mejores tratamientos en cuanto a la variable rendimiento de maíz para grano, fueron el T2 y T3, ambos estadísticamente iguales a T2 y T4 en 6.43 y 14.30% respectivamente.

Cuadro 4. Parámetros de planta en la producción de maíz OI-2015/2016 bajo la influencia de cuatro sistemas de labranza primaria.

Tratamientos	LM (Cm)	DM (Cm)	NHM (Cm)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)
T2	16.08	44.78	12.89	5146 A
T3	15.06	44.72	13.5	5098 A
T1	15.14	44.5	12.89	4815 B
T4	15.25	45.11	12.79	4401 C

Nota: prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.30 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho (T1); prototipo de arado de cinceles con arreglo de tres cinceles someros a 0.20 m de profundidad + dos cinceles profundos a 0.30 m con el uso de alas expansoras de 0.55 m de ancho (T2); arado de discos con sistema reversible (T3) y uso de cinco cinceles a una sola profundidad y sin uso de alas expansoras (T4). LM: longitud de la mazorca, DM: diámetro de la mazorca, NHM: número de hileras por mazorca y Rendimiento-al 14% de humedad.

Conclusiones

Después de un año de evaluación, no se detectó efecto significativo en el índice de compactación del suelo, aunque se observó una ligera disminución donde se aplicó el tratamiento con Labranza vertical profunda. El experimento de campo no mostró diferencias estadísticas de los tratamientos de labranza sobre la variable biomasa o materia seca al inicio de la floración. El contenido de clorofila no mostró diferencia estadística entre los tratamientos evaluados. Se recomienda esperar al segundo ciclo para ver si se mantiene este comportamiento.

Literatura citada

Agamennoni, R. 1996. Rotaciones y labranzas en la región semiárida bonaerense sur. In: Buschiazzo, D., J. Panigatti y F. Babinec (ed.) Labranzas en la Región Semiárida Argentina. INTA CERLAP-San Luis.

Barber, R.G., F. Navarro y M. Orellana. 1993. Labranza Vertical. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Misión Británica en Agricultura Tropical y Proyecto de Desarrollo Tierras Bajas del Este del Banco Mundial. Santa Cruz, Bolivia.

Camacho, J. H. y G. A. Rodríguez. 2007. Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. Agricultura Técnica 67(1):60-67.

De León, F. I., F. Payán y R. Sánchez. 1998. Localización de capas compactadas en el perfil del suelo mediante penetrometría. *Terra* 16(4):303-307.

Elissondo, E., J. L. Costa., E. Suero., K. P. Fabrizzi y F. García. 2001. Evaluación de algunas propiedades físicas de suelos luego de la introducción de labranza verticales en un suelo bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 19(1):11-19.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. "Manual de prácticas integradas de manejo de conservación de suelos". Roma, Italia. 220 p.

Hoogmoed.W.B. 1999. Tillage for soil and water conservation in the semiarid tropic. Wageningen Agricultural University. The Netherlands official publications. 184 p.

IDEA (Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía). 2006. Ahorro, eficiencia energética y sistemas de laboreo agrícola. 2a ed. Corregida. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, España. 138 p.

Raper, R. L. and J. S. Bergtold. 2007. in row subsoiling: A review and suggestions for reducing cost of this conservation tillage operation. *Appl. Eng. Agric.* 23:463-471.

SARH (Secretaría de Agricultura y recursos hidráulicos). 1982. Inventario de áreas erosionadas, rangos de pendiente y unidades de suelo del estado de Veracruz. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 247 p.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial*. Martes 31 de diciembre de 2002. Segunda sección. México. 85 p.

Velázquez, U. 2011. Rediseño de un prototipo para labranza de precisión. Tesis de licenciatura. Departamento de maquinaria agrícola. UAAAN. Buena Vista, Saltillo; Coah., México. 57 p.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AGUACATE HASS EN LA REGIÓN DE CHICHQUILA, PUEBLA

Raúl Ríos Sánchez^{150*} y Juan Quintanar Olguin¹⁵⁰

Resumen

Dentro del componente de extensionismo rural de la SAGARPA que se desarrolló en Puebla, se trabajó con el GEIT de aguacate y una de las actividades importantes que desarrolló el INIFAP fue la capacitación de técnicos extensionistas. El proceso del desarrollo del paquete inició desde la obtención de información de los productores a través del diagnóstico de línea base, con información que permitió identificar el proceso de producción actual que desarrolla cada integrante del grupo de productores. En el análisis posterior de esta información en reuniones con los técnicos, se determinaron las actividades básicas del proceso productivo y se identificaron las oportunidades de mejora. Se seleccionó el grupo de productores del municipio de Chichiquila, Pue. El resultado fue la obtención de un paquete tecnológico del sistema de producción de aguacate Hass, determinando la relación B/C.

Palabras clave: aguacate Hass, costos, sistema de producción, paquete tecnológico

Introducción

En el estado de Puebla se incrementa la superficie del cultivo de aguacate año con año, en 2016 se registran 3,283 ha (SIAP, 2017). El cultivo ha venido a ser una opción de alto valor por la generación de empleos y derrama económica por varios meses del año, tal es el caso del municipio de Chichiquila con una superficie de 324 ha que significa el 27% de la superficie total del Distrito de Desarrollo Rural de Libres que según el SIAP (2017) registra 1,178 ha.

Para llevar un manejo más preciso de una huerta en producción es importante considerar las actividades que se realizan, precisando fechas y cantidades de insumos utilizados con sus costos. La integración de esta información es llamada paquete tecnológico, donde se

¹⁵⁰Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP.

* rios.raul@inifap.gob.mx.

identifican los componentes tecnológicos utilizados y permiten identificar las áreas de oportunidades de mejora.

En relación al componente de fertilización, para una huerta en producción, en general se sugiere aplicar anualmente la fórmula 200-200-300 para Nitrógeno, Fósforo y Potasio, respectivamente, además de la 25-05-01-1.5 de Calcio, Magnesio, Hierro y Zinc, y otros microelementos que se requieran (SAGARPA, 2015 y Tapia et al., 2015). A nivel de plagas, el barrenador de las ramas, trips, ácaros, picudo, son las principales que afectan la producción del aguacate (ICA, 2009, Garbanzo, 2010, Tapia et al., 2015).

Bisonó y Hernández (2008), recomiendan que la poda de fructificación se debe realizar en todas las ramas, sean interiores o inferiores de madera nueva de brotes y retoños. Las ramas vigorosas se deben podar menos que las débiles para evitar que se rompa la relación carbono/nitrógeno responsable de la fructificación.

Al realizar un análisis de costos, FIRA (2007) considera que en un porcentaje significativo de huertas en Michoacán se pueden reducir costos de producción, ya que se estima que se están aplicando insumos en forma excesiva (abonos, insecticidas, fungicidas y fertilizantes). La relación beneficio costo que determinaron fue de 1.22 y 1.35 para condiciones de temporal y riego respectivamente.

Por la importancia del cultivo, dentro del componente de extensionismo en Puebla, se constituyó el Grupo de Extensión e Innovación Territorial (GEIT) aguacate, con once técnicos extensionistas, con quien se concretó el paquete tecnológico de aguacate bajo las condiciones locales y resaltando los componentes tecnológicos fertilización, control de plagas y enfermedades. El objetivo de este trabajo fue identificar los costos de las tecnologías y actividades inherentes al sistema de producción de aguacate en la región de Chichiquila, Puebla.

Materiales y métodos

Dentro del componente de extensionismo rural de la SAGARPA que se desarrolló en Puebla, se formó el GEIT de aguacate con 11 extensionistas, que atendieron a un promedio de 30 productores cada uno. Una de las actividades importantes que desarrolló el INIFAP fue la capacitación de técnicos. Una de las áreas de capacitación fue en el desarrollo de un método para poder adquirir información y construir el paquete tecnológico del sistema de producción de aguacate de cada grupo de productores.

El proceso del desarrollo del paquete inició desde la obtención de información de los productores a través del diagnóstico de línea base, con información que permite identificar el proceso de producción actual que desarrolla cada integrante del grupo de productores. En el

análisis posterior de esta información en reuniones con los técnicos, se determinaron las actividades básicas del proceso productivo y se identificaron las oportunidades de mejora. Se seleccionó el grupo del municipio de Chichiquila, Pue., para trabajar de manera conjunta con los productores y validar la información.

El municipio de Chichiquila Pue., se ubica en el extremo oriente de la Sierra Madre Oriental, colinda al norte con el municipio de Quimixtlan y al sur, este y oeste con el estado de Veracruz. La altura sobre el nivel del mar oscila entre los 1000 y 2700 m y su clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año (INAFED, 2017).

Resultados y discusión

El resultado es la descripción del sistema de producción de aguacate Hass y su costo, en el municipio de Chichiquila, Puebla, y su región colindante, lo cual se describe en un documento denominado paquete tecnológico según se indica a continuación de manera resumida.

- **Variedad.** Hass.
- **Polinizador.** El más recomendado es la variedad Fuerte.
- **Densidad de población.** Se tienen de 178 árboles (8 x 7 m) a 238 árboles por hectárea (7x6m), dependiendo del manejo y disposición del terreno en referencia al sol.
- **Nutrición.** La fertilización se hace de tres maneras. Aplicación de abono orgánico composteado, entre febrero y marzo antes del inicio de las lluvias en la base del árbol al diámetro de la sombra o en la terraza cubriéndolo con cualquier material muerto como chinamite, la cantidad depende de la edad del árbol teniendo como referencia 10 kg por año de edad. La fertilización química se aplica en bandas abriendo una zanja de 5 cm en el suelo, o bien al voleo sobre la sombra del árbol, cubriéndolo removiendo el suelo. Se realiza tres veces al año (cada cuatro meses). La primera antes del inicio de la floración (septiembre-octubre), la segunda al tamaño de canica de fruto que coincide con la aplicación de abono orgánico (enero-febrero); se coloca primero el fertilizante químico y después el orgánico para que quede cubierto, y la tercera en época de lluvias (junio-julio), que es en pleno desarrollo de la fruta. La dosis que se aplica por árbol en producción es de 2.0 kg del complejo Triple 16 en cada aplicación.
- **Fertilización foliar.** Se realiza en los periodos de pre y floración, con aplicación de 15-30-15+ME, 200 g/bomba de 20 L, agregando 100 mL de calcio boro y 20 mL zinc; iniciando las aplicaciones en septiembre u octubre y repitiendo cada 20 a 30 días.

- **Control de plagas.** Las principales plagas que se encuentran en el cultivo del aguacate en Chichiquila son trips, araña roja y cristalina, barrenadores de hueso y rama, y se controlan con el uso de productos químicos.
- **Control de enfermedades.** Las enfermedades más importantes son antracnosis, anillamiento del pedúnculo y roña o sarna del fruto, los cuales se controlan con aplicaciones de productos químicos.
- **Podas.** Poda de sanidad. Las realizan después de la cosecha (marzo-abril) retirando ramas sombreadas, secas, dañadas, abriendo ventanas al centro de la copa. Poda de control de crecimiento. Esta se realiza tres veces al año durante la época que hay crecimiento para controlar el crecimiento de los árboles y estimular la floración (marzo-abril, junio-julio, septiembre-octubre); para así mantener arboles compactos de menor tamaño.
- **Control de maleza.** Manual. Se realiza tres veces al año, dos durante las lluvias (junio a agosto) y otra durante la primavera (marzo). Química. Antes de la floración (octubre-noviembre), usando paraquat o glifosato.
- **Cosecha.** Inicia en el mes de diciembre hasta marzo, y se debe de considerar el color de la fruta cuando se torne verde opaco, sin brillo. Se realiza de forma manual con tijera para las ramas bajas y para ramas las altas se adapta una bolsa cosechadora a la pértiga. En huertas de 7-10 años, la producción promedio en la zona es de 18 t/ha.

Los costos de las actividades que se desarrollan en el sistema de producción se estimaron en acuerdo con los productores del grupo de Chichiquila y se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Costos de producción del paquete tecnológico de aguacate Hass en Chichiquila, Pue.

Conceptos de costos directos	Unidad	Cantidad por ha	Costo unitario (\$)	Costo por ha (\$)	sub total (\$)
INSUMOS					31,798.50
FERTILIZACION					23,881.00
Triple 16 Complejo	kg	1000	6.80	6,800.00	
Cal agrícola	kg	950	0.84	798.00	
Abono orgánico (Estiércol vaca-borrego)	sacos	187	35.00	6,545.00	
Fertilización foliar floración y cuaje					
Calcio boro (CAB)	l	30	65.00	1,950.00	
Adherente (CARRIER)	l	9.00	90.00	810.00	
15-30-15	kg	30.00	85.00	2,550.00	
5-5-45	kg	30.00	75.00	2,250.00	
Gasolina	l	88	16.00	1,408.00	

Continuación... Cuadro 1...

Aditivo	Dosis	22	35.00	770.00	
HERBICIDA					170.00
Glifosato	l	2	85.00	170.00	
INSECTICIDAS					3,480.00
Permetrina	kg	3.6	350.00	1,260.00	
Abamectina	l	1.5	730.00	1,095.00	
Malathion	l	7.5	150.00	1,125.00	
VARIOS					630.00
Pintura de podas (curabien)	l	2	65.00	130.00	
Pértiga	pza.	1	380.00	380.00	
Serrote de poda	pza.	1	120.00	120.00	
FUNGICIDAS					3,637.50
Sulfato de cobre (COMET)	kg	10.0	60.00	600.00	
Cal hidratada	kg	20.0	3.00	60.00	
Oxicloruro de cobre (OXIMET)	kg	12.0	115.00	1,380.00	
Azufre elemental (TOOLS)	l	2.5	75.00	187.50	
Benomilo (PROMYL)	kg	1.5	380.00	570.00	
Tiofanato metílico (FUNSIN)	kg	1.5	500.00	750.00	
Adherente (CARRIER)	l	1.0	90.00	90.00	
LABORES MANUALES					30,240.00
Aplicación de fertilizante al suelo	Jornal	18	120.00	2,160.00	
Poda de sanidad	Jornal	8	120.00	960.00	
Poda de control de crecimiento	Jornal	12	120.00	1,440.00	
Chapeo	Jornal	36	120.00	4,320.00	
Aplicación de insecticidas fert. foliares	Jornal	90	120.00	10,800.00	
Aplicación de fungicidas preventivos	Jornal	20	120.00	2,400.00	
Aplicación de cal	Jornal	10	120.00	1,200.00	
Aplicación de herbicida	Jornal	3	120.00	360.00	
Aplicación de abono orgánico	Jornal	15	120.00	1,800.00	
Cosecha	Jornal	40	120.00	4,800.00	
SERVICIOS CONTRATADOS					1,500.00
Acarreo de la fruta	Servicio	1	1500	1,500.00	
Costos directos de producción	ha				63,538.50
Costos indirectos de producción	ha				0.00
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN.	ha				\$ 63,538.50

Para estimar los indicadores económicos se consideraron las referencias de la producción por ha y el precio de venta por tonelada, según la experiencia en la comercialización en la zona (Cuadro 2).

Cuadro 2. Referencias e Indicadores Económicos.

REFERENCIAS	
Toneladas por ha	18
Precio medio rural por tonelada	\$12,000.00
INDICADORES ECONOMICOS	
1. Costo total de producción (\$ ha ⁻¹)	63,538.50
2. Beneficio bruto (rendimiento ha ⁻¹ x precio de venta)	216,000.00
3. Beneficio neto (2-1) (\$ ha ⁻¹)	152,461.50
4. Relación beneficio/costo (3/1) (beneficio por peso \$ invertido)	2.40
5. Costo para producir una tonelada (1/ton por ha) (\$/ ha ⁻¹)	3,529.92

Para los costos de producción en Chichiquila no se contemplaron los gastos fijos, como renta de terreno, depreciación de activos, mantenimiento de instalaciones, entre otros. Lo que genera una relación B/C mayor que las referidas para huertas de Michoacán, donde se indican relaciones de B/C de 1.22 y 1.35 para huertas de temporal y riego respectivamente (FIRA, 2007).

El componente tecnológico de fertilización en la región se realiza utilizando la fórmula 170-170-170 de NPK por ha, siendo menor a la que indican Tapia et al. (2015) de 200-200-300 NPK y la de 234-314-203 de NPK por ha de FIRA (2007). Además, es importante resaltar que en Chichiquila se agregan abonos orgánicos para complementar la fertilización.

Conclusiones

Los costos del paquete tecnológico del sistema de producción de aguacate en Chichiquila, Pue., indican que es un cultivo rentable y que aún pudiera ser ajustado en el transcurso del tiempo para incluir o mejorar tecnologías que incrementen rendimientos y minimicen costos.

Literatura citada

- Bisonó, P. S. M. I. y J. R. Hernández B. 2008. Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate. Cluster del Aguacate Dominicano, Consejo Nacional de Competitividad (CNC) y Junta Agroempresarial Dominicana (JAD). 50 p.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en relación con la Agricultura). 2007. AGUACATE. Análisis de Rentabilidad. Análisis del Ciclo 2006-2007 y Costos de Cultivo para el Ciclo 2007-2008. 44 p.
- Garbanzo, S. M. 2010. Manual de Aguacate. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. 89 p.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2009. Manual técnico cultivo de aguacate. Asociación de Productores de Aguacate de El Retiro APROARE SAT. 31 p.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo municipal). 2017. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Puebla. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21050a.html>, [consultado el 6 de junio de 2017].
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Agenda Técnica Agrícola de Michoacán. 237 p.
- SIAP (Servicio de Información Alimentaria y Pesquera). 2017. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ [consultado el 6 de junio de 2017].
- Tapia, V. L. M., V. M. Coria A., I. Vidales F., A. Larios G. y J. A. Vidales F. 2015. Paquete tecnológico para el cultivo de aguacate. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 8 p.

EXPERIENCIAS EN EL MANEJO ECOLÓGICO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL UBICADO EN AGUAXINOLA MUNICIPIO ACULTZINGO, VERACRUZ.

Mauricio Rojas Ascensión^{151*} y Roberto Ruiz Castro¹⁵²

Resumen

El sistema agroforestal es un sistema de uso y aprovechamiento del recurso suelo, donde se combinan especies maderables y no maderables. El presente trabajo tiene como objetivo describir la importancia de un sistema agroforestal, dar a conocer los beneficios que brinda el sistema natural en los contextos económico, ecológico y social, así mismo describir las experiencias acerca del manejo ecológico del sistema agroforestal (fertilización, riego, podas, control de malezas, control de plagas y enfermedades, control de fenómenos meteorológicos tales como heladas, sequías, vientos, inundaciones), la competencia y alelopatía de las especies y propagación de especies vegetales en vivero. Los resultados obtenidos del presente proyecto “sistema agroforestal ecológico” son la diversidad de productos cosechados tales como frutas, verduras, flores, tallos leñosos, forrajes, miel entre otros, actualmente se tienen sembrados 1000 géneros vegetales, con un total de 4000 ejemplares distribuidas en el terreno con repeticiones. Con el sistema agroforestal se están desarrollando hábitats de especies de animales silvestres entre ellas, reptiles, aves y mamíferos, así mismo se han atraído abejas melíferas y otros insectos benéficos, el suelo está recuperando su fertilidad después de haber sufrido durante décadas tratamientos químicos. El arreglo natural del sistema ha generado un ambiente agradable y una belleza escénica.

Palabras clave: productividad, control, sistema natural, sostenible, especie de uso múltiple, asociación

¹⁵¹ *maury815@hotmail.com

Introducción

El uso de sistemas agroforestales puede constituir una alternativa de incremento de la biodiversidad y proximidad del agroecosistema a las condiciones del ecosistema natural, diversificando la producción, aumentando la resiliencia de estos agroecosistemas promoviendo la garantía de una sostenibilidad permanente (Ramos, 2013).

Según Gliessman (2000), cuanto más un agroecosistema se parezca, respecto a su función y estructura, al ecosistema natural de la región biogeográfica en la cual se encuentra, más grande será la probabilidad de que ese agroecosistema sea sostenible.

La Agroforestería ayuda en la conservación y protección de los recursos naturales, en la reducción de fuentes difusas de contaminación, en el control de la erosión, en la creación del hábitat para los animales salvajes, manteniendo o restaurando el suelo y los recursos hídricos (Molua, 2005; Mbow et al., 2014).

Según May y Trovatto (2008), la familia campesina utiliza los sistemas agroforestales para aumentar, de forma sostenible, los ingresos de la familia y aprovechar sus ventajas potenciales respecto a la seguridad alimentaria, salud, calidad de vida, participación de los hijos en las parcelas e integración familiar rural.

De acuerdo a lo anterior se estableció un sistema agroforestal en la congregación de Aguaxinola, mpio. de Acultzingo, Veracruz, en una parcela agrícola con la finalidad de crear un espacio agradable mediante la combinación de especies vegetales de uso múltiple (árboles maderables, frutales, arbustos, ornamentales, medicinales, aromáticas) para generar alimentos, creación de hábitats para la fauna silvestre, disminución de la erosión del suelo, conservación de especies vegetales locales, belleza escénica, entre otros servicios ambientales.

Materiales y métodos

El sistema agroforestal descrito en el presente documento se encuentra localizado a 1200 m.s.n.m., en la congregación de Aguaxinola municipio de Acultzingo Veracruz, tiene una superficie de 17,000.00 m². Su establecimiento tiene inicios en el 2008, los primeros materiales vegetales incorporados a este sistema fueron plantas de Eritrina como tutores a las plantas de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), ixzote (*Yuccas sp.*), y tlixca (*Cupressus sp.*), con el paso del tiempo se fueron intercalando y asociando otras especies vegetales.

Para este trabajo se utilizaron bombas sumergibles para la extracción del agua a una profundidad de 15 m para el riego de las plantas, energía eléctrica, cisternas para depósito de agua, desbrozadora para el control de las malezas en callejones y una mochila para la

fumigación biológica en el control de plagas y enfermedades. , se utilizaron azadones, picos, palas, carretillas, morunas, tijeras para podar, pinzas, rastrillos, mangueras, depósitos de agua, escalera, serrucho, martillo, lima y esmeril.

Los métodos y técnicas utilizados en el proyecto son: métodos de siembra intercaladas y en asociación, los métodos de riego por goteo y con mangueras de jardín con una extensión de 200 metros de longitud para el riego manual planta por planta, los métodos de fertilización son completamente orgánicas a partir de composteo y material muerto generado de las podas y chapeos. Las técnicas de control de malezas con la ayuda de una desbrozadora en callejones y chapeo con morunas alrededor de las plantas de forma individual. Las técnicas de control de plagas y enfermedades son de forma manual y con mochila para fumigar a partir de infusiones, caldos, tés, extractos, otra de las técnicas empleadas es la utilización de plantas naturales como repelentes. Las técnicas de poda se dan de manera manual con serruchos y pinzas.

El arreglo o diseño del sistema agroforestal que se utilizó fue de acuerdo a la propuesta de Glielman (2011), semejando a un ecosistema natural.

Resultados y discusión

La importancia del sistema agroforestal radica en los beneficios que aporta a los contextos: social, económico y ecológico. A continuación, se describen los resultados obtenidos en el sistema agroforestal de acuerdo a los contextos:

Social

Con este trabajo se han beneficiado cuatro familias en pobreza del municipio de Soledad Atzompa, Ver., con la variedad de productos cosechados en el sistema agroforestal estos productos fueron: frutas tales como guayabas, naranjas, mandarinas, limones, plátanos, fresas, higos, nísperos, carissas, frambuesnos, moras, tunas, papayas, uvas, vainas de guaje, membrillos, duraznos, granadas, calabazas y aguacates. Así también se han obtenido diversidad de flores entre ellas rosas, asters, agapanthus, lilis, amarilis, iris, margaritas, alcatraces, azucenas, calistemun, ave de paraíso, anturios, orquídeas, bromelias, oleandrus, budeleyas, alamandas, hibiscus, tulipanes de la india, flores de yucas, flores de eritrina, entre otros. Del mismo modo se han cosechado follajes de palmas, limonaria, ficus, crotus, dólar, eucaliptus, pencas de maguey, entre otros. Plantas medicinales: ruda, romero, lavanda, sábila, hierba maestra, salvias. Plantas olorosas: orégano, tomillo, hierba, buena, araucula, entre otros. Cabe mencionar que se ha cosechado miel producto de las abejas melíferas.

Ecológico

Con el sistema agroforestal se han creado hábitats de animales silvestres entre ellos se puede destacar a los mamíferos: Conejos, ardillas, tlacuaches y murciélagos. Reptiles variedad de lagartijas y serpientes. Aves: golondrinas, pecho amarillo, primavera, aguillillas, pájaro carpintero, jilgueros, correcaminos, cocoles, entre otras. Cabe mencionar que estos animales construyen sus nidos y madrigueras en los árboles y en la base de los árboles y se alimentan de los frutos silvestres intercaladas dentro del sistema agroforestal. Con el sistema agroforestal se han atraído diversidad de insectos benéficos, tales como: mariposas, catarinas, avispas, abejas melíferas, entre otras. Con el sistema agroforestal se ha disminuido la erosión del suelo, por la biomasa y microfauna que se está generando, por la diversidad de especies vegetales se está participando en la creación de servicios ambientales como: retención de humedad, captura del CO₂, belleza escénica, creación de hábitats, generación de oxígeno, conservación del suelo, etc.

Económico

En un futuro, cuando el sistema agroforestal llegue en su etapa de madurez, los productos a cosechar se incrementarán por lo tanto una parte de estos serán destinados a la comercialización para que las cuatro familias beneficiadas obtengan un ingreso económico a partir del sistema agroforestal. Los productos que se pretenden comercializar a futuro son: maderas, leñas, frutas como el aguacate, plátano, pitahaya, duraznos, que son los que más predominan en el sistema; así como la diversidad de flores: agapanthus, orquídeas, palmitos, gasparitos, geranios, begonias, etc., y la miel. También se pretende implementar dentro del sistema agroforestal un subsistema de producción de hongos comestibles, y un vivero de producción de plantas de ornato en maceta y ampliar la producción de miel, para de igual forma destinarlos a la venta.

Éxitos y fracasos en el manejo ecológico del sistema agroforestal

En los inicios del sistema agroforestal se habían sembrado 1000 ejemplares de pitahaya obtenidos en el campo experimental de Cotaxtla utilizando como tutor de estas la planta de Eritrina, 1000 ejemplares de nopal traídas de Puebla y Tlaxcala pero debido a los factores meteorológicos (vientos heladas, sequias e inundaciones) y a las características del suelo (erosión, y componentes del suelo), el sistema fracasó, posterior a esto se optó por implementar arboles maderables, frutales, arbustivos y palmas de la región y de otras regiones del estado resistentes a las heladas y otros fenómenos meteorológicos y menos exigentes a la fertilidad del suelo (encinos, pinos, cedro blanco, guaje, jacarandas, casuarinas, melias,) que se distribuyeron y a lo largo y ancho de la parcela, para generar sombra, humedad y materia orgánica, en la protección de los vientos, se sembraron en el

perímetro de la parcela yucas, tlaxcas, eucaliptos, palo mulato, eritrinas, leucaena, entre otros. Con el paso del tiempo se fueron intercalando las especies sensibles a los fenómenos climáticos y con exigencias nutricionales edáficas.

Fertilización

Para la nutrición de las especies vegetales del sistema agroforestal no se utilizan químicos, solo abonos orgánicos de composteo, estiércoles, y la biomasa que se obtiene de las podas y chapeos que son cortados de 10 cm aproximadamente para colorarlos en la base de las especies vegetales y dejar que con el tiempo se descompongan de manera natural.

Riego

El agua para riego se extrajo de un pozo de una profundidad de 15 m con una bomba sumergible de caballo y medio de fuerza, y con una manguera de una pulgada. En un principio para el cultivo de pitahayas se utilizó el riego por goteo, ya que la plantación se había realizado por el método de tres bolillos y permitió este tipo de riego. Posteriormente en los meses de sequías de febrero a junio de todos los años las plantas se riegan cada 8 días con la manguera de una pulgada con longitud de 200 metros, (planta por planta) debido a que las plantas están distribuidas de manera dispersa, y el sistema de goteo no funciona.

Podas

Las podas se realizan una vez por año para maderables y arbustos en los meses abril y mayo, para frutales en los meses octubre y noviembre y para los ornamentales dos veces por año en cualquier mes dependiendo de su extensión.

Control de malezas, plagas y enfermedades

Las malezas solo se presentan durante la época de lluvias y se controlan cada 15 días con la ayuda de una desbrozadora, y morunas. Control de plagas y enfermedades. Las plagas que más se presentan son: hormiga arriera, larvas de mariposas, grillos, gallina ciega, escarabajos y hongos. Las enfermedades como el tizón, roya, mancha grasienta, amarillamiento, etc. Estos se controlan de manera manual, con infusiones, extractos vegetales, tés, y plantas repelentes como la flor de zempoalxochitl, ruda, lavanda y perejil, entre otros. La supervisión se realiza cada día durante la época de lluvias y cada tercer día en el resto del año.

Control de fenómenos meteorológicos (heladas, sequias, vientos, inundaciones)

El fenómeno meteorológico más devastador que se ha presentado son las heladas, en los primeros años del sistema agroforestal hubo pérdida total, posteriormente cuando los arboles comenzaron a crecer se fueron disminuyendo las perdidas, el control que se realiza para este fenómeno es a partir de la maleza, se deja de controlar la maleza a partir de noviembre para que las plantas pequeñas queden cubiertas por estas y no sean afectadas, otra de las técnicas es cubrir a las plantas sensibles con costales de plástico cuando se presencia el fenómeno. Se evitan las sequias a partir del acolchado natural en la base de las plantas se va acumulando todo el material de poda y chapeos y así la humedad se mantiene. Los vientos son controlados con rompevientos naturales en el borde del sistema agroforestal (plantas flexibles al viento), las inundaciones se controlan a partir de la apertura de pequeños canales, para evitar el encharcamiento, y se han colocado especies tolerantes al exceso de agua en espacios de inundación

La competencia y alelopatía de las especies

La competencia por agua, por nutrientes, espacio y sol y alelopatía por sustancias como resinas se controlan con las podas altas y aclareos y el no abuso de especies con estas características.

Propagación de especies en vivero

El sistema agroforestal cuenta con pequeño vivero para la propagación de especies vegetales, a partir de diferentes métodos: por semillas, esquejes, hijuelos, estacas, bulbos, rizomas, etc. las especies en reproducción son incorporadas en el sistema antes de la temporada de lluvias.

Conclusiones

1. El sistema agroforestal de Aguaxinola, ha beneficiado a cuatro familias del municipio de Soledad Atzompa, Veracruz con la diversidad de productos que ha generado.
2. Ha creado servicios ambientales como captura del CO₂, retención de humedad, generación de oxígeno, belleza escénica, conservación de especies vegetales, creación de hábitats de animales silvestres, conservación de suelo, microclima, entre otros.
3. El sistema agroforestal a largo plazo generará ingresos a las familias, por la comercialización de los productos, frutas, maderas, leñas, follajes, miel, hongos y flores.
4. El manejo ecológico que se le ha dado al sistema agroforestal, no ha generado ningún impacto negativo al medio ambiente, ni alguna afectación en la nutrición de las familias.

5. El vivero es primordial para la reproducción de ejemplares, ya que, si existe la muerte de alguna de ellas, inmediatamente se repone para evitar que queden espacios vacíos o también si se desea aumentar el número de ejemplares se evita la compra de estos.

Literatura citada

Gliessman, S. R. 2000. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS.

May, P. H. y Trovatto, C.M.M. 2008. Manual agroforestal para a Mata Atlantica. Brasília.

Ministério do Desenvolvimento Agrário MDA.

Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L. y Bustamante, M. 2014. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:8-14.

Molua, E.L. 2005. The economics of tropical agroforestry systems: the case of agroforestry farms in Cameroon. *Forest Policy Econ.* (7):199-211.

Ramos Filho, L. O. 2013. Reforma agrária y transición agroecológica en una zona de grandes monocultivos de caña de azúcar: El caso del Asentamiento Sepé Tiaraju, región de Ribeirão Preto, Brazil. Tesis. Universidad de Córdoba.

FUENTES NATURALES DE NUTRICION VEGETAL Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL FRUTO DE JITOMATE

Verónica Torres Valencia¹⁵³, Esteban Joaquín Medina¹⁵³, Gemma Espinosa Enríquez^{154*}, y Marisol Méndez Urbano¹⁵⁴

Resumen

La tendencia de producción con tecnologías que no provoquen un impacto medioambiental de importancia va en aumento. Hoy en día existe creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, en un intento de regresar a los sistemas agrícolas actuales a la producción orgánica. Por esto el aumento del nivel de calidad requerido por los consumidores hace necesario realizar análisis con el fin de facilitar información que dé a conocer todos los factores que influyen sobre la calidad e inocuidad de los alimentos, con el fin de poder elegir, entre la gran variedad de alimentos, aquellos que más garantías de calidad ofrezcan. El objetivo de la presente investigación fue evaluar fuentes naturales de nutrición vegetal y su efecto en algunas características fisicoquímicas del fruto de jitomate en la Sierra Norte de Puebla, México, para ello se realizaron análisis de calidad del fruto como: Firmeza, Número de lóculos, Grosor de pulpa, °Brix, pH y Ce. El análisis estadístico fue por bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos uno, dos, tres y cuatro incluyeron una mezcla de bocashi, lombricomposta, carbón y arena, en los porcentajes de 45, 30, 15 y 10, respectivamente. Los tratamientos analizaron diferentes niveles de harina de rocas (0 y 10%), diferentes niveles de microorganismos de montaña líquidos (0y 3%), y un tratamiento con solución nutritiva. La firmeza y grosor de pulpa de los frutos de los tratamientos con y sin harina de rocas con y sin microorganismos de montaña líquidos superaron los valores obtenidos por el tratamiento con riego de solución nutritiva. El número de lóculos se redujo en los tratamientos con harina de rocas al 10% sin microorganismos de montaña al igual que el tratamiento con solución nutritiva. El tratamiento irrigado con solución nutritiva obtuvo los valores más altos de °Brix respecto a todos los tratamientos. Los resultados en pH y CE se mantuvieron en un rango de 4.3 a 4.6 y 2.5 a 4.05, respectivamente.

¹⁵³Profesor Investigador, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

¹⁵⁴Estudiante del Programa de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Palabras clave: calidad de jitomate, sustratos orgánicos, harina de rocas, microorganismos de montaña

Introducción

Dentro de la amplia gama de hortalizas cultivadas, el jitomate sigue siendo la más requerida en todo el mundo y la de mayor valor económico, debido en parte a su versatilidad y su facilidad para combinarse con una amplia variedad de alimentos. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. En México, el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la segunda hortaliza por superficie cultivada y por volumen comercializado. Durante las últimas décadas, la mejora de la mayoría de los productos agrarios ha contemplado como objetivos principales factores como la calidad externa o comercial, rendimiento cuantitativo o la adaptación de los ciclos a las oportunidades de los mercados (Hernández et al. 2015). Sin embargo, el incremento en la demanda de alimentos sin fertilización química, ha obligado al sector agrícola a generar nuevas tecnologías. Hoy en día existe creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, en un intento de regresar a los sistemas agrícolas actuales a la producción orgánica. Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier sustrato de cultivo es producir una planta o cosecha de calidad y abundante, en el periodo de tiempo más corto posible y con los menores costos de producción, además el sustrato utilizado no debe provocar un impacto medioambiental de importancia (Joaquín et al., 2003), por esto el aumento del nivel de calidad requerido por los consumidores hace necesario realizar análisis con el fin de facilitar información que permita conocer todos los factores que influyen sobre la inocuidad de los alimentos, con el objetivo final de poder elegir, entre la gran variedad de alimentos, aquellos que más garantías de calidad global ofrezcan (Raigón, 2008). Por lo antes mencionado, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto del uso de abonos orgánicos, harina de rocas y microorganismos de montaña líquidos en la calidad de los frutos de jitomate producidos bajo condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en Teziutlán, Puebla, México. Dicha investigación se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ubicada a 19°52'31" de latitud norte y 97°21'02" de longitud oeste con altitud de 1675 m. Los climas que identifican al sitio son

clima húmedo con abundantes lluvias en verano, clima templado húmedo con lluvias todo el año y clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año (Deolarte, 2002). El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para la mezcla del sustrato se utilizaron fuentes naturales de nutrición vegetal en diferentes porcentajes: bocashi (45%), lombricomposta (30%), carbón (15%) y arena (10%). Los tratamientos corresponden con diferentes niveles de aplicación de harina de rocas en combinación con diferentes niveles de aplicación de microorganismos de montaña líquidos. El tratamiento uno, consistió en usar mezcla del sustrato antes mencionado, más harina de rocas al 0% con aplicación de microorganismos de montaña líquidos al 3%; tratamiento dos fue la mezcla de sustrato con harina de rocas al 0% sin aplicación de microorganismos de montaña líquidos; el tratamiento tres fue la mezcla de sustrato con harina de rocas al 10% con aplicación de microorganismos de montaña líquidos, el tratamiento cuatro fue harina de rocas al 10% sin aplicación de microorganismos de montaña líquidos; y tratamiento cinco fue arena como sustrato, regado con solución nutritiva de R. B. Farnham y R. y P. White (Cuadro 1). Como genotipo se utilizó la variedad Optimax, jitomate de crecimiento indeterminado tipo Saladet. Se utilizó una mezcla de harina de rocas colectada en diferentes puntos de la región de Teziutlán e Izúcar de Matamoros, Puebla, correspondiente a 10 puntos de colecta. La mezcla total de las harinas de rocas se tamizó con malla de 2 μm . El consorcio microbiano utilizado en el agua de riego cada tercer día en los tratamientos 1 y 3, se colectó en seis puntos diferentes de la región de Teziutlán, Puebla, México.

Las variables evaluadas en el fruto de jitomate fueron: la firmeza, determinada con ayuda de un penetrómetro manual marca Mc CORMIK FRUIT ESTER FT 827; el número de lóculos, se realizó un corte transversal, pasando por el diámetro ecuatorial del fruto y se contabilizó el número de divisiones internas formadas en el fruto; el grosor de pulpa, se realizó un corte transversal, pasando por el diámetro ecuatorial del fruto, se usó un vernier digital para registrar dos medidas del grosor de la pulpa por cada hemisferio del fruto, el grosor de pulpa son expresados en mm; los °Brix, se determinó directamente del zumo del fruto, se colocó una gota del jugo de tomate, y se tomó la lectura mediante un refractómetro digital ATAGO, lavando el equipo con agua destilada entre cada muestra, el resultado se expresó en % de sólidos solubles.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos utilizados en la producción de jitomate orgánico.

Tratamientos	Bocashi	Lombricomposta	Arena	Carbón	Hr	MML
	-----%-----					
T1	45	30	10	15	0	3
T2	45	30	10	15	0	0
T3	45	30	10	15	10	3
T4	45	30	10	15	10	0
T5	Solución nutritiva de R. B. Farnham y R. y P. White					

HR = Harina de rocas. MML = Microorganismos de montaña líquidos.

Para pH y CE, se pesaron 100 g del fruto muestra utilizando una balanza analítica OHAUS, posteriormente se licuó con 100 mL de agua desionizada, y se sumergió el potenciómetro (marca HANNA) en la alícuota obtenida para determinar los valores de pH y CE, expresando CE en mS.

Con los datos obtenidos de las siete variables, se realizó una prueba de Duncan al 1%, utilizando el paquete estadístico SAS versión nueve.

Resultados y discusión

La firmeza es una de las principales características que determinan la calidad de las hortalizas (Alarcón et al., 2013). Los valores de firmeza obtenidos fueron de 4.4, 4.2, 3.8, 4.3 y 3.0 respectivamente a los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, fueron superiores a los obtenidos por Hernández et al. (2015) quienes probaron diferentes proporciones de K:Ca en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de tomate, obteniendo valores que fueron de 1.94 a 2.49 kg·cm². Numéricamente el T1 mostró el valor más alto de firmeza (4.4 kg·cm²), seguido de los tratamientos T4, T2, T3 y T5 (Cuadro 2). En el grosor de pulpa, los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentaron valores de 8.5 a 9.1 mm, valores mayores a los obtenidos en el T5 (Cuadro 2). El número de lóculos en los tratamientos T4 y T5 fueron iguales, siendo superados por los tratamientos T1, T2 y T3, sin diferencia estadística significativa entre ellos. El tratamiento T3, seguido del tratamiento T1, obtuvieron los mejores valores de número de lóculos, respecto a los tratamientos T2, T4 y T5, con lo cual se demuestra la influencia en el número de lóculos por el uso de microorganismos de montaña líquidos, en los frutos de jitomate (Cuadro 2). López (2014), encontraron grosores de pulpa de 8.0 a 8.6 mm, en frutos de jitomate producidos en invernadero con diferentes conductividades eléctricas.

Cuadro 2. Medias y diferencias entre tratamientos de tres variables físicas evaluadas en el cultivo de jitomate.

Tratamientos	Firmeza Kg cm ⁻²	G. P. Mm	N L Numero
T1	4,4 a	8.5463 a	2.75 a
T2	4,2 a	8.9113 a	2.5 ab
T3	3,8 a	9.1413 a	2.75 a
T4	4,3 a	8.5063 a	2.0 b
T5	3,0 a	6.8917 b	2.0 b

G.P. = Grosor de pulpa N L = Numero de lóculos. Letras iguales no hay diferencias estadísticas, según Duncan al 1%.

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas para los °Brix entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4, los cuáles no lograron igualar los valores obtenidos del tratamiento T5 (Cuadro 3). El pH en los tratamientos T2, T3 y T4 no fueron estadísticamente diferentes entre ellos; el tratamiento T1 mostró diferencia significativa respecto a todos los tratamientos, con los valores más bajos de pH (Cuadro 3). El tratamiento T5 obtuvo el valor DE pH más elevado, respecto a todos los tratamientos. Aún con las diferencias estadísticas entre tratamientos, los valores obtenidos en todos los tratamientos poseen un pH entre 4 y 5, los cuales concuerdan con Casierra y Aguilar (2008), Juárez et al. (2009) y San Martín et al. (2012), cuyos valores están presentes en los tomates que poseen características óptimas en cuanto a sabor y aroma. La conductividad eléctrica de los frutos de jitomate obtenidos con fuentes naturales de nutrición vegetal y con solución nutritiva, en los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 (Cuadro 3) fueron superiores a los presentados por Barrera et al. (2011), quienes analizaron frutos cosechados en tres diferentes semanas de corte, producidos en un sistema hidropónico NFT. El tratamiento T5 presentó valores de CE más bajos respecto al resto de los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias y diferencias entre tratamientos de tres variables químicas evaluadas en el cultivo de jitomate.

Tratamientos	°Brix	pH	CE
T1	4.15 b	4.355 c	3.805 a
T2	4.45 b	4.440 b	4.0575 a
T3	4.15 b	4.375 b	3.640 a
T4	4.22 b	4.452 b	3.897 a
T5	6.9 a	4.637 a	2.515 b

Ce = Conductividad eléctrica. Letras iguales no hay diferencias estadísticas, según Duncan al 1%.

Conclusiones

El uso de la mezcla de bocashi, lombricomposta, carbón y arena en colaboración con los microorganismos de montaña líquidos mejoraron la firmeza de los frutos de jitomate.

El uso de harina de rocas al 10% en combinación con microorganismos de montaña líquidos influyó positivamente sobre el grosor de pulpa y el número de lóculos, representado por los valores más altos obtenidos entre tratamientos.

La mezcla de bocashi, lombricomposta, carbón y arena por sí misma con y sin harina de rocas con o sin colaboración de microorganismos de montaña es suficiente para obtener valores de calidad en firmeza, °Brix, pH y número de lóculos.

Literatura citada

Barrera, P. P., M. A. Vázquez P., R. Arteaga R. y I. L. López C. 2011. Calidad y rendimiento de jitomate variando el calcio en un sistema NFT en invernadero. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 3(2):49-55.

Casierra, P. F. y Ó. E. Aguilar A. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana* 26(2):300-307.

Deolarte, J. M. 2002. Evaluación de reguladores de crecimiento y dos soluciones nutritivas en el cultivo de noche buena. Tesis de licenciatura. Escuela de Ingeniería Agrohidráulica de la BUAP. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla. 108p.

Hernández, P., L. A. Valdez A., I. A. Tejacal, R. Mendoza V. y V. Robledo T. 2015. La Interacción K:Ca Afecta el Crecimiento, Rendimiento y Calidad del Fruto de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Sistemas de Cultivo sin Suelo. p. 62-68. In: XX Congreso Internacional de Plásticos en la Agricultura, XV Congreso Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de los plásticos en la Agricultura, Saltillo, México.

Joaquín, M. E., F. Enríquez G., L. M. Cuatle G. y V. Torres V. 2012. Técnicas de caracterización física y química de sustratos para la agricultura. p. 53-55. In: Tópicos agropecuarios. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de ingeniería Agrohidráulica, Teziutlán, Puebla.

Juárez, L. R., T. Castro B., T. Colinas L., P. Ramírez V., M. Sandoval V., D. W. Reed, et al. 2009. Evaluación de calidad en frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Chapingo Serie Horticultura* 15(2):5-9.

López, L. A. 2014. Producción de tomate tipo bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero con diferentes conductividades eléctricas. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.

Raigón, J. Ma. D. 2008. Alimentos ecológicos, calidad y salud. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). 13-16.

San Martín, H. C., V. M. Ordaz C., P. Sánchez G., M. T. B. Colinas L. y L. Borges G. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia* 46:243-254.

INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN CRUZAMIENTOS VARIETALES DE MAÍZ PARA LOS ESTADOS DE VERACRUZ Y TABASCO

Mauro Sierra Macias^{155*}, Flavio Antonio Rodriguez Montalvo¹⁵⁵, Sabel Barron Freyre¹⁵⁶, Alejandro Espinosa Calderón¹⁵⁷, Noel Gómez Montiel¹⁵⁸, Pablo Andrés Meza¹⁵⁹

Resumen

Durante el ciclo primavera verano 2016 se condujo un experimento de cruza varietales de maíz en las localidades de Cotaxtla y Carlos A. Carrillo en el estado de Veracruz y Huimanguillo en el estado de Tabasco. El experimento se distribuyó bajo un diseño bloques al azar con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5 m de largo separados a 80 cm con una densidad de 65,500 plantas ha⁻¹, Del análisis de varianza combinado para las tres localidades, se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para localidades (A) y para la interacción GxA, siendo más importante la varianza debida al factor localidades; Así también, el coeficiente de variación registrado fue de 12.78% valor relativamente bajo, que sugiere que el manejo de los experimentos y los datos obtenidos son confiables. De los 28 híbridos varietales evaluados y de acuerdo con los parámetros de estabilidad, 25 fueron caracterizados como estables, uno de ellos con buena respuesta en ambientes favorables y consistente y dos con respuesta mejor en buenos ambientes, pero inconsistente. En relación con el rendimiento de las cruza varietales, fueron sobresalientes al 0.01 de probabilidad, las cruza SINT-2BxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, SINT-4B xVS-536, SINT-4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-537C, con rendimiento de grano de 7.1 a 7.8 t ha⁻¹, mismos que superaron de un 6 a 17% al testigo comercial H-520, lo que los ubica como genotipos “deseables”; por lo que se refiere a las características agronómicas, estas cruza sobresalientes registraron planta y mazorca baja, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, tolerantes al acame, con buena cobertura de mazorca, bajo porcentaje de mazorcas podridas y con la ventaja que representa desde el punto de vista del mantenimiento de los dos progenitores, variedades de polinización libre con mayor rentabilidad y facilidad en la producción comercial de semilla; Así también, se observa en

¹⁵⁵ Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.,

¹⁵⁶ Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP

¹⁵⁷ Campo Experimental Valle de México. CIRCE. INIFAP

¹⁵⁸ Campo Experimental Iguala. CIRPAS. INIFAP

¹⁵⁹ Universidad Veracruzana

* sierra.mauro@inifap.gob.mx

estos cruzamientos la presencia de la variedad VS-536, de mayor uso comercial en el sureste de México en dos de los cruzamientos sobresalientes.

Palabras clave: Heterosis, cruza varietales, *Zea mays* L.

Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada, valor de la producción y ocupar el 20% de la población económicamente activa. El uso principal es como consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. Se reporta un consumo per cápita aparente de 209.8 kg. (Morris y López, 2000). La superficie nacional en los últimos años es de alrededor de 8.2 millones de hectáreas, con una producción de 22 millones de toneladas de grano, de las cuales se utilizan para el consumo directo 12.3 millones de toneladas; de estas, el 36% es a través de la industria harinera y 64% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; Sin embargo, año con año se importan de 5 a 7 millones de toneladas de grano amarillo para la industria de alimentos balanceados. (Betanzos et al., 2003; SAGARPA, 2012). Del maíz se obtiene el 59% de la energía y el 39% de la proteína que ingiere el mexicano.

En la región tropical del país se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego, en las cuales, es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas ya que estos expresan al máximo su potencial genético bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra et al., 2001). En cuanto al uso de semilla híbrida se aprovecha la varianza genética desviación de aditividad y las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz, dada por la heterocigocis al cruzar progenitores de maíz con relativa divergencia genética (Reyes, 1985; Gómez 1986; Vasal et al, 1992a; Vasal et al, 1992b).

En el mejoramiento de maíz para el trópico se generan subproductos que son variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos de maíz (Sierra et al., 2014). En la formación de híbridos es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria, buen rendimiento per se, y facilidad en la producción de semilla (Sierra et al., 1992; Reyes 1985; Espinosa et al 1998, Vasal et al 1994, Vasal y Córdova 1996). Los híbridos pueden ser de cruce simple, cuando se cruzan dos líneas endogámicas, híbridos trilineales cuando cruzamos una cruce simple con una línea, cruza dobles cuando cruzamos dos cruza

simples y cruza varietales cuando se cruzan dos variedades. Las cruza varietales representan una alternativa en la producción comercial de maíz debido entre otras razones a la heterosis que resulta de cruzar dos progenitores variedades de polinización libre, solamente hay que mantener dos progenitores y por lo tanto es más fácil y rentable la producción comercial de semilla (Reyes, 1985).

La adaptabilidad de los genotipos es importante porque permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico, (Eberhart y Russell, 1966). La interacción genotipo ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete diferentes ambientes (Márquez, 1992). El modelo de Eberhart y Russell (1966), utiliza el coeficiente de regresión para medir la respuesta de una variedad a distintos ambientes, adicionando el concepto de desviación de regresión, que mide la consistencia de dicha respuesta; Se requiere seleccionar genotipos que interaccionen lo menos posible con el ambiente. Particularmente una variedad estable es aquella con coeficiente de variación igual a 1 y desviación de regresión igual a 0. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + b_{ij}l_j + d_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Media de la variedad i en el ambiente j

μ_i = Media de la variedad i en todos los ambientes

b_i =Coeficiente de regresión

l_j = Índice ambiental

d_{ij} =Desviación de regresión

Este modelo fue utilizado por Carballo y Márquez (1970) para clasificar la adaptabilidad de las variedades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de la adaptabilidad de las variedades en función de los valores para los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión.

Categoría	β_i	S^2d_i	Descripción
A	=1	=0	Variedad estable
B	=1	>0	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
C	<1	=0	Responde mejor en ambientes desfavorables y consistente
D	<1	>0	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente
E	>1	=0	Responde mejor en buenos ambientes y consistente
F	>1	>0	Responde mejor en buenos ambientes e inconsistente

El Campo Experimental Cotaxtla, desde su creación en 1954, ha realizado investigación en mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo, con el fin de aportar a los productores, la tecnología que permita incrementar el rendimiento, mejorar el beneficio económico y el abasto de este grano básico. Durante los últimos años se generaron híbridos y variedades con gran potencial de rendimiento, adaptados a las condiciones tropicales húmedas del estado de Veracruz y Sureste del país, entre los que destacan por su uso actual H-520, VS-536, H-519C, V-537C, V-556AC y de reciente liberación, el híbrido H-564C de alto rendimiento y alta calidad proteínica. (Sierra et al., 1992b; Sierra et al., 2008; Sierra et al., 2004; Sierra et al., 2004a; Sierra et al., 2011).

En la producción comercial de híbridos se aprovecha el tipo de acción génica, desviación de aditividad al cruzar individuos diferentes genéticamente, siempre y cuando sus genes sean compatibles, es decir el rendimiento es mayor a medida que es mayor la divergencia genética (Reyes, 1985; Márquez, 1988). Así también, Reyes (1971), usó en la formación de los híbridos H-503 y H-507 el patrón heterótico Trópico húmedo x Trópico seco. Sierra et al., 2004, usaron como probadores líneas endogámicas con buena aptitud combinatoria específica (ACE), LT154, LT155, CML247, CML254, las cuales permitieron identificar líneas avanzadas y separar grupos heteróticos que formen híbridos superiores; Por su parte, Vasal et al., (1993), encontraron que los híbridos interpoblacionales fueron superiores en comportamiento en comparación con los intrapoblacionales en 8 a 15.6%.

Objetivos

Conocer el rendimiento, adaptabilidad y las características agronómicas de cruza varietales de maíz en los estados de Veracruz y Tabasco

Conocer la interacción genotipo ambiente de las cruza varietales de acuerdo con los parámetros de estabilidad

Materiales y métodos

Localización. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera verano 2016 en las localidades Campo Experimental Cotaxtla, CBTA 84 de Carlos A. Carrillo en Veracruz y Huimanguillo en el estado de Tabasco con clima Aw1, Aw2 y Am para cada localidad, respectivamente, las cuales, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981), corresponden a los climas cálido húmedo y subhúmedo zonas representativas donde el cultivo de maíz es importante.

Germoplasma utilizado. El germoplasma de maíz utilizado en la presente investigación es material experimental en diverso grado de avance en el mejoramiento genético, particularmente son cruza varietales de maíz formadas con variedades sintéticas experimentales pertenecientes a la raza Tuxpeño

Descripción de los experimentos. Durante el ciclo primavera verano 2016 se condujeron experimentos de cruza varietales de maíz, bajo diseños alpha látice 7x4 con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de 1 surco de 5 m de largo, separados a 80 cm en densidad de 62,500 plantas ha⁻¹

Variables estudiadas, diseño experimental y análisis estadísticos. Las principales variables registradas en experimentos y lotes de validación fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas, enfermedades; a la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, pudrición de mazorca, humedad de grano.

Métodos estadísticos. Los diseños utilizados fueron bloques al azar con tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5m de largo separados a 80 cm en una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado de las cruza varietales en los tres ambientes de evaluación (Reyes, 1990) y para caracterizar las cruza varietales en función de su respuesta los ambientes se hizo el análisis de parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966). Las principales variables registradas fueron analizadas estadísticamente y la separación de medias fue con la DMS al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Resultados y discusión

Del análisis de varianza combinado para las cruza varietales (Cuadro 2), se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para localidades (A) y para la interacción GxA, siendo más importante la varianza debida al factor localidades; Así también, el coeficiente de variación registrado fue de 12.78% valor relativamente bajo, que sugiere que el manejo de los experimentos y los datos obtenidos son confiables (Reyes, 1990).

Cuadro 2. Análisis de varianza combinado de cruzas varietales de maíz en tres ambientes de Veracruz y Tabasco. 2016B.

Fuente Variación	GL	SC	CM	Fcalc	Ft 0.05	Ft 0.01
Cruzas (G)	27	59226030	2193557	3.10**	1.49	1.74
Ambientes (A)	2	245829211	122914605	173.90**	3	4.61
Interaccion GxA	54	114725329	2124543	3.01**	1.37	1.56
Error	162		706816			
CV			12.78%			

B= Ciclo primavera verano; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Fcalc= F calculada; Ft0.05= Valor de F de tablas al 0.05 de probabilidad; Ft0.01= Valor de F de tablas al 0.01 de probabilidad; CV= Coeficiente de variación.

De los 28 híbridos varietales evaluados y de acuerdo con los parámetros de estabilidad, 25 fueron caracterizados como estables, uno de ellos con buena respuesta en ambientes favorables y consistente y dos con respuesta mejor en buenos ambientes, pero inconsistente (Eberhartt y Russell, 1966; Carballo y Márquez, 1970). De las cruzas varietales estables, En relación con las cruzas varietales estables, fueron sobresalientes en rendimiento de grano al 0.01 de probabilidad, las cruzas SINT-2BxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, SINT-4B xVS-536, SINT-4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-537C, con rendimiento de grano de 7.1 a 7.8 t ha⁻¹, mismos que superaron de un 6 a 17% al testigo comercial H-520 (Cuadro 3), lo que los ubica como genotipos “deseables”; y con la ventaja adicional que representa desde el punto de vista del mantenimiento de solamente dos progenitores, los cuales son variedades de polinización libre con mayor rentabilidad y facilidad en la producción comercial de semilla; Así también, se observa en estos cruzamientos la presencia de la variedad VS-536, de mayor uso comercial en el sureste de México en dos de los cruzamientos sobresalientes.

Índices ambientales. Con relación a los índices ambientales, de acuerdo con Eberhart y Russell (1966), las localidades de Cotaxtla, Ver. y Carlos A. Carrillo, Ver. Estos registraron valores positivos promedio con 7273 y 7285 kg ha⁻¹, para cada localidad respectivamente, mientras que la localidad de Huimanguillo Tabasco registró los rendimientos medios más bajos con un valor para el índice ambiental negativo (-1397) (Cuadro 4).

Por lo que se refiere a las características agronómicas, estas cruzas varietales registraron ciclo biológico intermedio con 51 a 53 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja con 217 a 255 cm y de 108 a 132 cm para altura de planta y mazorca, respectivamente, presentan buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, tolerantes al acame, con buena cobertura de mazorca, bajo porcentaje de mazorcas podridas y con posición de la mazorca a la mitad de la altura de planta lo que les permite mayor tolerancia al acame (Cuadro 5).

Cuadro 3. Cruzas Varietales en tres ambientes de evaluación Veracruz y Tabasco 2016.

Trat	Cruza	Rendimiento			Promedio	% Rel	Descripción
		Cot	Huim	Carr			
1	SINT-2B X VS-536	7993	6344	9157	7831*	117	E
18	SINT-3B X SINT-1BQ	7730	6007	7972	7236**	108	E
14	SINT-4B X VS-536	8674	6053	6899	7208**	108	E
17	SINT-4B X SINT-2B	7635	5833	8107	7191**	107	E
9	SINT-5B X V-537C	7246	5792	8296	7111**	106	E
12	SINT-4B X SINT-3B	7343	5019	8595	6985	104	E
8	SINT-4B X SINT-1BQ	7508	5033	8098	6879	103	E
20	VS-536 X VS-537C	7140	5228	8134	6834	102	E
15	SINT-5B X SINT-1BQ	7009	4565	8541	6705	100	E
28	H-520	7419	5922	6736	6692	100	E
16	SINT-5B X VS-536	7030	4858	8166	6685	100	E
23	SINT-3B	7018	4355	8470	6615	99	E
11	SINT-3B X SINT-2B	7730	6055	6055	6613	99	E
3	SINT-5B X SINT-4B	7099	5123	7600	6607	99	E
21	SINT-1BQ	8183	4572	7038	6598	99	E
19	SINT-2B X VS-537C	7745	5127	6891	6587	98	E
7	SINT-5B X SINT-3B	7335	4911	7370	6539	98	BAC
6	SINT-3B X VS-537C	6686	5420	7409	6505	97	E
13	SINT-1BQ X VS-536	6765	5394	7335	6498	97	E
2	SINT-5B X SINT-2B	7554	5708	6084	6449	96	E
10	SINT-2B X SINT-1BQ	7776	4815	6157	6249	93	E
24	SINT-4B	6222	4563	7694	6160	92	E
22	SINT-2B	7354	4764	6257	6125	92	E
27	V-537 C	5221	4220	8917	6120	91	BAI
26	VS-536	6951	4622	6507	6027	90	E
4	V-537C X VS-536	7123	5685	4458	5755	86	BAI
25	SINT-5B	6999	4137	6071	5736	86	E
5	SINT-4B X VS-537C	7166	5029	4969	5722	86	E
	PROMEDIO	7273.21	5184.0	7285.1	6580.8		
	CV	12.78					
	DMS 0.05	549.27					
	DMS 0.01	721.85					

E= Estable; BAI= Respuesta mejor en buenos ambientes, pero inconsistente; BAC= Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.

Cuadro 4. Índices ambientales de localidades de evaluación de cruzas varietales. CIRGOC 2016B.

Ambiente	Rend kg ha ⁻¹	Índices
Cotaxtla, Ver	7273	692
Carlos A. Carrillo, Ver.	7285	704
Huimanguillo, Tab	5184	-1397
Promedio	6581	

Cuadro 5. Características agronómicas de cruzas varietales de maíz. Cotaxtla 2016B.

Trat	Genealogía	Días a flor	Alt pl	Alt mz	Alt pl	Asp mz	San pl	San mz	% acame	% cob	% Pod	% Ach	Alt mz/Alt pl
1	SINT-2BxVS-536	51	238	130	1.7	2.3	1.8	2.2	7.43	0.79	3.73	11.41	0.55
2	SINT-5BxSINT-2B	52	225	117	2.3	2.2	2.5	2.2	8.12	9.41	2.81	0.69	0.52
3	SINT-5B X SINT-4B	53	237	128	2.7	2.7	2.3	2.3	12.26	9.15	4.61	2.14	0.54
4	V-537C X VS-536	51	227	122	2.2	2.8	2.3	2.3	16.5	2.98	6.39	6.51	0.54
5	SINT-4B X VS-537C	51	223	110	2.5	2.5	2.2	2.5	8	4.14	4.59	6.22	0.49
6	SINT-3B X VS-537C	52	245	120	2.5	2.5	2.5	2.7	5.03	4.45	4.35	5.13	0.49
7	SINT-5B X SINT-3B	52	227	117	2.3	2.7	2.3	2.2	7.05	6.03	5.89	4.17	0.52
8	SINT-4B X SINT-1BQ	52	235	118	2	2.2	2	2.2	3.34	0.67	1.33	5.75	0.5
9	SINT-5B X VS-537C	51	225	113	2.3	2.2	2.3	2.2	5.9	5.02	3.56	7.14	0.5
10	SINT-2BxSINT-1BQ	52	222	112	2.2	2.2	2.3	2.2	5.79	2.9	4.36	4.08	0.5
11	SINT-3BxSINT-2B	52	225	132	2.5	2.3	2.2	2.3	1.99	1.39	2.75	6.53	0.58
12	SINT-4B X SINT-3B	52	223	117	1.8	2.5	2.2	2.3	5.09	3.35	2.99	4.64	0.52
13	SINT-1BQ X VS-536	53	238	130	2.3	2.5	2.5	2.2	37.95	2.54	3.38	1.76	0.54
14	SINT-4B X VS-536	51	228	123	2.3	2.2	2.2	2.3	11.36	5	1.74	3.52	0.54
15	SINT-5B X SINT-1BQ	52	217	108	2.2	2.3	2.2	2.3	7.79	2.18	3	0.76	0.5
16	SINT-5B X VS-536	51	235	132	2.3	2.3	2.2	2.2	20.15	3.69	4.07	10.8	0.56
17	SINT-4B X SINT-2B	52	227	115	2.2	2.7	2.3	2.7	13.58	3.29	5.67	2.63	0.51
18	SINT-3BxSINT-1BQ	51	230	112	2.3	2.5	2.3	2.3	1.39	2.56	3.89	4.24	0.49
19	SINT-2B X VS-537C	51	255	140	2.2	2.2	2.7	2.2	15.26	8.99	4.56	14.8	0.55
20	VS-536xVS-537C	52	253	142	2.2	2.8	2.2	2.7	24.66	2.66	5.77	8.88	0.56
21	SINT-1BQ	51	220	112	2.3	2.2	2.7	2.2	0	3.27	4.53	12.43	0.51
22	SINT-2B	52	212	115	2.7	2.3	2.3	2.3	4.94	1.95	2.53	3.81	0.54
23	SINT-3B	51	242	137	2.5	2.8	2.5	2.3	4.77	8.82	4.2	3.94	0.55
24	SINT-4B	52	225	118	2.3	2.5	2.3	2.3	2.07	2.38	5.14	2.84	0.53
25	SINT-5B	52	223	127	2	2.3	2.3	2	3.98	8.83	2.17	6.63	0.57
26	VS-536	52	232	132	2.5	2.7	1.7	2.7	24.83	4.78	3.98	9.36	0.57
27	V-537 C	52	225	115	2.3	2.8	2.5	2.5	13.53	5.87	6.98	7.23	0.51
28	H-520	51	228	122	2.2	2.3	2	2.2	14.76	4.11	4.04	2	0.53

Conclusiones

Las cruzas varietales SINT-2BxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, SINT-4B xVS-536, SINT-4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-537C, fueron sobresalientes al 0.01 de probabilidad, con rendimiento de grano de 7.1 a 7.8 t ha⁻¹, mismos que superaron de un 6 a 17% al testigo comercial H-520.

Las cruzas sobresalientes registraron planta y mazorca baja, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, tolerantes al acame, con buena cobertura de mazorca, bajo porcentaje de mazorcas podridas.

En las cruzas sobresalientes participa variedad VS-536, de mayor uso comercial en el sureste de México en dos de los cruzamientos sobresalientes.

De los 28 híbridos varietales evaluados y de acuerdo con los parámetros de estabilidad, 25 fueron caracterizados como estables, uno de ellos con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes y dos con respuesta mejor en buenos ambientes, pero inconsistente

Las cruzas varietales sobresalientes representan una ventaja importante desde el punto de vista del mantenimiento de los dos progenitores, variedades de polinización libre con mayor rentabilidad y facilidad en la producción comercial de semilla.

Literatura citada

Betanzos, M. E., Gómez M. N., Ortega C. A., Peña R. A., Preciado O. R.E., Ramírez D. J.L., Velásquez C. G. 2003. Propuesta de reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Documento de trabajo. INIFAP. 66 p.

Carballo, C., A. y Márquez, S. F. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5(1):129-146.

Eberhart S.A. and Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40

Espinosa, C. A., Ortiz C., J., A., Ramírez, F. A., Gómez M.N., y Martínez, G. A. 1998. Estabilidad y comportamiento de líneas per se y cruzas de maíz en la producción de semilla. *Agric. Téc. Méx.* 24 (1) 27-36.

García., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México D.F. México. 252 p.

- Gómez M.N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. Rev. Fitotecnia Mexicana 8:3-19.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia vegetal: Métodos, teoría, resultados. Tomo II AGT Editor, México D.F. México. 665 p.
- Márquez S. F. 1992. La interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. In: Memorias del simposium interacción genotipo ambiente en genotecnia vegetal del 26 al 27 de marzo en Guadalajara, Jal., México. p. 1-27
- Morris M.L. y López P. M.A. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT 45 p.
- Reyes 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348p
- Reyes C., P. 1971. Genotecnia del maíz para tierra caliente. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Departamento de Agronomía. Monterrey, N.L. México. 138p.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. 460 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos Mexicanos. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 18 de noviembre 2014].
- Sierra M. M., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. Espinosa C., N. Gómez M., F. Caballero H., et al., 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. Agricultura Técnica en México 34(1):119-122.
- Sierra M. M., Rodríguez M.F.A., Castillo G.R.A., y Márquez S. F. 1992. La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz de la región sur de México. In: Memorias de Simposium de Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal del 26 al 27 de marzo de 1992. Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI). Guadalajara, Jal. p 239-260.
- Sierra M. M., Márquez S. F., Valdivia B. R., Córdova O. H., Lezama G. R., Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L). Agric. Téc. Méx. 30(2):169-181
- Sierra M. M, Palafox C. A., Rodríguez M. F., Espinosa C. A., Vásquez C. G., Gómez M. N., Barrón F. S. 2011. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas 2(1):71-84.

Sierra M. M, Rodríguez M. F, Castillo G. R, Preciado O.R.E. y Márquez S. F. 1992b. VS-536 variedad sintética de maíz para el trópico de Veracruz y regiones similares. Folleto Técnico Núm. 2 Campo Cotaxtla. SARH. INIFAP. CIRGOC. 11 p.

Sierra, M. M., Palafox, C. A., Cano, R., O., Rodríguez, M. F. A., Espinosa, C., A. Turrent, F., et al. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm.30. Veracruz, Ver., México. 21 p.

Sierra, M. M., Palafox C. A., Rodríguez M. F. A., Espinosa C., A., Gómez M. N., Caballero H. F. et al. 2004a. H-518 y H-520, Híbridos trilineales de maíz para el trópico húmedo de México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto técnico Núm. 38 Veracruz, México. 17 p.

Sierra, M. M. Rodríguez, M. F. A., Palafox C. A., Gómez M. N., Espinosa C. A. 2014. Síntesis histórica del mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. Cap. De Libro en Aportaciones en ciencias agronómicas y ambientales. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 20-30.

Vasal S. K. y Córdova O. H.1996. Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. p 32-54. In: Memorias del Curso Int. de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Editado por: López B.A., Rodríguez H.S. y Martínez Z.G. Buenavista Saltillo, Coah.

Vasal S., K.; Vergara N. y Mc Lean.S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5:184-189.

Vasal S., K; Gonzalez F.; Vergara N.; Srinivasan G. 1993. Comportamiento de híbridos intra e interpoblacionales entre líneas endocriadas e implicaciones de estos resultados en el desarrollo de híbridos de maíz. *Agronomía mesoamericana* 4: 1-6

Vasal S., K; Srinivasan G. Crossa J. and Beck D.L.1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop sci.* 32(4):884-890.

Vasal S, K., Srinivasan G., Han C. y Gonzalez F. 1992b. Heterotic patterns of eighty eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37:319-327.

USO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD EN SUSTRATO ARENOSO

Fabiel Vázquez Cruz¹⁶⁰*, Carlos Rodríguez-Rodríguez¹⁶⁰, Sigfrido David Morales Fernandez¹⁶⁰ y
Armando Ibañez-Martínez¹⁶⁰

Resumen

Se estudió el comportamiento de sustratos con distintas proporciones con referencia al volumen, mismos que fueron obtenidos a partir de desechos industriales: piedra pómez, lodo industrial y arena, con el objetivo de medir la capacidad de retención de humedad. Tres diferentes porcentajes, con base a su volumen (33, 50 y 100%). En la primera parte del experimento se evaluó la retención de humedad de los sustratos y en la segunda parte se midió el comportamiento de la humedad a través del tiempo. Los resultados muestran que el contenido de humedad aumenta debido al incremento de porosidad producida por las partículas, el mayor contenido de humedad fue de (41%), se obtuvo en el sustrato de lodo con un volumen de 100%, así también una pérdida de humedad de 3.1% en promedio diariamente, que es menor a la que pierde diariamente la arena con 4.1%. Los desechos industriales pueden ser utilizados en la elaboración de sustratos para incrementar la retención de humedad con bajo costo y fácil obtención.

Palabras clave: Sustratos, desechos industriales, retención de humedad

Introducción

Un aspecto importante para la producción en invernadero es el sustrato o material que se utiliza para el crecimiento de la planta (Cruz et al., 2012) y que permite un óptimo desarrollo de las plantas (SAGARPA, 2009). Pueden ser de productos orgánicos, inorgánicos y sintéticos (FAO, 2002). Los materiales de origen natural (inorgánicos) más utilizados son arena, grava, piedra pómez, turba, arcilla expandida, perlita, vermiculita, carbón; o desechos industriales procesados como la cascarilla de arroz, cáscara de coco, cáscara de café, lana

¹⁶⁰ Facultad de Ingeniería Agro hidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, San Juan Acateno, Teziutlan, Puebla, México.

* fabiel.vazquez@correo.buap.mx

de roca y espumas fenólicas (Calderón y Cevallos, 2002). Las principales funciones de los sustratos son: retención de humedad y nutrientes, y su aportación a la planta; para actuar como amortiguador de las reacciones químicas que se desarrollan (Acosta, 2004). La capacidad de retención de humedad es una característica importante en cualquier tipo de sustrato. Cabrera, (1998) menciona que el volumen de agua total disponible para la planta sea por lo menos 30% del volumen total del sustrato. La concepción del uso de los sustratos cambió, por lo que hay otros factores a considerar al seleccionar un material como sustrato, tal como agua, suelo y reciclaje de materiales de desecho (Cruz, 2012). Salazar (2014), sugiere que para producir el doble de alimentos que se requiere en los próximos 30 años, la agricultura tendrá que incrementar de manera notable la eficiencia en el uso del agua, en especial en México que es un país con baja disponibilidad de este líquido. El sustrato de cultivo debe de estar compuesto por materiales distintos del suelo "in situ" en los que se cultivan plantas Abad et al. (2004). Los desechos industriales como la piedra pómez lavada con agua puede ser utilizada en la elaboración de sustratos por su capacidad de retención de humedad y de liberación del agua que el mismo material pomáceo confiere al sustrato y puede ayudar a hacer un uso más eficiente del agua (Segura et al., 2008). Narváez, (2014) sugiere utilizar lodos textiles industriales en sustratos donde la parte comestible del vegetal no se encuentre en contacto directo con el sustrato, o bien para la producción cultivos ornamentales o textiles. La arena es un material que se puede encontrar en todos los ambientes (Moinereau et al. 1987) y que puede obtenerse a partir de materiales regionales, aspectos que implican grandes ventajas como son la fácil disponibilidad y menor costo, más aún de origen orgánico dada la tendencia al manejo de sistemas de producción con enfoque sustentable (Porter y Humtpert, 2000). Estudios realizados por Segura et al. (2008), encontraron que la piedra pómez de desecho industrial lavada con agua puede ser utilizada en la elaboración de sustratos para incrementar la retención de humedad, además de que una mezcla de arena con 30% de pómez, con base a su volumen, tiene una retención de humedad inicial del 44.4% siendo la humedad fácilmente disponible de 56.0%, mientras que la humedad que se pierde a través del tiempo es equivalente a 2.4%. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de retención de humedad en diferentes mezclas del sustrato de arena con material pomáceo y lodo industrial.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en un invernadero (tipo túnel) de 5 m de ancho por 6 m de largo y una altura de 2.5 m ubicado en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, localizada en la comunidad de San Juan Acateno,

Teziutlán, Puebla, a 1600 m. Se realizó a partir de octubre de 2016 y se dividió en tres etapas: en la primera etapa se seleccionó el material de experimentación, en la segunda se realizó el análisis en laboratorio y, en la tercera el trabajo en invernadero. La selección del sedimento grueso fue de los residuos del desarenador de una central hidroeléctrica de la región, este mismo fue tamizado para eliminar las partículas mayores a 2.0 mm (gravas) con un tamiz del mismo número y las menores de 0.06 mm para limos y arcillas (tamiz de 44 micrones) para obtener la fracción de arena (Howard, 2001), posteriormente se sumergió en cloro al 1% por 24 h para después lavarlo con agua con el objetivo de eliminar exceso de sales carbonatadas en la arena; finalmente, el sustrato se sometió a un secado a la sombra y a la intemperie. El material pomáceo se obtuvo de los desechos de una textilera de la región donde se usa en el proceso de lavado de la mezclilla; después de algún tiempo, cuando el material pomáceo tiene un tamaño menor a 6 mm se desecha. El material se trituró con la ayuda de un molino eléctrico y se tamizó para obtener un diámetro entre 2 y 3.5 mm, las cuales son capaces de retener hasta 68% de agua (Segura et al., 2008). El lodo, proporcionado por la textilera, se genera a partir de todos los sedimentos de telas y pinturas que se utilizan en el proceso de lavado de la mezclilla. Para acelerar su proceso de secado, en un horno de convección se colocaron pequeñas cantidades de lodo en capsulas de aluminio y se secaron a 105°C durante 24 h, finalmente se obtuvieron muestras de 1.5 kg de cada material: arena, piedra pómez y lodo ya mezclados y preparados como tratamientos para su análisis en laboratorio. En el laboratorio se determinó la porosidad total mediante el método propuesto por Baixauli-Soria C, capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) mediante la curva de retención de humedad a diferentes tensiones de columnas de agua y la conductividad hidráulica mediante un permeámetro de carga constante. El trabajo de invernadero consistió en preparar el material pomáceo, arena y lodo realizando mezclas homogéneas a diferentes cantidades, base volumen, para generar seis tratamientos con cuatro repeticiones (Cuadro 1), cada una con 1 kg de la mezcla, los cuales se depositaron en bolsas de polietileno color negro con capacidad de 2000 cm³.

Cuadro 1. Tratamientos elaborados con sustrato arena.

Tratamiento	Sustrato	Cantidad de sustrato(g)
T ₁	Arena	1000
T ₂	Arena + Piedra pómez	500 + 500
T ₃	Arena + Lodo	500 + 500
T ₄	Lodo	1000
T ₅	Arena + Lodo + Piedra pómez	333 + 333 + 333
T ₆	Piedra pómez	1000

La evaluación de la humedad se realizó con base a la metodología propuesta por Segura et al. (2008), misma que consistió en pesar cada maceta con una báscula digital para obtener el peso seco total (ST: sustrato + bolsa), posteriormente se le agregó a cada una 1000 mL de agua con ayuda de una probeta de plástico volumétrica de 1.0 L para saturarlas y dejarlas así por 48 h. Transcurrido este tiempo, se perforó la base de las bolsas, con el fin de drenar el exceso de agua, hasta que la frecuencia de goteo fue de una gota cada 10 segundos, (Preciado et al. 2002). En ese momento se obtuvo el peso húmedo inicial de cada maceta (PHI), que al restarle el ST, indicó el peso de agua inicial o contenido de humedad inicial (HI). Una vez obtenida la HI, la evaluación consistió en el registro del peso de las macetas diariamente a las 12:00 del día a fin de poder determinar el momento de riego para lo cual se consideró la suma del contenido de humedad a PMP de cada material más la ST. La frecuencia de aplicación de agua fue mediante la suma de la CC de los diferentes tratamientos, más la ST, debido a que el agua retenida a una tensión menor a 33 kPa se considera como fácilmente disponible para las plantas. Para determinar el momento de riego (peso de maceta= CC+ST) se registraron los pesos correspondientes a las 12:00 h del día durante 23 días, la cantidad de agua aplicada en cada riego fue la diferencia en peso (g) entre el criterio de riego y el contenido de humedad inicial. Este proceso se realizó en tres ocasiones para observar su comportamiento a través del tiempo, una vez que el material se sometió a secado al aire y a la sombra; adicionalmente se registraron las temperaturas con un termómetro de mercurio colocado al centro del invernadero, las lecturas se tomaron tres veces al día (8:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm) durante los 23 días de experimentación.

Resultados y discusión

Características físicas

El espacio poroso total (Cuadro 2) fue menor en los tratamientos reportados por Noguera et al. (2000), en tanto que la piedra pómez (T_6) obtuvo un valor cercano al reportado por García et al. (2001), esta diferencia entre tratamientos se debe a la presencia del material pomáceo. La arena, lodo, arena+lodo+pómez y piedra pómez, presentaron valores de conductividad hidráulica moderadamente rápida, según la clasificación de Calderón y Ceballos, (2002), ya que se encuentran en un rango de 6.1 a 13 cm h^{-1} ; mientras que los tratamientos arena+pómez (T_2), arena+lodo (T_3), tienen una conductividad hidráulica rápida y muy rápida respectivamente; esta característica es el factor limitante de la adsorción de agua por la planta en un sustrato.

Cuadro 2. Porosidad de los sustratos preparados.

Tratamiento	Espacio poroso total (%)
T ₁	60.00
T ₂	53.33
T ₃	53.33
T ₄	49.11
T ₅	54.00
T ₆	61.11

Curva de retención de humedad

Los sustratos con mayor capacidad de retención de humedad sometidos a una tensión de 10 cm.c.a, tensión en la cual el agua está fácilmente disponible (AFD) fueron: la piedra pómez con un 50% (Figura 1), resultado que corresponde a la mayor capacidad de retención de humedad de acuerdo a los valores reportados por De Boodt et al. (1974); el lodo con 42% (Figura 2) y la arena, que presentó 70% (Figura 3), mismo valor que el publicado por Calderón y Cevallos, (2003), de mayor capacidad retención de humedad en sustratos analizados por separado tales como la arena y piedra pómez.



Figura 1. Curva de retención de humedad de la piedra pómez. Nota: ADD: Agua difícilmente disponible, AFA: Agua fácilmente asimilable, AR: Agua de reserva.

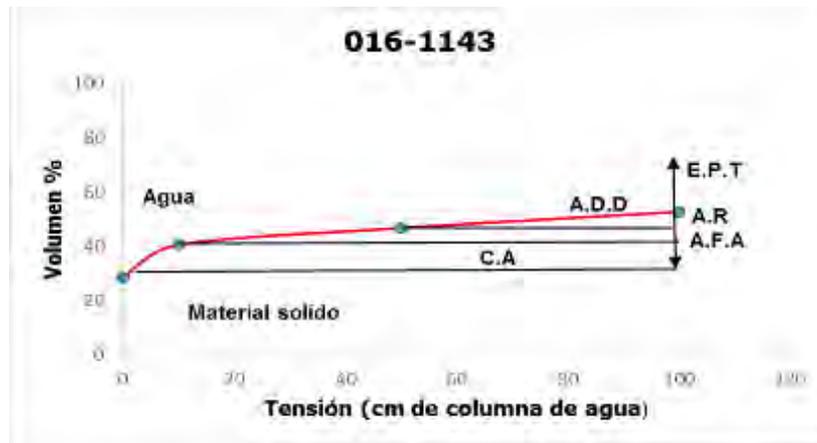


Figura 2. Curva de retención de humedad del lodo. Nota: ADD: Agua débilmente disponible, AFA: Agua fácilmente asimilable, AR: Agua de reserva.

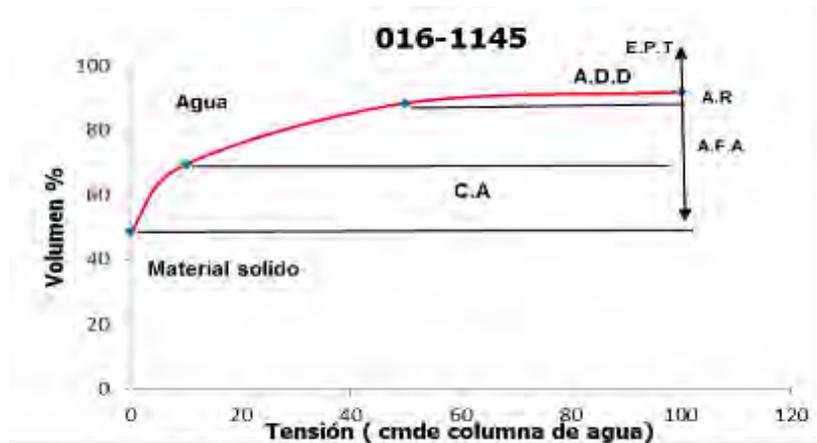


Figura 3. Curva de retención de humedad de la arena. Nota: ADD: Agua débilmente disponible, AFA: Agua fácilmente asimilable, AR: Agua de reserva.

Peso de las macetas de los tratamientos (variación de la humedad a través del tiempo). Se muestran los diferentes pesos de los tratamientos a través del tiempo durante los 23 días de evaluación, así mismo, el análisis estadístico indicó que los tratamientos arena+lodo (T_3), arena+lodo+piedra pómez (T_5) y piedra pómez (T_6), fueron estadísticamente iguales pero diferentes a los tratamientos T_1 y T_4 , por su parte el T_1 fue estadísticamente igual a la arena+piedra pómez (T_2), pero diferentes al resto de los tratamientos, el tratamiento que tuvo mayor retención de humedad fue el lodo (T_4), que registró una humedad al final de la evaluación similar a la arena (T_1), cuando se obtuvo la humedad inicial (Cuadro 3); estos valores son mayores a los reportados por Segura et al. (2008) debido a que la zona de estudio presenta una mayor humedad relativa en comparación con la zona del autor antes mencionado.

Cuadro 3. Peso seco y húmedo de los tratamientos y su comportamiento con respecto al tiempo en la primera evaluación.

T	PS (g)	PHI (g)	HI (g)	Peso del agua en las macetas (g) a través del tiempo (días)							Media
				1	2	3	4	5	23		
T ₁	1000	1479	454	413	353	309	266	240	029	139 ^c	
T ₂	1032	1632	600	542	458	410	368	343	093	231 ^{cb}	
T ₃	1013	1715	702	627	550	497	448	412	107	265 ^b	
T ₄	1009	1895	886	848	772	718	667	635	281	473 ^a	
T ₅	1018	1633	615	557	485	437	392	366	170	278 ^b	
T ₆	1035	1648	613	583	512	466	425	405	172	305 ^b	

Nota: T= Tratamientos, PS= Peso Seco, PHI= Peso húmedo inicial, HI= Contenido de humedad inicial, g= gramos. Valores medios con la misma letra, son estadísticamente similares (DMS, $P \leq 0.05$).

El contenido de humedad de los tratamientos, arena+piedra pómez (T₂), arena+lodo (T₃), lodo (T₄), arena+lodo+piedra pómez (T₅) y piedra pómez (T₆), a través del tiempo, siempre fue mayor que el de arena (T₁) (Figura 4). Después de 9 días la humedad de la arena (T₁), llegó a 11% que corresponde al PMP de la arena, parámetro que se consideró como punto crítico para reponer el agua pérdida y llevarlo al peso húmedo inicial, este valor es mayor al número de días (3) que reporto Segura et al. (2008), esto se debió a la diferencia de temperatura que hay entre las zonas de estudio.

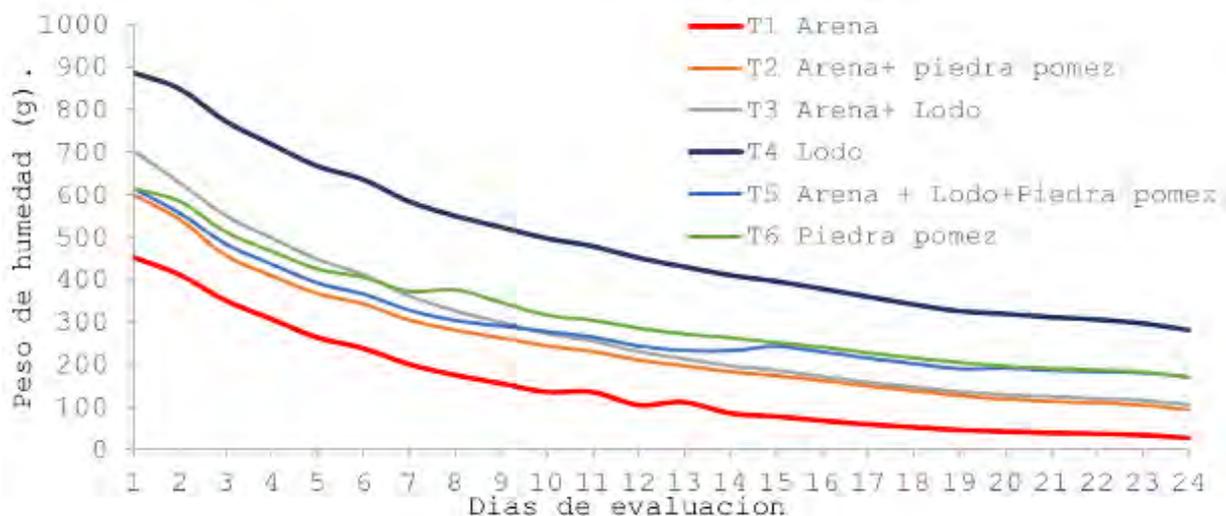


Figura 4. Comportamiento de la humedad a través del tiempo.

El resto de los tratamientos tuvieron diferente comportamiento en el tiempo, pues tardaron más para llegar al punto crítico: arena+pómez (T₂) 16 días, arena más lodo (T₃) 18 días, y arena+lodo+piedra pómez (T₅), no llegó al punto crítico de riego PMP durante los 23 días de

evaluación, de igual manera los tratamientos, lodo (T₄) y piedra pómez (T₆), al final de la evaluación aún tenía humedad disponible; esto se debe a la cantidad de humedad ambiental que se encuentra en la zona de estudio.

En promedio la pérdida de humedad diariamente en el tratamiento arena (T₁) fue 4.1% mayor que el resto de los tratamientos (Cuadro 4), esto se debe a una diferencia de potenciales matriciales que según Miller y Garner, (1962) podría ser atribuido a que cada tratamiento corresponde a un sistema compuesto por dos subsistemas, donde el subsistema arena tiene un potencial matricial mayor que el pómez y el lodo, lo cual provoca que el agua retenida en la arena se evapore primero y después lo haga la que se encuentra en pómez y el lodo. Así también, Segura et al. (2008) encontraron que el agua que se encuentra en los poros de partículas de arena, donde los poros son de mayor diámetro que los de la piedra pómez, la arena se evapora en primer lugar y posteriormente la que se encuentra en los poros de pómez. Es por ello que la arena pierde agua fácilmente con respecto a los demás tratamientos, pero en mezcla con los demás materiales la pérdida se reduce notablemente.

Cuadro 4. Pérdida de humedad diaria y número de días para riego registrado en cada uno de los sustratos evaluados.

Tratamientos	Días para el riego	Pérdida de Humedad por día (%)
T ₁	9	4.1
T ₂	16	3.7
T ₃	18	3.7
T ₄	#	3
T ₅	#	3.1
T ₆	#	3.1

Nota: Hu= Humedad, #= no llegaron al punto crítico de riego.

Conclusiones

La piedra pómez y el lodo de desecho industrial pueden ser utilizadas en la elaboración de sustratos para incrementar la retención de humedad a un bajo costo, además son fáciles de obtener. La capacidad de retención de humedad y de liberación del agua en los sustratos de desechos industriales evaluados ayuda a hacer un uso eficiente del agua en la producción de cultivos en invernadero; sin embargo, es necesario realizar más estudios para establecer si las mezclas de los diferentes tratamientos no presentan residuos que afecten el consumo en la producción de hortalizas.

Literatura citada

- Abad, B. M.; M. P. Noguera y B. C. Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo, pp. 113-158. In: URRESTARAZU. M (ed.) Tratado de Cultivo sin Suelo. MundiPrensa, Madrid, España.
- Acosta, C.M., D. Acosta., M. Cazárez y Y.M. Martínez. 2004. Retención de humedad de materiales para la preparación de sustratos en la producción de plantas en contenedor. Investigación Agropecuaria 1(1):18-22
- De Boodt, M., O. Verdonk and I. Cappaert. 1974. Method for mesuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37:2054-2062.
- Cabrera, R. I. 1998. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista: Serie Horticultura pp:5-11
- Calderon S.F. y Cevallos F. 2003. Los Sustratos. www.drcalderonlabs.com/index.html. [consultado el 28 de octubre de 2016]
- Calderón, S. F., F. Cevallos. 2002. Los sustratos. http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm. [consultado: octubre 28 de 2016]
- Cruz. E., A. Can., M. Sandoval., R. Bugarín., A. Robles y P. Juárez. 2012. Sustratos en la horticultura. Unidad Académica de Agricultura. Bio Ciencias 2(2):17-26
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. El cultivo protegido en el clima mediterráneo. Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas Dirección de Producción y Protección Vegetal. Roma, Italia. 148 p.
- García O., G. Alcántara., R. I. Cabrera., F. Gavi y V. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para las producciones de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra 19 (3):253-254
- Howard, M.R. 2001. Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Ediciones MundiPrensa. Madrid, Barcelona, México. 558 p.
- Moinereau J, Hermann, J.P., Favrot C, Riviere L.M., 1987. The substrats-Inventaire, caractéristiques, ressources. 15-75. In: Blanc D (ed.). Les Cultures Hors Sol. 2e ed. Institut National de la Recherche Agronomique. París, Francia.
- Miller, D.E y W.H. Gardner 1962. Water infiltration into stratified soil. Proc. Soil Sci. Am. 26:115-118

Narváez, W.A., A. Benavides., M. E. Vazquez y M. Cabrera. 2014. Efecto de la aplicación de lodos crudos de la industria textil en la productividad y en la composición química de lechuga (*Lactuca sativa*). *Rev. Int. Contam. Ambient.* 30(4):379-391

Noguera, P., M. Abad., V. Noguera., R. Puchades y A. Maquieira. 2000. Coconutcoirwaste, a new and viable ecologically-friendlypeatsubstitute. *Acta Hort.* 517:279-288.

Preciado, P., G.A. Baca., J.L. Tirado., J. Kahuashi., L. Tijerina y A. Martínez. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20 267-276.

Porter C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *ByoCycle* 41:30-35.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. Hidroponía rustica. Sistema de agronegocios traspatio. 12 p.

Salazar, R., A. Rojano Y I. López. 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua.* 2:7 p.

M. A. Segura., P. Preciado., G. González., J.E. Frías., G. García., J. A. Orozco y M. Enríquez. 2008. Adición de material pomáceo a sustratos de arena para incrementar la capacidad de retención de humedad. *Interciencia* (33):923–928

ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA ÓPTIMA DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO

Luis A. Flores-Cruz^{161*} y José A. García-Salazar¹⁶¹

Resumen

Para poder determinar la superficie cultivada óptima de caña de azúcar destinada a la producción de azúcar se formuló y se obtuvo la solución de un modelo de equilibrio espacial aplicado al mercado del azúcar, el cual maximiza la ganancia de la industria. Se consideró la demanda de caña de cada ingenio, así como, la demanda, la oferta y la distribución de la producción de azúcar a nivel nacional y exportaciones. El modelo usó datos de la zafra 2014/2015 y se obtuvieron cuatro soluciones que corresponden al año base y a reducciones graduales en la producción total de azúcar. Los resultados indican que al disminuir la producción total en un 10% (de 5.98 a 5.38 millones de toneladas de azúcar), la superficie nacional destinada a la producción de caña sería 687.6 mil ha (12.2% en reducción) y los ingenios San Cristóbal, San Nicolás y Plan de Ayala serían los que más disminuirían su producción de azúcar, en 276.0, 97.5 y 85.2 mil toneladas, respectivamente. Su superficie cosechada de caña a la vez se reduce en 49.2, 13.0 y 14.5 mil hectáreas, respectivamente.

Palabras clave: Caña, azúcar, superficie cosechada, consumo, modelo de equilibrio espacial

Introducción

Por su relevancia económica y social en el campo, la agroindustria azucarera es una de las más importantes en México. En el año 2011 esta agroindustria generó 440 mil empleos directos en la producción de caña y azúcar, 490 mil empleos en la industria consumidora y 1,270 miles de empleos indirectos. Su actividad productiva se desarrolló en 227 municipios de 15 entidades federativas, donde habitan 12 millones de personas y en donde se generó el 11.6% del valor de la producción del sector primario (SE, 2012).

¹⁶¹Posgrado en Economía. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. CP 56230. Montecillo, Estado de México.

* flores.luis@colpos.mx

La producción de azúcar se realiza en 54 ingenios distribuidos en el país en los cuales, en la zafra 2014/15 se industrializaron 53.68 millones de toneladas de caña que se cultivaron en 783.5 mil hectáreas (Infocana-CONADESUCA, 2016a). Para el mismo periodo la producción de azúcar fue de 5.98 millones de ton, de la cual 71.6 % correspondió a azúcar estándar y 28.4 % a azúcar refinada. El consumo nacional aparente fue de 4.40 millones de toneladas. Dado que la industria genera excedentes, se exportaron 1.58 millones de toneladas, principalmente a los EE.UU. (CONADESUCA, 2016a).

El comercio del azúcar con Estados Unidos ha sufrido diferentes cambios a largo del tiempo, pero fue a partir de la apertura del TLCAN en 1994 que adquiere más relevancia, ya que se sentaron las bases para que México empezara a importar jarabe de maíz de alta fructosa, el sustituto perfecto del azúcar. El tratado permitió aprovechar el bajo precio internacional del jarabe, ocasionando la sustitución en el consumo del azúcar por el jarabe estadounidense y exportar los excedentes de azúcar.

A partir la apertura comercial acordada en el tratado, la industria del azúcar se ha visto inmersa en una guerra comercial por edulcorantes con los EE.UU; principalmente acusaciones por dumping y establecimiento de cuotas máximas de importación (México contra el jarabe de maíz estadounidense y EE.UU. contra el azúcar mexicano) (Senado de la Republica, 2017). El conflicto más reciente entre México y los EE.UU. sucedió a principios del 2017, cuando autoridades de los EE.UU. argumentaron que México solo podía exportar el 40 % del cupo asignado en los primeros seis meses del ciclo, lo cual no se había cumplido por parte de nuestro país. Ante tal situación, México optó por cancelar temporalmente los permisos previos de exportación establecidos en el 2014 (Barrera, 2017; La Razón, 2017). En junio de 2017 se llega a un acuerdo en el cual México redujo las exportaciones de azúcar refinada de 53 a 30%, e incrementó la azúcar cruda (mascabado) a 70% de exportaciones totales (CONADESUCA, 2017; Rodríguez, 2017).

Ante el panorama que se tiene del comercio de azúcar con los Estados Unidos y el excedente de producción en las últimas zafras se lleva a la necesidad de incursionar en nuevos mercados; sin embargo, ante precios internacionales bajos del azúcar, se deben considerar alternativas propuestas en el PRONAC, (2014) como destinar caña a la producción sustentable de biocombustibles para el mercado nacional, para la producción de alcohol, así como productos y subproductos, con lo que se aprovecharían los altos niveles de producción de caña de azúcar alcanzados.

Considerando la importancia que tiene la industria azucarera en nuestro país y tomando en cuenta la sobreproducción y la reducción en exportaciones hacia los Estados Unidos en los últimos años, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la superficie nacional óptima destinada para la producción de caña destinada a la producción de azúcar, así como identificar las zonas en las cuales deberían reducirse tal superficie.

Materiales y Métodos

Se planteó y obtuvo la solución de un modelo de equilibrio espacial aplicado al mercado del azúcar de la zafra 2014/2015. La formulación del modelo se basó en Takayama y Judge (1971) y la función objetivo del modelo maximiza la ganancia neta. Se consideró la demanda de caña de cada ingenio, así como, la demanda, la oferta y la distribución de la producción de azúcar a nivel nacional y exportaciones. El modelo consideró los 45 distritos de desarrollo productores de caña en el país, 54 ingenios en operación y 12 puntos de salida de las exportaciones.

Se obtuvieron cuatro soluciones del modelo. La primera representa la situación observada en el periodo de análisis (zafra 2014/2015) y para determinar la superficie óptima de cultivo de caña para la producción de azúcar se realizaron tres escenarios considerando una disminución en la producción total nacional de azúcar estándar y refinada. El Escenario 1 consideró una reducción de 10% de la producción total de azúcar, y los Escenarios 2 y 3 una reducción de 15 y 20%, respectivamente. En los tres escenarios la producción de azúcar estándar y refinada en los ingenios se considera como variable endógena. Al disminuir la producción total de azúcar, la producción en los ingenios disminuye en un rango que va de la oferta actual hasta poder ser nula, con dicha disminución se calcula de manera indirecta la superficie cosechada para cada escenario.

Se obtuvo información sobre las principales variables relacionadas con el mercado de azúcar a nivel nacional. La solución del modelo fue estimada usando procedimiento MINOS escrito en el lenguaje de programación GAMS (General Algebraic Modeling Systems).

Resultados y discusión

Los datos observados en la zafra 2014/2015 indican que se tuvo una oferta nacional de azúcar igual a 5.98 millones toneladas, siendo los ingenios San Cristóbal, Tres Valles y Tala (José Ma. Martínez) los que presentaron la mayor producción con 281.8, 272.8 y 270.8 mil toneladas, respectivamente. La superficie nacional destinada al cultivo de caña fue de 783.5 mil hectáreas.

En el escenario 1 se asume que la producción total de azúcar disminuye 10% (de 5.98 a 5.38 millones de toneladas). Son nueve ingenios (1 en Campeche, 2 en Michoacán, 1 en Quintana Roo, 1 en San Luis Potosí y 4 en Veracruz) los que reducirían su producción de los cuales San Cristóbal y San Nicolás en Veracruz y, Plan de Ayala en San Luis Potosí presentarían la mayor reducción en términos absolutos con 276.0, 97.5 y 85.2 mil toneladas, respectivamente. Bajo este mismo escenario, la superficie cosechada de caña a nivel

nacional disminuye 12.2% (de 783.5 a 687.6 mil hectáreas); siendo las regiones de Ciudad Alemán, Jáltipan y San Adres Tuxtla en el estado de Veracruz (zonas que abastecen al ingenio San Cristóbal) las que más disminuyen su superficie cosechada pasando de 50.2 mil a 1 mil hectáreas (98% de disminución).

Al suponer una reducción en la producción nacional de azúcar de 15% (escenario 2), es decir, dejar de producir 897.7 mil toneladas de azúcar, trece ingenios reducirían su producción de los cuales resaltan san Cristóbal, el Higo y San Nicolás (ubicados en el estado de Veracruz) con disminuciones de 281.8, 167.2 y 97.5 miles de toneladas, respectivamente. En el caso de la superficie cosechada nacional disminuye 17.6% (de 783.5 a 645.5 mil hectáreas). El estado de Veracruz presenta la mayor disminución con 107 mil hectáreas y los distritos de desarrollo que reducirían su superficie cultivada de caña serían Veracruz, Ciudad Alemán, Jáltipan, San Andrés Tuxtla, Fortín y Panuco.

En el escenario 3 se asume una reducción en la producción total de azúcar de 20%; ubicándose en 4.78 millones de toneladas. Tal disminución se ve reflejada en diez y seis ingenios de los cuales, siete dejarían de producir (6 en Veracruz y 1 en Michoacán) pues el modelo arroja una producción de cero. En términos absolutos los ingenios san Cristóbal, El Higo y san Nicolás son los que más dejarían de producir con 281.8, 180.6 y 97.5 mil toneladas en disminución, respectivamente. La superficie cultivada óptima de caña en este escenario es igual a 605.1 mil hectáreas. Veracruz es el estado que más reduciría su superficie cosechada en 133.8 mil ha (75% de la reducción total); reducción que se ve reflejada en ocho de los nueve distritos productores, estos son: La Antigua, Veracruz, San Andrés Tuxtla, Ciudad Alemán, Jáltipan, Fortín y Pánuco.

Conclusiones

Soluciones diversas de un modelo de equilibrio espacial que analiza la distribución de la producción en el mercado nacional y de exportaciones, así como el abasto del consumo de azúcar permiten concluir que ante una disminución en la producción de azúcar, los ingenios ubicados en los estados de Veracruz y San Luis Potosí serían los que más reduciría su producción y por consiguiente su superficie destinada a la producción de caña. La característica que comparten estas zonas es que tienen costos de acarreo de materia prima muy elevados.

Un esfuerzo por controlar la superficie cultivada destinada a la producción de caña podría reducir la sobreproducción de azúcar que se tiene en ciertos meses, así como poder destinar la superficie restante para la diversificación de productos tales como biocombustibles.

Literatura citada

Barrera, A. 2017. México cancela permisos vigentes de exportación de azúcar a EEUU, busca evitar sanciones. Reuters América Latina. 7 de marzo de 2017.

CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016. Balance nacional de azúcar, varios meses. Disponible en: <http://www.gob.mx/conadesuca>. [consultado el 18 de agosto de 2016].

CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2017. México y EE.UU. Alcanzan Acuerdo Sobre Comercio De Azúcar: Fuentes Cercanas A Negociaciones. Disponible en: <https://www.gob.mx/conadesuca/prensa/iniciara-la-zafra-a-mediados-de-noviembre-ramiro-ochoa> [consultado el 13 junio de 2017].

Infocana-CONADESUCA (Sistema Infocaña- Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016. Estadísticas de campo y fábrica, reportes de cierre. CONADESUCA. C. de México. <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE> [consultado el 16 de agosto de 2016]

La Razón. 2017. México cancela los envíos de azúcar a EU para evitar sanción. La Razón, 8 de marzo de 2017.

PRONAC (Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018). 2014. Diario Oficial de la Federación, Secretaria de Gobernación. C. de México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014

Rodríguez, J. 2017. Cañeros ponen condiciones a Estados Unidos. Novedades de Quintana Roo.

SE (Secretaria de Economía). 2012. Análisis de la situación económica, tecnológica y de política comercial del sector edulcorantes en México. Dirección general de industrias básicas. Cd. de México. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf [consultado el 17 enero de 2017].

Senado de la República, 2017. México y Estados Unidos llegan a acuerdo sobre conflicto por el comercio binacional de azúcar, Nota de coyuntura. Centro de estudios internacionales, Gilberto Bosques. Senado de la república, C. de México. Disponible en: http://centrogilbertobosques.senado.gob.mx/docs/200617_Azucar_MX EEUU.pdf [consultado el 13 de junio de 2017].

Takayama, Takashi and George G. Judge. 1971. Spatial and temporal price and allocation models. North -Holland Publishing Co., Amsterdam Holland. 528 p.

INFLUENCIA VARIETAL SOBRE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE LA PLÁNTULA DE COCOTERO (*Cocos nucifera* L.)

Matilde Cortazar Ríos^{162*} y Deisy Lorena Flórez Gómez¹⁶³

Resumen

En los últimos años, la demanda de planta de cocotero se ha incrementado, para restituir plantaciones afectadas por problemas fitosanitarios como el amarillamiento letal, ácaro del fruto y el picudo negro, o bien, para renovar las plantaciones viejas. En esta actividad, es importante producir planta de calidad, tomando en cuenta que, ésta constituye uno de los principales cimientos para la obtención de buenas producciones de cocotero. Algunos atributos de calidad que se deben considerar en una planta de cocotero son su velocidad de germinación, la sanidad y el vigor (color y crecimiento). El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de diferentes cultivares de cocotero sobre los días a germinación de la semilla y parámetros del crecimiento inicial de la plántula como la emisión de hojas, altura de planta y diámetro del tallo. Los cultivares evaluados fueron el Híbrido Chactemal (Acapulco x Criollo Alto Felicitos), Criollo Alto Felicitos (Michoacán), Criollo Alto Gigante (Colima), Criollo Alto Escondido (Oaxaca) y la variedad Acapulco (Malayo Enano Amarillo). Se realizaron análisis del crecimiento encontrándose que la plántula de cocotero crece más rápido hacia arriba (altura) que en su grosor. Los resultados obtenidos indican que sí existe un efecto varietal sobre los días a germinación y los parámetros de crecimiento inicial de la plántula de cocotero. El Híbrido Chactemal manifiesta su vigor híbrido a través de un rápido crecimiento de la altura (58.03 cm) y del diámetro del tallo (2.78 cm), mientras su progenitor femenino, la variedad Acapulco, tiene un crecimiento ligeramente más lento, alcanzando 47.85 cm y 2.58 cm, respectivamente, en la décima medición.

Palabras clave: Cultivares, días a germinación, parámetros de crecimiento

¹⁶² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Chetumal.

¹⁶³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. C.I. La Libertad.

* cortazar.matilde@inifap.gob.mx

Introducción

El crecimiento se refiere al aumento irreversible de las dimensiones del organismo, y puede ocurrir tanto por el aumento en las dimensiones de las células (cambios en tamaño, masa, forma y/o número) como por la división de estas (Krug, 1997). Está influenciado por capacidades genéticas interactuando con el complejo ambiental (factores climáticos, edáficos y competitivos); el cálculo del crecimiento involucra el tiempo (Krug, 1997).

Para el análisis de crecimiento se utilizan dos procedimientos diferentes, el primero denominado análisis clásico, que contempla medidas hechas a intervalos relativamente largos de tiempo usando un gran número de plantas; el segundo denominado análisis funcional, que comprende medidas a intervalos de tiempo más frecuentes y usando un pequeño número de plantas (Santos y Segura, 2005). Por su parte, Rodríguez (2005), cita que el crecimiento durante un intervalo de tiempo puede ser calculado por simple sustracción.

Harries (2012), menciona que existen cocos de germinación lenta y otros de germinación rápida, y que la diversidad de esta especie ha sido determinada por las tasas de germinación.

En la producción de plántulas de pino en vivero, el porcentaje de germinación y la velocidad de germinación, sirven para determinar el máximo potencial de producción de planta de un origen geográfico específico de semilla de cada especie (Aparicio et al., 1999). Un estudio para seleccionar líneas de maíz con alto vigor, toma como criterios los índices de velocidad de emergencia y germinación (Martínez et al., 2010). La velocidad de germinación es uno de los conceptos más viejos del vigor de la plántula (Maguire, 1962).

Liyanage (1953) indica que los aspectos que deben tomarse en cuenta durante la selección de las plántulas son la germinación temprana, la división temprana de las hojas en folíolos, tallos cortos y gruesos, aspecto sano y robusto, con un mínimo de seis hojas a la edad de un año. Este autor cita que la selección adecuada de plántulas en el vivero solo asegura un 10 por ciento de mejora en el rendimiento.

En Pakistán estudiaron tres variedades de coco, en la etapa de vivero, en plántulas de 12 meses de edad; encontrando que la longitud de la plántula, la circunferencia del tallo, el número total de hojas y el número de raíces fue significativamente más alta en Malasia Golden Tall, en comparación con Sri Lanka Tall y Malaysia Yellow Tall (Solangi et al., 2014).

Omokhua et al., (2015), encontraron que el tamaño más grande de semilla dio los mejores índices de germinación (porcentaje de germinación, tiempo de germinación y periodo de germinación) y tuvo los más altos valores para todos los parámetros de crecimiento medidos, concluyendo que el tamaño más grande de semilla tiene la habilidad para producir plántulas de alta calidad de *Symphonia globulifera*.

Al respecto, Wickramaratne et al., (1987), indican que las semillas de cocotero no deben ser rechazadas en base al tamaño, cantidad de agua o forma de la nuez, ellos sugieren eliminar la selección de semillas y colocar todas las nueces recogidas de las palmas seleccionadas en el vivero, posteriormente, se haría la selección de plántulas, como de costumbre.

Para producir planta de calidad de cocotero en México, es importante, conocer el comportamiento de los cultivares en sus primeras etapas de crecimiento, en almácigo y vivero.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de diferentes cultivares de cocotero sobre los días a germinación de la semilla y parámetros del crecimiento inicial de la plántula como la emisión de hojas, altura de planta y diámetro del tallo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental Chetumal (INIFAP), entre julio y diciembre del 2014. Se cosecharon, marcaron y almacigaron 920 semillas completamente secas, de 12 a 13 meses de edad, de cinco diferentes cultivares, Híbrido Chactemal, Criollo Alto Felicitos, Criollo Alto Gigante, Criollo Alto Escondido y Acapulco. Previo a la siembra de las semillas, se limpiaron y adecuaron los almácigos, para ello se nivelaron y se les colocó una capa de 10 cm de tierra de textura ligera para facilitar la distribución del agua y el desarrollo de las raíces. La siembra consistió en colocar las semillas una junto a la otra en posición ligeramente inclinada y con la parte basal en una sola dirección, luego se cubrían con tierra en 2/3 partes, tratando de dejar al descubierto la parte basal donde se localiza el poro germinativo. Los riegos se realizaron cada tercer día, aplicando 118.37 L 10 m⁻² (superficie de cada almácigo), cuyo volumen fue determinado a través de un aforo. A cada semilla se le colocó una etiqueta con palitos de madera para facilitar los registros.

Se monitoreó diariamente la emergencia de la plúmula para registrar la fecha de germinación de cada semilla; se determinaron los días a germinación; una semana después de la emergencia, inició el registro semanal de los parámetros de crecimiento, número de hojas emitidas, altura de planta y diámetro del tallo, para las mediciones se utilizó un vernier digital y una cinta métrica.

El análisis estadístico se realizó con las plántulas a las cuales se alcanzó a registrarles 10 mediciones semanales, bajo un diseño experimental completamente al azar desbalanceado. Se utilizó la prueba de Duncan al 5% para la comparación de medias. Se efectuó un análisis de correlación. Para los análisis se aplicó el paquete estadístico SAS.

Por otro lado, se determinó el porcentaje de crecimiento y la tasa absoluta de crecimiento (TAC) para la altura de planta y diámetro del tallo. Las fórmulas aplicadas son las que se indican a continuación:

$$\text{Porcentaje de crecimiento} = (V_f - V_i/n \times V_i) \times 100$$

$$\text{TAC (cm/semana)} = V_f - V_i/n - 1$$

donde:

V_f = Valor final

V_i = Valor inicial

n = número de mediciones

Resultados y discusión

Del total de semillas sembradas, germinaron 596, que representa un 65%. Las plántulas que se sometieron al análisis fueron 414, correspondiendo 126 al Híbrido Chactemal (HCH), 67 al Criollo Alto Felicitos (CAMICH), 80 al Criollo Alto Gigante (CACOL), 73 al Criollo Alto Escondido (CAOAX) y 68 al Acapulco (MEA). El promedio de días a germinación fue de 40.66, mientras que la velocidad de germinación fluctuó de muy rápida, rápida a moderada (Cuadro 1), plántulas con estas características son las de mejor calidad, ya que existen reportes que asocian una rápida germinación con precocidad en el inicio de la etapa reproductiva en campo. Sobre esta variable, Whitehead (1965), señala que los cocos de hábitat natural germinan entre 60 a 220 días, mientras que los cocos domesticados, lo hacen entre 30 y 140 días. Por su parte, Fernando et al., (1993), reportan que para la identificación de plantas de diferentes cultivares, un criterio útil es el tiempo necesario para el brote.

Cuadro 1. Datos estadísticos de los días a germinación de las semillas de cocotero.

Dato estadístico	Valor	Velocidad de germinación
Media	40.66	Muy rápida
Mediana	41.00	
Moda	38.00	
Desviación típica	15.01	
Varianza	225.44	
Rango	68	
Observación inferior	8	Muy rápida
Observación superior	76	Moderada

En la Figura 1, se presentan las curvas de crecimiento de las variables estudiadas, independientemente de la variedad. La literatura señala que cuando el tamaño de un organismo o una dimensión específica de él (volumen, peso, altura, diámetro, área basal, etc.) es graficado con respecto a su edad, la curva aparecida se llama curva de crecimiento (Anónimo). La emisión de hojas comienza muy incipiente, y para la décima semana después de la emergencia de la plántula, el número de hojas emitidas alcanzó poco más de tres, este comportamiento no afectó el crecimiento inicial, ya que la plántula durante este periodo aún se alimentó de las reservas del haustorio. Con respecto a la altura de planta y diámetro del tallo, la tendencia fue ir en aumento, pero en base al porcentaje de crecimiento y la TAC (Cuadro 2), fue muy notorio que la plántula creció más rápido hacia arriba que en su grosor.

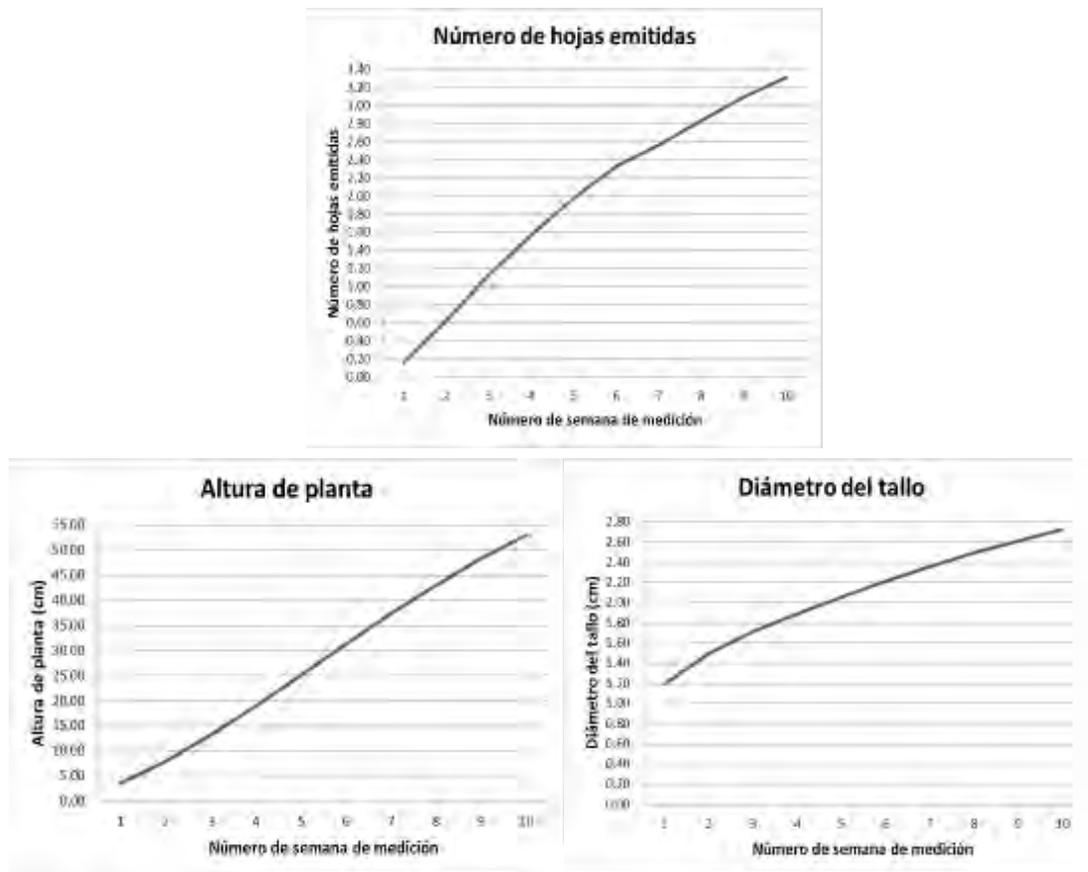


Figura 1. Dinámica de crecimiento del número de hojas emitidas, altura de planta y diámetro del tallo de plántulas de cocotero.

Cuadro 2. Porcentaje de crecimiento y TAC de plántulas de cocotero.

Variable	Porcentaje de crecimiento	TAC
Altura de planta	137.57	5.49 cm/semana
Diámetro del tallo	12.84	0.17 cm/semana

En las Figuras 2, 3 y 4, se ilustra cómo fue la dinámica de crecimiento de cada uno de los cinco diferentes cultivares. En cuanto a hojas emitidas, el MEA y HCH, fueron los que emitieron el mayor número de hojas en el período de evaluación, esto se atribuye a que éstos cultivares son más precoces con respecto a los criollos altos, dentro de estos el que mostró menor emisión de hojas fue el CAOAX. Con respecto al crecimiento de la altura de planta y diámetro del tallo, el HCH creció más precoz en comparación con el MEA (Cuadro 3), posiblemente por su condición de ser más vigoroso, existiendo una diferencia al final de 10 cm en la altura y de 0.20 cm en el diámetro, entre estos dos cultivares. Una planta adulta de MEA llega a alcanzar alturas de 10-12 m (porte bajo), el híbrido de 14-16 m (porte intermedio) y los criollos de 20-35 m (porte alto), mientras que el grosor del tallo del MEA siempre es menor que el del híbrido y el de los criollos, éstos últimos alcanzan grandes dimensiones de grosor, sobre todo durante la etapa juvenil.

El análisis de varianza indicó que sí existen diferencias significativas entre los cinco cultivares para las variables dependientes días a germinación, número de hojas emitidas, altura de planta y diámetro del tallo. El Cuadro 4, concentra la comparación de medias, ahí se puede observar que los cultivares que germinaron más rápido fueron el HCH y CAOAX, sin embargo, este último cultivar fue el que emitió el menor número de hojas. El cultivar que presentó un buen vigor, reflejado en la altura de planta y en el diámetro del tallo fue el HCH, mientras que el MEA fue el que mostró un menor crecimiento en estas variables. Sobre este tema, Chan y Elevitch (2006), citan que dentro de una variedad o población, la velocidad de germinación implica vigor, precocidad (madurez sexual temprana) y alto rendimiento.

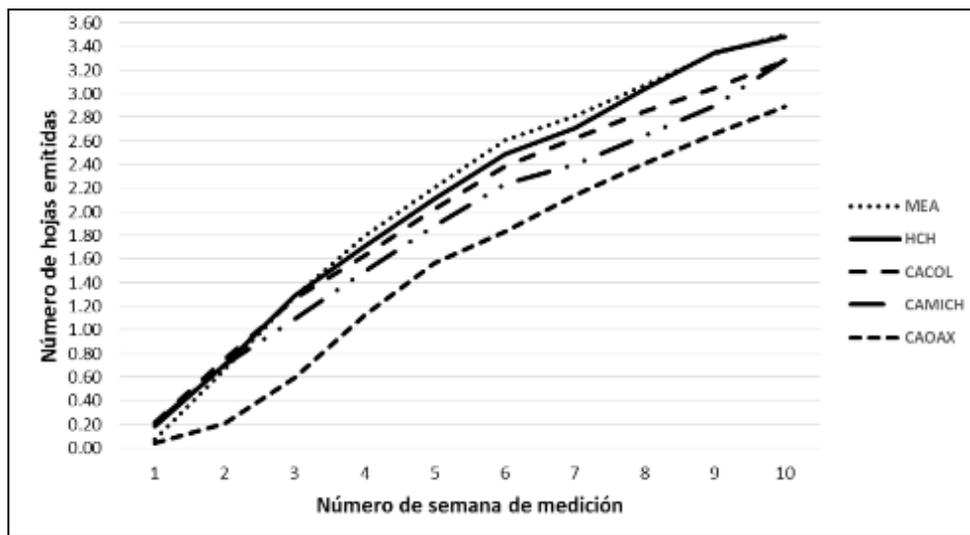


Figura 2. Dinámica de crecimiento del Núm. de hojas emitidas en plántulas de cinco cultivares de cocotero.

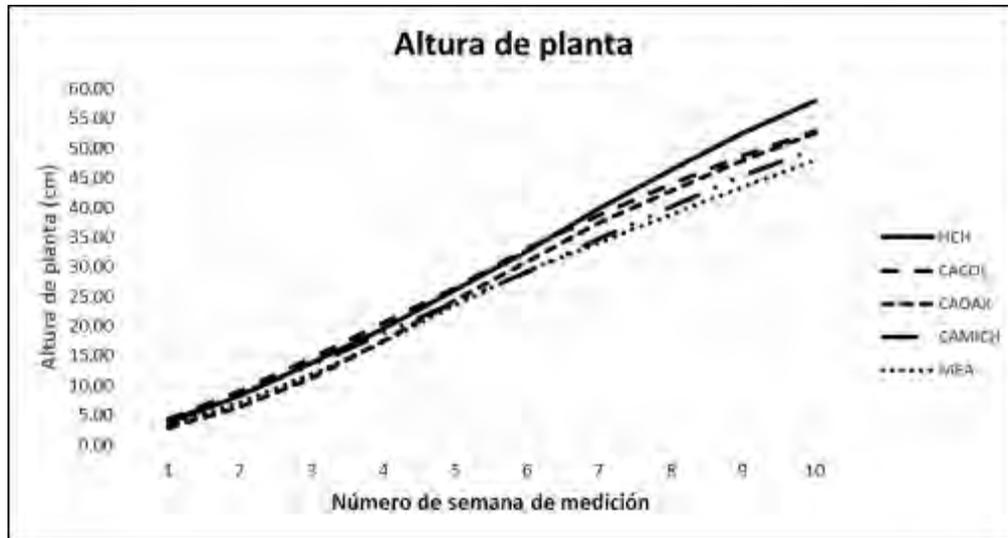


Figura 3. Dinámica de crecimiento de la altura de planta en cinco cultivares de cocotero.

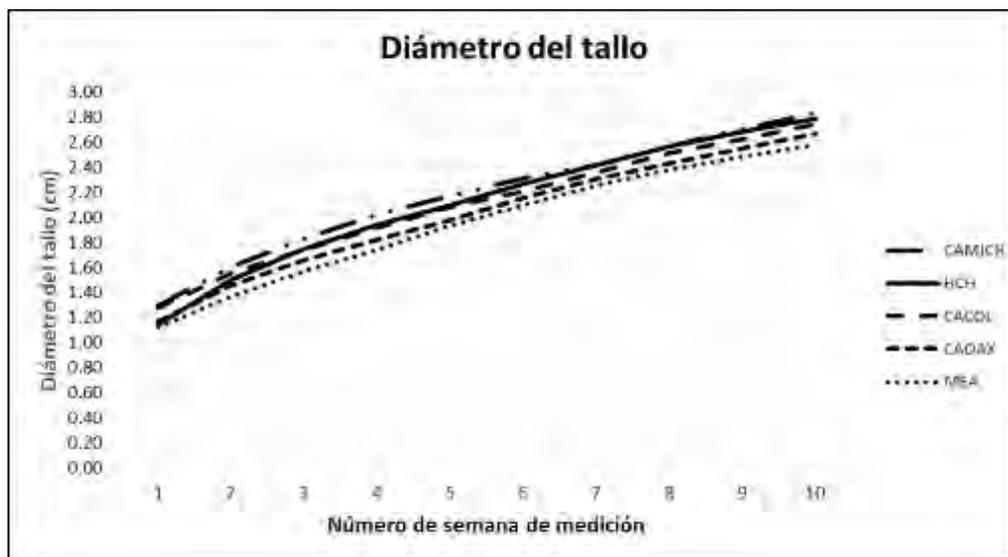


Figura 4. Dinámica de crecimiento del diámetro del tallo en plántulas de cinco cultivares de cocotero.

Cuadro 3. Porcentaje de crecimiento y TAC de plántulas de cocotero de cinco cultivares.

Cultivar	Altura de planta		Diámetro del tallo	
	Porcentaje de crecimiento	TAC	Porcentaje de crecimiento	TAC
HCH	150.00	6.05 cm/semana	14.00	0.20 cm/semana
CAOAX	173.85	5.52 cm/semana	12.87	0.17 cm/semana
CACOL	113.80	5.39 cm/semana	11.45	0.16 cm/semana
CAMICH	114.87	5.09 cm/semana	11.80	0.17 cm/semana
MEA	141.28	4.96 cm/semana	13.00	0.16 cm/semana

Cuadro 4. Comparación de medias de días a germinación de la semilla y parámetros de crecimiento de la plántula de coco de cinco cultivares, alcanzados en la décima semana después de la siembra.

Tratamiento	Días a germinación	Núm. de hojas emitidas	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)
Criollo Alto Gigante (CACOL)	50.00a	3.25 a	52.79 b	2.74ab
Criollo Alto Felicitos (CAMICH)	42.88 b	3.28 a	49.80 b	2.83a
Acapulco (MEA)	40.84 bc	3.49 a	47.85 b	2.58 c
Híbrido Chactemal (HCH)	37.04 cd	3.44 a	58.03a	2.78ab
Criollo Alto Escondido (CAOAX)	34.48 d	2.85 b	52.51 b	2.67 bc
Promedio general	40.66	3.28	53.04	2.73

Prueba Duncan al 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Resultados similares obtuvieron De Faira et al., (2002), donde el híbrido Enano Amarillo de Gramame x Gigante del Oeste Africano y el Enano Rojo de Gramame presentaron, respectivamente, mayores y menores valores para las características: porcentaje de germinación, número de hojas, circunferencia del tallo y altura.

El análisis de correlación (Cuadro 5), indica que los días a germinación tienen una relación inversa baja con los parámetros de crecimiento, es decir, que entre menos días tarde la semilla en emerger mayor será el crecimiento. Sólo existe una relación media entre el número de hojas emitidas con la altura de planta y el diámetro del tallo, y entre la altura de planta y el diámetro del tallo, lo que significa que a medida que crece la planta también los otros parámetros lo hacen.

Cuadro 5. Matriz de correlación entre las variables.

Variable	Días a germinación	Núm. de hojas emitidas	Altura de planta	Diámetro del tallo
Días a germinación	1.00000	-0.10656 0.0302	-0.12091 0.0138	-0.19690 < 0.0001
Núm. de hojas emitidas	-0.10656 0.0302	1.00000	0.32741 <0.0001	0.45692 <0.0001
Altura de planta	-0.12091 0.0138	0.32741 <0.0001	1.00000	0.47677 <0.0001
Diámetro del tallo	-0.19690 <0.0001	0.45692 <0.0001	0.47677 <0.0001	1.00000

Coefficientes de correlación Pearson.

Conclusiones

Existe un efecto varietal sobre los días a germinación y los parámetros de crecimiento inicial de la plántula de cocotero. El Híbrido Chactemal manifiesta su vigor híbrido a través de un rápido crecimiento de la altura (58.03 cm) y del diámetro del tallo (2.78 cm), mientras su progenitor femenino, la variedad Acapulco, tiene un crecimiento ligeramente más lento, alcanzando 47.85 cm y 2.58 cm, respectivamente, en la décima medición.

Literatura citada

- Anónimo. Crecimiento (epidometria). http://www.bdigital.unal.edu.co/125/9/54_-_8_Capi_8.pdf [consultado el 8 de Julio de 2017].
- Aparicio, R.A., H. Cruz J. y J. Alba L. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus Patula* Sch. Et Cham., *Pinus Montezumae* Lamb. y *Pinus Pseudostrobus* Lindl. en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana* 1 (2):31-36.
- Chan, E. and C.R. Elevitch. 2006. *Cocos nucifera* (coconut). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Ver. 2.1. <http://www.traditionaltree.org>. (Consultado el 09 de Junio de 2017). 27 p.
- De Faria, W.S., H.N. Gaíva, W.E. Pereira. 2002. Comportamento de cinco genótipos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) na fase de germinação e de crescimento de mudas, sob diferentes sistemas de produção. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - sp*, 24(2) p. 458-462.
- Fernando, W.M.U., T.S.G. Pieris and M.R.T. Wickramaratne. 1993. Variation in seedling characters of three different coconut cultivars and their use in identification in the nursery. *Cocos* (1991-1993) 9: 23-29.
- Harries, H.C. 2012. Germination rate is the significant characteristic determining coconut palm diversity. *AoB PLANTS*.
- Krug, H. 1997. Environmental influences on development growth and yield. P. 101-180. En: *The Physiology of Vegetable Crops*. H.C. Wien (Ed.). CABI Publishing, London. 662 p.
- Liyanage, D.V. 1953. Selection of coconut seed nuts and seedlings. *Ceylon Coconut Quart.* 4:127-129.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.

Martínez, S.J., J. Virgen V., M.G. Peña O. y A. Santiago R. 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 Núm.3, 1 de julio - 30 de Septiembre, 2010 p. 289-304.

Omokhua, G.E., Oyebade B.A. and Ebosele C. 2015. The effects of seed size on germination and early seedling growth performance of *Symphonia globulifera* L.F. in Nigeria. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* e-ISSN: 2319-2380, p-ISSN: 2319-2372. Volume 8, Issue 3 Ver. II (Mar. 2015), p 82-87 www.iosrjournals.org [consultado el 6 de Junio de 2017].

Rodríguez, M. 2005. Estudio del crecimiento y desarrollo y de la maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4, en condiciones del municipio de La Vega (Cundinamarca). Tesis de grado. Programa de maestría, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Santos, M. y M. Segura. 2005. Evaluación de variables fisiológicas y componentes de rendimiento en cuatro variedades y dos clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía, Bogotá.

Solangi, A.H., P.A. Baloch, A.A. Siddiqui, R. Uddin, F.K. Nizamani and M.Z. Iqbal. 2014. Seedling growth of three coconut (*Cocos nucifera* L.) varieties in Karachi, Pakistan. *Short Communication. Int. J. Biol. Res.* 2(2):153-154.

Whitehead, R.A. 1965. Speed of germination, a characteristic of possible taxonomic significance in *Cocos nucifera* L. *Tropical Agriculture* 42:369-372.

Wickramaratne, M. R. T., R. Coe and S. Fernando. 1987. Evaluation of criteria for selection of seed Coconuts (*Cocos nucifera* L.). *Cocos*, 5:1-7.

VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA SOYA EN UN CICLO CON DEFICIENCIAS DE HUMEDAD EN TAMAULIPAS

Julio César García Rodríguez^{164*}, José Eduardo de la Rosa Flores¹⁶⁵, Nicolás Maldonado Moreno¹⁶⁴ y Guillermo Ascencio Luciano¹⁶⁴

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la variabilidad genética del banco de germoplasma de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] del Campo Experimental Las Huastecas del INIFAP, en un año con deficiencias de humedad durante la etapa reproductiva del cultivo. El ensayo se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2016. Se caracterizaron 599 genotipos. Cada genotipo se sembró en parcelas de un surco de 5 m de largo y 0.76 m de ancho. Se midieron 15 variables morfológicas y agronómicas. El estudio de la variabilidad genética se llevó a cabo mediante un análisis de componentes principales. También se calculó un índice de selección considerando las características agronómicas que un genotipo debe reunir para exponer su mejor potencial productivo. Los primeros cuatro componentes principales explicaron el 55.85% de la varianza total. El primer componente aportó el 23.65% a la varianza y diferenció genotipos precoces, de poca altura, crecimiento horizontal, pubescencia gris oscuro, forma del folíolo central triangular-elongada y que produjeron buena calidad de semilla. El segundo componente explicó el 13.80% de la varianza y distinguió genotipos con buena calidad de semilla, color del follaje verde ligero, crecimiento erecto, forma de semilla elongada-plana y el menor peso de 100 semillas (grano chico). El tercer componente contribuyó con el 10.86% a la varianza, agrupando genotipos con hábito de crecimiento indeterminado, el mayor peso de 100 semillas (grano grande), color verde ligero en el follaje y la mayor altura a R8, crecimiento erecto y flor blanca. El cuarto componente sólo contribuyó con el 7.54% de la varianza. El índice de selección arrojó que 16 genotipos mostraron el mayor potencial productivo. El germoplasma de soya presentó diversos patrones genéticos bajo condiciones de escasa humedad durante la etapa reproductiva. Las características que más contribuyeron en la variabilidad genética fueron las relacionadas con la fenología, el desarrollo de la planta y el peso del grano. Se identificaron genotipos capaces de potencializar sus características agronómicas bajo las condiciones estudiadas.

¹⁶⁴INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas.

¹⁶⁵ Instituto Tecnológico de Altamira.

*garcia.juliocesar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Glycine max (L.) Merr., banco de germoplasma, estrés hídrico, componentes principales

Introducción

La soya [*Glycine max* (L.) Merr.] es uno de los principales cultivos para la alimentación animal y humana, se produce principalmente en Estados Unidos, Brasil, Argentina y China (Kumudini, 2010). La domesticación de *G. max*, proveniente de la especie silvestre *G. soja* Sieb y Zucc., ocurrió en China (Carter et al., 2004); la primera se diferencia de la segunda en que tiene vainas y semillas más pequeñas, tallos más cortos y a veces de tipo enredadera. Las hibridaciones entre especies silvestres y cultivadas producen progenies fértiles. Estas formas intermedias fueron, en un momento, llamadas *G. gracilis* Skvortsov, pero Hermann (1962) la eliminó del nivel de especie y la incorporó en *G. max*, basado en la taxonomía clásica.

La diversidad de la soya ha sido explorada por Hymowitz y Bernard (1991) y Palmer et al. (1995), reportando más de 100,000 accesiones de *G. max*, menos de 10,000 de *G. soja* y alrededor de 3,500 de formas perennes y silvestres, en bancos de germoplasma de todo el mundo. Por su parte, Hill y Nelson (1997) reportaron 16,962 accesiones de soya en la base de datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Actualmente, sólo 495 están disponibles, por lo que constituyen algo extremadamente valioso para los programas de mejoramiento genético, ya que los agricultores del este de Asia están cultivando variedades de alto rendimiento y han dejado de utilizar los genotipos locales, que son la base de la variabilidad genética (Singh y Hymowitz, 1999).

La soya se introdujo al sur de Tamaulipas en 1968 y actualmente es la región que produce más grano de este cultivo (Maldonado, 1994). Hoy en día dicha oleaginosa se siembra en alrededor de 100 mil hectáreas (SIAP, 2017) y es un cultivo adaptado y establecido en la región, proporcionando estabilidad económica a los productores (Maldonado, 1994).

El Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) del INIFAP cuenta con un grupo considerable de accesiones introducidas de soya, principalmente de Estados Unidos, Brasil y Japón; éstas se han utilizado para el desarrollo de líneas avanzadas y variedades en México. Este grupo de materiales constituye la diversidad genética para el desarrollo de variedades en el sur de Tamaulipas, considerando que en la actualidad las condiciones climáticas, principalmente temperatura y precipitación, son muy variables entre años. Así, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la variabilidad genética del banco de germoplasma de soya del CEHUAS, en un año con deficiencias de humedad durante la etapa reproductiva del cultivo.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano 2016 en el CEHUAS, Altamira, Tamaulipas. De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación anual varía de 600 a 1,600 mm y la temperatura media anual de 22 a 26 °C (INIFAP, 1999). Durante el desarrollo del trabajo (agosto a diciembre de 2016) se registró una precipitación acumulada de 260.1 mm y la temperatura máxima promedio fue de 31.1°C y la mínima de 22.8°C (Figura 1). La soya requiere 450 mm de precipitación de julio a octubre para obtener buenos rendimientos cuando se siembra en fecha óptima, de los cuales 170 mm deben ocurrir en septiembre (etapa reproductiva) (Maldonado et al., 2013). Por lo que el ciclo 2016 se consideró con deficiencias de humedad, ya que la precipitación en dicho mes no cubrió los requerimientos del cultivo (Figura 1).

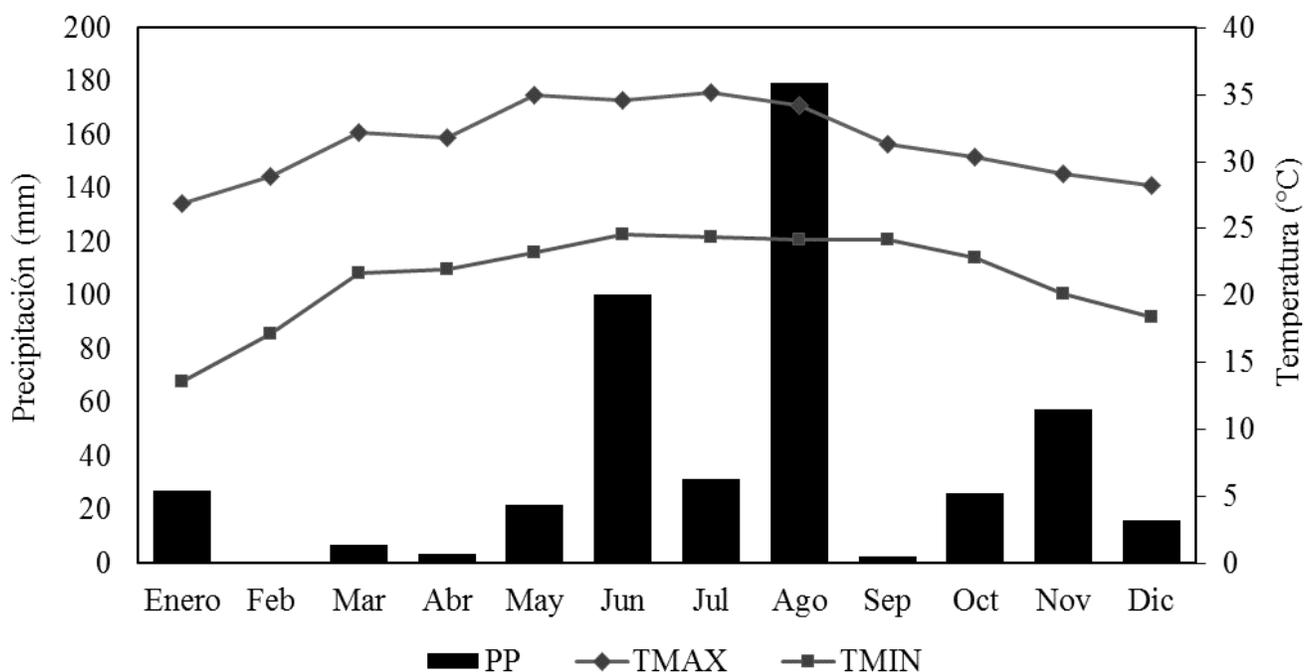


Figura 1. Precipitación y temperatura en el año 2016, estación meteorológica del Campo Experimental Las Huastecas del INIFAP. PP = Precipitación; TMAX = Temperatura máxima; TMIN = Temperatura mínima

La siembra se realizó los días 29 y 30 de junio del 2016. Se caracterizaron 599 genotipos: 217 introducidos de Estados Unidos y Brasil, y 382 variedades y líneas experimentales que se desarrollaron en el programa de mejoramiento genético de soya del INIFAP. Cada genotipo se sembró en un surco de 0.76 m de ancho y 5 m de largo. Se midieron 15 variables morfológicas y agronómicas: 11 cualitativas y cuatro cuantitativas, algunas propuestas por la UPOV (2016). Las primeras incluyeron el hábito de crecimiento (HC), tipo de crecimiento

(TC), color de pubescencia (COP), forma del foliolo central (FFC), intensidad del color verde (ICV), color de flor (CF), tamaño de semilla (TS), forma de semilla (FS), color de testa (CT) y color del hilio (CH) y calidad de semilla (CS). Las segundas consideraron los días a R2 (DR2), días a R8 (DR8), altura a R8 (AR8) y peso de cien semillas (P100S). Para el análisis estadístico, a las variables cualitativas se les dieron valores numéricos utilizando diferentes escalas en función del número de clases que contenía cada variable.

El estudio de la variabilidad genética se llevó a cabo mediante un análisis de componentes principales (ACP) en el programa SAS V.9 (SAS, 1999), de acuerdo con el procedimiento de Herrera y García (2011). Se seleccionaron los cuatro primeros componentes principales según el criterio de Kaiser (1960), citado por Rojas (2003), es decir, aquellos con valor propio mayor o igual a 1. La correlación entre las variables originales y los cuatro primeros componentes principales se calculó a partir de los vectores propios arrojados por el ACP, utilizando la fórmula propuesta por Pla (1986): $r_{(jk)} = l_{(jk)} \times (\lambda_{(k)})^{1/2} / s_{(ij)}$. Donde $r_{(jk)}$ =correlación entre la variable $x_{(ij)}$ original y el k-ésimo componente; $l_{(jk)}$ =elemento j-ésimo del k-ésimo vector propio; $\lambda_{(k)}$ =k-ésimo valor propio y $s_{(ij)}$ =varianzas de la matriz de correlación.

Posterior al análisis de la variabilidad genética, se calculó un índice de selección (IDS) considerando las características para que un genotipo de soya exponga su potencial productivo en el sur de Tamaulipas: DR2 \geq 45, DR8 = 120-135, AR8 \geq 70 cm, P100S > 15 g y CS = 1-2.5.

Resultados y discusión

Los primeros cuatro componentes principales (Cuadro 1) explicaron el 55.85% de la varianza total, porcentaje mayor al de la varianza que explicó el ACP en un estudio previo que realizó Gill (2005), la cual fue menor a 50%. En dicho estudio también se consideraron características morfoagronómicas de la soya; sin embargo, no se mencionó bajo qué condiciones de humedad se llevó a cabo el ensayo.

El primer componente contribuyó con el 23.65% de la varianza total explicada, mientras que la distribución de los coeficientes del primer vector propio (Cuadro 2) y de correlación (Cuadro 3) indicaron que la CS, el COP y la FFC fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dicho componente. De una forma secundaria lo hicieron el TC y el P100S. Por el contrario, los DR2, DR8 y AR8 fueron las que más contribuyeron en forma negativa. Lo anterior indicó que el primer componente permitió distinguir los genotipos que mostraron buena CS, cuyo COP es gris oscuro y la FFC es lanceolada a triangular-elongada; además poseen buen P100S y su TC tiende a ser horizontal.

Cuadro 1. Valores propios y proporción de la varianza explicada en la caracterización de la variabilidad genética de soya durante un año con deficiencias de humedad en el sur de Tamaulipas.

Componentes principales	Valores propios (λ p)	Proporción de la varianza total explicada	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
Hábito de crecimiento (HC)	3.547	23.65	23.65
Tipo de crecimiento (TC)	2.070	13.80	37.45
Días a R2 (DR2)	1.629	10.86	48.31
Días a R8 (DR8)	1.132	7.54	55.85
Altura a R8 (AR8)	0.986	6.57	62.43
Peso de 100 semillas (P100S)	0.952	6.34	68.87
Calidad de semillas (CS)	0.936	6.24	75.01
Color de pubescencia (COP)	0.815	5.43	80.44
Forma del foliolo central (FFC)	0.667	4.45	84.89
Intensidad del color verde (ICV)	0.661	4.41	89.29
Color de flor (CF)	0.525	3.50	92.79
Tamaño de semilla (TS)	0.384	2.56	95.35
Forma de semilla (FS)	0.318	2.12	97.47
Color de testa (CT)	0.241	1.61	99.08
Color del hilio (CH)	0.138	0.92	100.00
Σ	15.000	100.00	-

Las correlaciones negativas mostraron que este grupo fue precoz y no alcanzaron demasiada altura. Gill (2005) también reportó que el peso de semilla, el color de pubescencia de la vaina y la altura de la planta a cosecha, además de otras variables de la soya no medidas en esta exploración, contribuyeron significativamente al primer componente principal.

El segundo componente contribuyó con el 13.80% de la varianza total explicada (Cuadro 1). Los coeficientes del segundo vector propio (Cuadro 2) y de correlación (Cuadro 3), precisaron que las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron la CS, el ICV y la FS, y el P100S; el TS y el TC también contribuyeron pero en forma negativa. Es decir, este componente identificó genotipos con buena CS, de un color verde ligero en el follaje y FS elongada-plana; además presentaron menor P100S, TS pequeña y TC erecto.

El tercer componente contribuyó con el 10.86% de la varianza total explicada (Cuadro 1).

Cuadro 2. Vectores propios de los primeros cuatro componentes principales en la caracterización de la variabilidad genética de la soya en un año con deficiencias de humedad en el sur de Tamaulipas.

Variables	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Hábito de crecimiento (HC)	0.035	0.194	0.565	0.007
Tipo de crecimiento (TC)	0.253	-0.279	-0.378	0.016
Días a R2 (DR2)	-0.473	0.075	-0.140	-0.030
Días a R8 (DR8)	-0.465	-0.101	-0.017	0.045
Altura a R8 (AR8)	-0.411	0.103	0.285	0.108
Peso de 100 semillas (P100S)	0.113	-0.500	0.376	-0.111
Calidad de semillas (CS)	0.271	0.279	0.058	-0.175
Color de pubescencia (COP)	0.353	0.069	0.004	-0.077
Forma del foliolo central (FFC)	0.298	-0.042	0.106	0.141
Intensidad del color verde (ICV)	0.096	0.289	0.297	-0.001
Color de flor (CF)	-0.007	-0.139	-0.228	0.346
Tamaño de semilla (TS)	-0.066	-0.520	0.332	-0.161
Forma de semilla (FS)	-0.063	0.319	-0.109	-0.506
Color de testa (CT)	0.090	0.197	0.118	0.335
Color del hilio (CH)	0.034	0.100	0.067	0.635

Cuadro 3. Correlación entre las variables originales y los cuatro primeros componentes principales en la caracterización de la variabilidad genética de la soya en un ciclo con deficiencias de humedad en el sur de Tamaulipas.

Variables	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Hábito de crecimiento (HC)	0.067	0.279	0.721	0.008
Tipo de crecimiento (TC)	0.477	-0.401	-0.482	0.017
Días a R2 (DR2)	-0.890	0.108	-0.179	-0.032
Días a R8 (DR8)	-0.876	-0.145	-0.021	0.048
Altura a R8 (AR8)	-0.775	0.149	0.364	0.115
Peso de 100 semillas (P100S)	0.212	-0.720	0.480	-0.118
Calidad de semillas (CS)	0.511	0.402	0.075	-0.186
Color de pubescencia (COP)	0.664	0.099	0.005	-0.082
Forma del foliolo central (FFC)	0.560	-0.060	0.136	0.150
Intensidad del color verde (ICV)	0.180	0.416	0.379	-0.001
Color de flor (CF)	-0.013	-0.200	-0.292	0.368
Tamaño de semilla (TS)	-0.124	-0.748	0.424	-0.171
Forma de semilla (FS)	-0.118	0.459	-0.138	-0.538
Color de testa (CT)	0.169	0.283	0.151	0.357
Color del hilio (CH)	0.064	0.144	0.086	0.675
Σ^2	3.547	2.070	1.629	1.132

Según los coeficientes del tercer vector propio (Cuadro 2) y de correlación (Cuadro 3), el HC, el P100S y el TS fueron las variables que más contribuyeron positivamente, seguidas de la ICV y la AR8; mientras que el TC y el CF fueron las variables que más contribuyeron en forma negativa. Lo cual sugiere que se agruparon genotipos con HC indeterminado, con mayor P100S y TS grande, que además presentaron un color verde ligero en el follaje y alcanzaron mayor AR8. Estos mismos genotipos presentaron un TC erecto y CF blanca. El cuarto componente principal sólo contribuyó con el 7.54% de la varianza total explicada (Cuadro 1).

Para observar de manera gráfica las asociaciones antes descritas, se proyectaron las variables originales sobre los dos primeros ejes principales, utilizando como coordenadas las correlaciones presentadas en el Cuadro 3 (Rojas, 2003). Así, las variables más vinculadas en forma positiva con el primer eje fueron el COP y la FFC; y en forma negativa la AR8, los DR2 y los DR8, corroborando lo que explicó el ACP. De igual forma, las variables más vinculadas al segundo eje en sentido positivo fueron la FS, el HC, el CH y la ICV; y de manera negativa el CF, el TS y el P100S.

De acuerdo con la distancia angular de las proyecciones, las características que presentaron mayor grado de asociación entre ellas fueron el HC, el CH, el ICV y el CT. Así como la AR8, los DR2 y los DR8. El TS, el P100S y el CF también mostraron asociación. Al igual que el COP y la FFC.

Las características que más contribuyeron en la variabilidad genética, considerando que las más distantes del origen son las más importantes según Rojas (2003), correspondieron a las características fenológicas y desarrollo de la planta (DR2, DR8 y AR8), y a las características agronómicas relacionadas con el grano (P100S y TS). Las características más cercanas al origen aportaron poco en la diferenciación de los genotipos, que este caso correspondieron a las variables cualitativas: CF, CH, CT y HC.

El IDS arrojó que 16 genotipos de los 599 evaluados: 13 líneas generadas en el Programa de Mejoramiento Genético de Soya del INIFAP y tres accesiones introducidas, presentaron los valores más altos en todas las características consideradas y obtuvieron un IDS de 5 (Cuadro 4). Lo cual sugiere que este grupo presentó el mejor comportamiento agronómico bajo condiciones de escasa humedad en la etapa reproductiva.

Cuadro 4. Genotipos de soya con mejores características agronómicas de acuerdo con el índice de selección, en un año con deficiencias de humedad en el sur de Tamaulipas.

Genotipo	DR2 (No.)	DR8 (No.)	AR8 (cm)	P100S (g)	CS (1-5)	IDS
H02-1706	67	134	92	18.9	1	5
PR-143-(23)	54	123	72	16.94	1	5
H02-1453	52	129	80	16.46	1	5
H02-2091	49	122	107	16.35	1	5
H98-1076	55	132	83	16.32	1	5
H02-2154	46	125	92	16.23	1	5
PR-15-81-1-B2(13)	50	127	108	15.99	1	5
H98-1028	56	134	85	15.91	1	5
H06-1014	57	131	78	15.91	1	5
H98-1068	56	130	85	15.7	1	5
H85-1937	59	122	105	15.62	1	5
H80-0994	53	126	70	15.34	1	5
PI-548266	46	124	70	16.73	1.5	5
H98-1228	53	127	100	16.12	1.5	5
H88-0930(Huas-300)	47	125	98	15.66	2	5
H02-0420	52	124	85	15.13	2	5
PI-203399	51	126	78	16.36	2.5	5
PR-13-40-2-B(9)	54	120	70	15.28	2.5	5

DR2= Días a R2, DR8= Días a R8, AR8= Altura a R8, P100S= Peso de 100 semillas, CS= Calidad de semilla, IDS= Índice de selección.

Conclusiones

1. El germoplasma de soya evaluado presentó diversos patrones genéticos bajo condiciones de escasa humedad durante la etapa reproductiva.
2. Las características que más contribuyeron en la variabilidad genética fueron las relacionadas con la fenología, el desarrollo de la planta y el peso del grano.
3. El índice de selección permitió conocer los genotipos de soya con mejor comportamiento agronómico, sugiriendo la existencia de variabilidad genética para enfrentar deficiencias hídricas en el periodo reproductivo del cultivo.

Literatura citada

- Carter, T. E., R. L. Nelson, C. H. Sneller, and Z. Cui. 2004. Soybeans: Improvement, production, and uses. p. 303-416. In: H. R. Boerma and J. E. Specht (eds.) Agron. Mongr. 16. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. 205 p.
- Gill, L. 2005. Caracterización morfoagronómica y genética de germoplasma mejorado de soya [*Glycine max* (L.) Merr.]. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Biotecnología Genómica. Reynosa, Tamaulipas, México. 63 p.
- Hermann, F. J. 1962. A revision of the genus *Glycine* and its immediate allies. USDA Tech. Bull. 1268. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Herrera, H. J. G. y C. García A. 2011. Bioestadística en ciencias veterinarias. Procedimientos de análisis de datos con SAS. Universidad Complutense de Madrid. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 251 p.
- Hill, J. L. and Nelson, R. L. 1997. USDA soybean germplasm collection report. Soybean Genet Newsl 24:7-8.
- Hymowitz, T. and Bernard, R. L. 1991. Origin of the soybean and germplasm introduction and development in North America. p. 147-164. In: Shands, H. L. and L. E. Wiesner (eds.). Use of plant introductions in cultivar development. Part 1. Crop Science Society of America. Spec. Publ. No. 17. Crop Science Society of America. Madison, Wis.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 1999. Guía técnica para la producción agrícola en el sur de Tamaulipas. Campo Experimental Sur de Tamaulipas, CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas. 233 p.
- Kumudini, S. 2010. Soybean growth and development. p. 48-73. In: Singh, B. (ed.). The soybean: botany, production and uses. CAB International. Oxfordshire, U. K.
- Maldonado, M. N. 1994. Huasteca 100 y Huasteca 200. Nuevas variedades de soya para el sur de Tamaulipas. Folleto Técnico No. 9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Altamira, Tamaulipas, México. 19 p.

- Maldonado M., N., G. Ascencio L., G. Espinosa V., y M. de los A. Peña del R. 2013. Estrategias tecnológicas para contrarrestar la sequía en la producción de soya en el sur de Tamaulipas. Folleto Técnico No. MX-0-310301-47-03-14-09-34. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Altamira, Tamaulipas, México. 65 p.
- Palmer, R. G., Hymowitz, T. and Nelson, R. L. 1995. Germplasm diversity within soybean. pp. 1-35. In: Verma, D. P. S. and R. C. Shoemaker (eds.). Soybean genetics, molecular biology and biotechnology. Commonwealth Agricultural Bureaux International. Wallingford, Oxon., U.K.
- Pla, L. E. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Washington, D.C. 95 p.
- Rojas, W. 2003. Caso 1. Análisis de la variabilidad genética en quinua. p. 27-39. In: Franco, T. L. e Hidalgo R. (eds.) Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT user's guide. Versión 9.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Producción agropecuaria por cultivo. Tamaulipas. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do [consultado el 15 de junio de 2017]
- Singh, R. J. and Hymowitz. 1999. Soybean genetic resources and crop improvement. Genome. 42 (4): 605-616.
- UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants). 2016. Soya bean. Guidelines for the conduct of tests for distinctness uniformity and stability. Ginebra, Suiza. 27 p.

EFFECTO DE ACARICIDAS SOBRE *Tetranychus* sp. EN MAÍZ (*Zea mays*) EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Jorge Gustavo Rodríguez Escobar^{166*}, Rebeca Rodríguez Falconi¹⁶⁶ y Roberta Cruz Gutiérrez¹⁶⁷

Resumen

En México el maíz es un cultivo básico, Veracruz es el segundo estado por su superficie sembrada. Las investigaciones sobre nuevos genotipos de maíz producen materiales más productivos que se ven amenazados por problemas de plagas, en mayo de 2014 los ácaros del género *Tetranychus* dañaron diferentes genotipos de maíz en el centro de Veracruz, afectaron el follaje y redujeron el llenado de grano. Algunas especies del género *Tetranychus* se registran causando daños a maíz; en papaya *Tetranychus urticae* se registró causando daños a partir del 2014 y se beneficia de temperaturas superiores a 30°C y meses secos, de mayo a septiembre y parte de octubre. Como alternativas para su control se recomienda el uso de acaricidas, debido a que el uso constante de éstos ha generado la pérdida de eficacia e incluso resistencia en los ácaros, ahora se sugiere el uso de acaricidas de nueva generación, en base a lo anterior se sugirió evaluar el efecto de acaricidas sobre ácaros del género *Tetranychus* en plantas de maíz. La investigación se realizó en invernaderos del campo Cotaxtla, con los genotipos H 567 y H 567 A. Para incrementar la población de ácaros se usaron discos de maíz con 20 ácaros cada uno, éstos se depositaron sobre plantas de maíz y después de 10 días se le aplicaron los tratamientos y al día siguiente inició la evaluación del efecto de acaricidas. El análisis estadístico registró diferencia entre tratamientos. Para ácaros adultos los mejores tratamientos acaricidas por su mortandad y efectividad fueron: dicofol, azufre, bifenazate, abamectina, clofentezine y tiametoxan. Para ninfas fueron: abamectina spiromesifen, dicofol, tiametoxan y clofentezine. Los acaricidas presentaron un efecto diferencial sobre adultos y ninfas, mientras que los más destacados para adultos fueron el dicofol y el azufre, para ninfas fueron la abamectina y el spiromesifen.

Palabras claves: acaro, infestación, efectividad

¹⁶⁶Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP), Medellín de Bravo, Veracruz, México;

¹⁶⁷Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA).

* rodriguez.gustavo@inifap.gob.mx

Introducción

El maíz es un cultivo básico e importante en México para satisfacer la dieta diaria, se siembran 7,600,452.58 ha. El estado de Veracruz ocupa el segundo lugar en superficie sembrada con 586,999.90 ha. (SIAP, 2015). A través de investigaciones se buscan materiales más productivos de maíz que superen las 5 ton ha⁻¹, no obstante, lo anterior, los brotes esporádicos de plagas amenazan la productividad e incrementan los costos de producción de estos cultivos, como el caso de los ácaros presentes en mayo del 2016 en algunas áreas de Veracruz sobre materiales mejorados, en las etapas de floración y fructificación, en 10 días, los ácaros le causaron daño al follaje y redujeron el llenado de grano.

El ácaro fitófago *Tetranychus* sp. es considerado actualmente como una de las plagas más importantes en cultivos, ya que estos alteran los procesos fisiológicos, como la fotosíntesis y la respiración, y afectan el crecimiento en las plantas que infestan (Monetti, 1999). En el estado de Veracruz, la especie *T. urticae* se convirtió en uno de los principales problemas del cultivo de papaya a partir del 2014, se relaciona con los meses secos y temperaturas cálidas de 30°C o superiores: de mayo a septiembre y parte de octubre (Rodríguez y Salas, 2014). Esta especie *T. urticae* como prototipo del género presenta su óptimo desarrollo de 30 a 32°C, de 8 a 12 días completa su ciclo de vida, se dispersa por su activo movimiento o se transporta pasivamente en plantas, herramientas o por el viento y las personas, también se dispersa foreticamente por insectos alados (CABI, 2015).

La presencia de estos ácaros en las hojas de maíz se pone de manifiesto por la decoloración que producen al alimentarse. Los principales daños que ocasionan son la destrucción de hojas y un retraso, o una reducción, del periodo de llenado de la mazorca, lo que hace disminuir la longitud de esta y el peso de los granos (CABI, 2015; Fauvel et al, 1987; Goarant, 1987; López-Bellido, 1991).

En invernaderos de Guanajuato *T. urticae* presentó tolerancia a dicofol, y Naled sobre lechuga y tomate, (Cema, 2009). El uso excesivo de acaricidas crea resistencia en diferentes niveles a los acaricidas e inclusive resistencia cruzada, se cita la resistencia de ácaros a clofentezine (ovicida), resistencia moderada a amitraz, baja resistencia a clorpirifos, resistencia cruzada a dicofol y dicofol mas tetradifón y ninguna resistencia a abamectina y dinofuton CABI (2015). El desarrollo de resistencia de *T. urticae* a la abamectina se relacionó con la frecuencia de aplicación, ácaros provenientes de Holanda desarrollaron resistencia después de recibir tres aspersiones por año durante dos años, en comparación organismos provenientes de California desarrollaron resistencia después de recibir seis aplicaciones por año durante cuatro años consecutivos (Vásquez y Ceballos, 2009).

El gran uso de plaguicidas ha provocado la pérdida de eficacia de muchas materias activas y como consecuencia la presencia de resistencia o que los acaricidas no presenten efecto letal sobre los ácaros; lo citado ha propiciado la necesidad de explorar nuevos modos de acción y usar plaguicidas más selectivos, conocidos como plaguicidas de nueva generación, destacan en este estudio: abamectina, bifenazate, y spiromesifen. Normalmente se evalúa la mortandad de ácaros sin embargo la eficacia la complementa, ésta se determina para precisar efecto que ejerce el agente de control que se empleará; lo cual es la mortalidad directa que se origina en la especie plaga en un periodo de tiempo (Salas y Salazar, 2002).

La abamectina es un acaricida muy usado a nivel mundial para el control de *Tetranychus urticae*, es una mezcla de avermectina B1a y avermectina B1b, obtenidas del actinomiceto *Streptomyces avermitilis*. permite la entrada de los iones cloro a las células nerviosas e interrumpe el impulso nervioso con lo cual paraliza al ácaro. Sobre el género *Oligonychus punicae* logra disminuir las poblaciones, pero no tiene un control exitoso. El bifenazate es de baja toxicidad para mamíferos y corta persistencia ambiental, afecta a adultos y estados inmaduros, actúa sobre el sistema nervioso, no se recomienda mezclarlo con otros productos; controla todas las etapas del ácaro: *Tetranychus* spp., *Panonychus* spp. y *Oligonychus* spp. El spiromesifen es un inhibidor de la síntesis de lípidos, también es de baja toxicidad para mamíferos y corta persistencia ambiental, se sugiere para combatir plagas resistentes a plaguicidas actuales por su modo de acción; actúa sobre estadios juveniles y presenta efecto ovicida (Lemús y Pérez, 2016; López, 2016; Van Nieuwenhuyse, et al., 2012). El clofentezine se ha estudiado como un reductor del crecimiento del ácaro *T. urticae* (Demaeght et al, 2014).

En Veracruz se cultiva una gran superficie de maíz con diferentes genotipos, y cuando se presentan problemas sobre materiales mejorados que lo dañan como el caso del ácaro, se deben de evaluar acaricidas de nueva generación, aunado a un diagnóstico previo, que permitan minimizar el problema, para evitar perder la producción. En base a lo anterior se planteó la presente investigación con el siguiente objetivo: evaluar el efecto de acaricidas sobre ácaros del género *Tetranychus* sp. en plantas de maíz

Materiales y métodos

La Investigación se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla, en Veracruz, ubicado en el Km 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Municipio de Medellín de Bravo; con latitud 18°50' norte y longitud 96°10' oeste. Se estableció el experimento, de mayo a noviembre del 2016, bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

En el periodo de primavera (mayo 2016) se colectaron ácaros de *Tetranychus* sp., de plantas infestadas en parcelas de maíz C-8 y C-9, del Campo Experimental Cotaxtla. Para incrementar la población de ácaros se utilizó genotipos de maíz H-567 y H566 A, se cultivaron en invernadero. Las semillas de maíz fueron pre-germinadas y sembradas individualmente en vasos de unicel de medio litro con una mezcla de 33.3% arena, 33.3% lombricomposta y 33.3% tierra de sustrato. Posteriormente, las plantas de maíz se fertilizaron con urea y nitrato de potasio, 1Kg para 100 litros de agua, semanalmente.

Para incrementar la población de ácaros, se utilizaron 90 discos de 1 cm de diámetro, de hoja de maíz, inoculado con 20 ácaros; estas fueron colocadas en cajas Petri sobre algodón humedecido. Posteriormente, los discos de hoja de maíz con ácaros se transfirieron a plantas de maíz ubicándolas en los entre-nudos de la misma, se propició una adaptación y reproducción inicial de 10 días después de haber sido transferidos.

El experimento se realizó en el invernadero en plantas de maíz H566 A. Se probaron 7 acaricidas químicos 1.0 ml de Clofentezine (T1), 2.5 ml de Bifenazate (T2), 5 ml de Octanoato de Cobre (T3), 2.5 ml de dicofol (T4), 3.0 g de tiametoxam (T5), 2.5 ml de abamectina (T6) y 2.5 ml de spiromesifen (T7). Además, se incluyeron dos tratamientos testigos: testigo negativo ([T8] plantas de maíz regadas con agua, sin inoculación de ácaros) y testigo positivo ([T9] plantas de maíz inoculada con ácaros y regadas con agua (cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos usados para evaluar el efecto de los acaricidas sobre el género *Tetranychus* sp. en plantas de maíz. Campo Experimental Cotaxtla.

No.	Nombre técnico	Nombre comercial	Dosis por hectárea	Dosis para 10 plantas
1	Clofentezine	Acaristop	200 mL	1.0 mL
2	Bifenazate	Acramite	500 mL	2.5 mL
3	Azufre	Azufre	4000 g	10.0 g
4	Dicofol	Adama AK20	800 mL	2.5 mL
5	Tiametoxam	Actara	600 mL	3.0 g
6	Abacmectina	Agromectin	500 mL	2.5 mL
7	Spiromesifen	Oberon	500 mL	2.5 mL
8	Testigo (-) planta sin ácaros	Testigo (-)		
9	Testigo (+) planta con ácaros	Testigo (+)		

Se estableció un diseño experimental completamente al azar, con nueve tratamientos y cada tratamiento con 10 repeticiones por tratamiento. Las diez plantas fueron inoculadas inicialmente con 20 ácaros cada una. Los tratamientos se aplicaron por aspersión sobre las plantas con la ayuda de un atomizador manual, 10 días después de la inoculación con ácaros.

Las variables evaluadas fueron el número ácaros adultos y ninfas, vivas y muertas, en 10 días. Así se calculó en porcentaje de muerte de los ácaros por tratamiento; además, se calculó eficacia del acaricida, aplicando las fórmulas de corrección de Abbott (1925). Los porcentajes de mortandad se transformaron a Raíz Cuadrada \sqrt{Y} , previo a realizar el análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico SAS ver 9 (Statistical Analysis System for Windows). En la significancia estadística se consideró en el nivel $p = 0.05$, utilizando la prueba de medias Tukey.

Resultados y discusión

El ANOVA realizado con datos de ácaros presenta diferencia significativa a favor de los tratamientos (Cuadro 2) con 0.0001** de significancia, tanto para ácaros adultos como ninfas.

Cuadro 2. Análisis de ANOVA del total de ácaros y ninfas muertos con los nueve tratamientos.

		Gl	Suma de cuadrado	Cuadrados medios	Pr >F
Ácaros adultos	Modelo	8	1667.11	208.38	<.0001**
	Error	81	1735.40	21.42	
	Total	89	3402.52		
Ninfas	Modelo	8	1739.8	217.47	<.0001**
	Error	81	1882.3	23.23	
	Total	89	3622.1		

En el Cuadro 3, se observa que los tratamientos con acaricidas tuvieron un fuerte efecto sobre los ácaros adultos, debido a que la mortandad oscila desde el 25 al 70% en las plantas de maíz; La eficacia fluctuó de 24 a 69%. El Cuadro 4 muestra que la mortandad para ninfas vario de 20.16 a 100%; La eficacia fue desde 19.16 a 99.16%.

Cuadro 3. Eficacia de los tratamientos en ácaros vivos y muertos en plantas de maíz tratadas en invernadero.

Acaricidas	Adulto muerto		
	%M	%Ef	
Dicofol	70	69.0	a
Azufre	51	49.7	ab
Bifenazate	39	38.0	ab
Abamectina	39	37.8	ab
Clofentezine	36	34.8	ab
Tiametoxan	27	25.6	ab
Spiromesifen	25	24.0	b
T(-)	0	0.0	c
T(+)	0	0.0	c

%M=porcentaje de mortandad, %Ef= porcentaje de eficacia, %Sv=porcentaje de supervivencia, T(-)=testigo negativo, T(+)=testigo positivo.

Además, para la comparación de medias, con la prueba Tukey se establece que los tratamientos con acaricidas son diferentes a los testigos positivo y negativo. La prueba de Tukey para ácaros adultos (Cuadro 3), presenta tres grupos: el c que corresponde a los testigos positivo y negativo, con un 0% de mortandad de ácaros, el grupo b representa a la mayoría de los tratamientos, excepto dicofol el cual representa al grupo a. En ninfas (Cuadro 4) muestra tres grupos: en el c corresponde a los testigos positivo y negativo, en el grupo b se presentan la mayoría de los acaricidas y en el grupo a solo se presenta la abamectina. Para ácaros adultos los mejores tratamientos acaricidas por su mortandad y efectividad fueron a y ab (Cuadro 3): dicofol, azufre, bifenazate, abamectina, clofentezine y tiametoxan. Destaca el efecto de dicofol por su efecto letal sobre ácaros de *Tetranychus* sp., es posible que su escaso uso en cultivos de Veracruz explique su efecto acaricida, debido a que su uso excesivo ha generado resistencia en *T. urticae* de lechuga y tomate en invernaderos (Cema, 2009) e incluso resistencia cruzada (CABI, 2015). El azufre es un producto multisitio y en este caso se usó uno muy pulverizado lo cual explica que haya alcanzado las poblaciones de ácaros del envés de las hojas de maíz con buen efecto letal; el bifenazate y la abamectina destacaron por su control sobre los adultos, algunas investigaciones destacan por su efecto letal al primero, y la abamectina ha presentado un efecto menor como se presentó en esta investigación (Lemús y Pérez, 2016; López, 2016; Van Nieuwenhuyse, et al., 2012). El clofentezine y el tiametoxan forman parte del grupo que redujeron las poblaciones del ácaro, el primero es un reductor del crecimiento (Demaeght et al, 2014) y el segundo se usa principalmente como insecticida.

Cuadro 4. Eficacia de los tratamientos en ninfas muertas y vivas en plantas de maíz tratadas en invernadero.

Acaricidas	Ninfas muertas		
	%M	%Ef	
Abamectina	100.00	99.16	a
Spiromesifen	75.27	74.27	ab
Dicofol	40.74	39.74	ab
Tiametoxan	39.84	38.84	ab
Clofentezine	32.66	31.66	ab
Azufre	21.48	20.48	bc
Bifenazate	20.16	19.16	bc
T(-)	0	0	c
T(+)	0	0	c

%M=porcentaje de mortandad, %Ef= porcentaje de eficacia, %Sv=porcentaje de supervivencia, T(-)=testigo negativo, T(+)=testigo positivo.

Para ninfas de ácaros los mejores tratamientos acaricidas por su mortandad y efectividad fueron diferentes a los que funcionaron para adultos, quedan dentro del grupo a y ab: abamectina spiromesifen, dicofol, tiametoxan y clofentezine. Aquí destaca la abamectina y el spiromesifen con mayor mortandad y eficacia, mientras que el primero presentó un efecto letal poco llamativo sobre adultos, sobre las ninfas mostró la mayor mortandad, además de que está considerado como un acaricida cuyo uso no ha generado resistencia (CABI, 2015), sin embargo, si se aplica frecuentemente de tres a seis veces por año durante dos o cuatro años puede generar resistencia (Vásquez y Ceballos, 2009); el spiromesifen presentó un buen efecto letal y eficacia sobre ninfas como se registra en otra investigación (López, 2016), no obstante lo anterior presentó poco efecto acaricida sobre adultos. El dicofol por su menor efecto letal sobre ninfas con respecto a su mejor efecto sobre ácaros adultos si su uso no es frecuente puede dar magníficos resultados. El tiametoxan tiene efecto insecticida, en esta investigación presentó efecto sobre adultos y ninfas de ácaros no muy destacados. El clofentezine aunque presentó efecto significativo sobre ninfas también actuó sobre adultos pero su efecto no fue muy destacado.

Conclusión

Los acaricidas presentaron un efecto diferencial sobre adultos y ninfas, mientras que los más destacados para adultos fueron el dicofol y el azufre, para ninfas fueron la abamectina y el spiromesifen.

Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- CABI. 2015. *Tetranychus urticae* (two spotted spider mite). Invasive Species Compendium Datasheets <http://www.cabi.org/isc/datasheet/53366> [consultado el 27 de junio de 2017].
- Cema C. E., J. Landeros, Y., M. Ochoa F., J. de J. Luna R., O. Vázquez M. y O. Ventura L. 2009. Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico. *Investigación y Ciencia. Univ. A. de Aguascalientes.* 44:4-10
- Demaeght, P., Osborne, E. J., Odman N., J., Grbić, M., Nauen, R., Merzendorfer, H. et al. 2014. High resolution genetic mapping uncovers chitin synthase-1 as the target-site of the structurally diverse mite growth inhibitors clofentezine, hexythiazox and etoxazole in *Tetranychus urticae*. *Insect biochemistry and molecular biology*,51: 52-61.
- Fauvel, G., Naibo, B., Le Goff, Ch. y Tessier, P., 1987: Les acariens tétranyques (in mais). *Phytoma*; 388: 23-27
- López B., L., 1991: Cultivos herbáceos. Vol I. Cereales. Mundi-Prensa, Madrid. 514 pp.
- Lemus, S. B. A. y D. A. Pérez A. 2016. Control químico del ácaro café del aguacate *Oligonychus punicae* (Hirst, 1926) (Acari: Tetranychidae). *Entomología Mexicana* 3:349-353
- López, M., B. 2016. Análisis de la interacción de acaricidas de nueva generación con los agentes de control biológico *Trypheidromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) y *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) para su correcta incorporación al Manejo Integrado de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Tesis de doctorado. Universidad de la Rioja. España. p. 205
- Monetti, L. 1999. Estudio de los atributos vitales de los ácaros fitoseidos y su aplicación al control biológico de plagas. *Rev. Soc. Entomol. Argentina* 58 (1-2):48-57
- Rodríguez, E. J. G. y A. Salas, R. 2016. Respuesta a acaricidas del ácaro *Tetranychus urticae* del cogollo del papayo en Veracruz. p. 303-307 In: Martínez, H. J., M. A. Ramírez, G. y J. Cámara, C. (eds.). XXVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2016. V Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Villahermosa, Tab., México.
- Van Nieuwenhuysse, P., Demaeght, P., Dermauw, W., Khalighi, M., Stevens, C. V., Vanholme, B. et al. 2012. On the mode of action of bifenthrin: New evidence for a mitochondrial target site. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 104(2):88-95.

Vásquez, C. y M. C. Ceballos. 2009. Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a los plaguicidas clorfenapir y abamectina en condiciones de laboratorio. IDESIA (Chile). 27:23-28

Salas A. M. D; Salazar S. E. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. Acta Universitaria. 29-35

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. Veracruz. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp [consultado el 27 de julio de 2017].

USO DE VERMICOMPOSTA EN LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA Y DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE LIMONARIA (*Choisya aff. ternata*)

Joel Velasco-Velasco^{168*}, Juan Antonio-Pérez Sato¹⁶⁸, Livia Iris¹⁶⁹, Ma. De las Nieves Rodríguez-Mendoza¹⁶⁹, Abigail Montalvo-Martínez¹⁶⁸

Resumen

El crecimiento de los cultivos está directamente relacionado con el tipo de suelo, el clima y el manejo. Para medir el crecimiento de las plantas existen diferentes variables como área específica foliar, tasa de crecimiento relativo RGR, tasa de asimilación neta (NAR), índice de área foliar (IAF). El objetivo de la presente investigación fue evaluar parámetros de crecimiento de limonaria (*Choisya aff. Ternata*) con la utilización de lombricomposta como sustrato bajo un sistema controlado de producción, así como evaluar la eficiencia fotosintética a través de índices y dinámica de crecimiento utilizando diferentes porcentajes de lombricomposta en vivero. La investigación se realizó en la comunidad de Tepexilotla, municipio de Chocamán, ubicada a 1 500 m, entre los paralelos 18°58' y 19°02' de latitud norte; los meridianos 97°00' y 97°06' de longitud oeste. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, en una mezcla de lombricomposta (estiércol y pasto) y suelo (vega de río suelo de arrastre y Ladera) en proporciones de 0:100 (T1), 50:50 (T2), 75:25 (T3) y 100:0 (T4) (v/v) respectivamente. Se realizaron cinco muestreos destructivos, a los 125, 153, 189, 213 y 246 días después de la siembra. El experimento se desarrolló en dos fases. En la Fase 1 se evaluó el porcentaje de amarre de estacas, número de rebrotes y área foliar, y en la Fase 2 se evaluó la eficiencia fotosintética de *Choisya aff. Ternata*. Las variables evaluadas en la Fase 1 mostraron que el mayor porcentaje de amarre de estacas se presentó en el tratamiento 4 (100:0), el número de rebrotes y área foliar fue mayor en los Tratamientos 2, 3 y 4. En la Fase 2, la mayoría de las variables no presentaron diferencias significativas, excepto la variable proporción del tallo donde se observó que T1 registró una menor proporción de tallo que T2, T3 y T4, en el caso de contenido de materia seca se observó la misma tendencia. En general, los tratamientos con mayores concentraciones de composta permitieron el mejor desarrollo de las plantas y su crecimiento aumentó conforme se incrementó la concentración de lombricomposta.

¹⁶⁸Colegio de Postgraduados, campus Córdoba.

¹⁶⁹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

* joel42ts@colpos.mx.

Palabras clave: Área foliar, estacas, vivero

Introducción

El crecimiento de los cultivos está directamente relacionado con el tipo de suelo, el clima y el manejo (Alcántar y Trejo, 2007). Existen diferentes variables que permiten medir el crecimiento de las plantas, el área específica foliar asociada a la tasa de crecimiento relativo (RGR) expresa las causas que determinan un mayor crecimiento a nivel foliar. La tasa de asimilación neta (NAR) puede explicar en menor grado la diferencia de RGR entre especies. Existe una correlación positiva de RGR con la proporción de la hoja (Villar et al., 2004) y negativa con la proporción de raíz (Antúnez, 2001). El Índice de Área Foliar (IAF) permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y puede ayudar a entender la relación entre la acumulación de biomasa y rendimiento (Acosta-Díaz et al., 2008). Uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit hídrico en leguminosas es el desarrollo foliar, ya que su efecto reduce el área foliar y acelera la senescencia de las hojas maduras (Davies y Zhang, 1991). La biomasa se obtiene de la síntesis de compuestos orgánicos provenientes de la absorción de energía procedente de la luz, a través de las hojas. La absorción de la luz depende de aspectos como la arquitectura de la copa, índice de área foliar, etc., (Villar et al., 2004). La eficiencia de la absorción de radiación tiende a disminuir conforme la planta aumenta de área foliar y en general de tamaño. Al crecer la planta, genera auto sombreado, en consecuencia, la relación entre crecimiento y área foliar será menos directa para las plantas más grandes y con follajes más complejos, respecto a la comúnmente observada en los estudios con plantas pequeñas. El objetivo de la presente investigación fue evaluar parámetros de crecimiento de limonaria (*Choisya aff. Ternata*) con la utilización de lombricomposta como sustrato, bajo un sistema controlado de producción, así como determinar la eficiencia fotosintética a través de índices y dinámica de crecimiento utilizando diferentes porcentajes de lombricomposta en vivero.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el 2012, en la comunidad de Tepexilotla, municipio de Chocamán, ubicada a 1 500 m, entre los paralelos 18°58' y 19°02' de latitud norte y los meridianos 97°00' y 97°06' de longitud oeste (INEGI, 2009). La siembra se realizó en octubre de 2011, para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, se plantaron 40 estacas (varetas) de limonaria por

tratamiento. Se mantuvieron en bolsas negras para vivero de 8 x 16 cm, en una mezcla de lombricomposta con suelo en proporciones de 0, 50, 75 y 100% respectivamente. Las varetas no se fertilizaron ni se trataron contra plagas y enfermedades. A los 94 días después de siembra (dds) las plantas resultantes de trasplantaron en bolsas negras para vivero de 16 x 30 cm. Durante el desarrollo del experimento se registraron los días después de la siembra (dds) y se contabilizó el número de rebrotes. Se realizaron 5 muestreos destructivos, a los 125, 153, 189, 213 y 246 dds, que consistió en separar de la planta cada órgano vegetativo para lo cual se utilizaron tres plantas por tratamiento. Para la obtención de la raíz se hizo un corte en la parte basal de la planta y se colocó en un contenedor con agua para retirar el sustrato hasta obtener la raíz limpia, después se midió su volumen. Las hojas y los tallos se separaron con tijeras de podar; en las hojas se midió el área foliar y en los tallos la longitud. Se contabilizó también el número de rebrotes y se separaron de las plantas. Finalmente se obtuvo el peso seco de cada uno de los órganos de la planta para lo cual se colocaron las muestras (cada órgano) en bolsas de papel y se sometieron a secado en estufa a una temperatura de 70°C durante 72 horas hasta obtener peso constante, una vez secas las muestras se pesaron en una balanza analítica. La suma de todos los órganos vegetativos (raíz, tallos y hojas) representó el peso seco total de la planta.

El experimento se desarrolló en dos fases: En la Fase 1 se evaluó el porcentaje de amarre de estacas, número de rebrotes y área foliar. Para la reproducción de limonaria, se utilizó un sustrato a base de lombricomposta (elaborada con estiércol y pasto), suelo de vega de río (suelo de arrastre) y suelo de Ladera), a los cuales se les hizo su análisis químico (Cuadro 1) en el laboratorio de ciencias ambientales del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Cuadro 1. Análisis químico de lombricomposta y suelo.

Identificación	pH	CE	Densidad Aparente	MO	N-NH ₄	N-NO ₃	B	P	Ca	Mg	K	Na	ΣBases	Fe	Cu	Mn	Zn	N	S
		dS m ⁻¹	mg Kg ⁻¹	%	mg Kg ⁻¹	%	%												
Vega de río/suelo de arrastre	6.03*	0.13	1.02	8.9	0.517	28	0.99	100.6	2070	223	362	17	13.18	113.02	1.87	10.97	8.08	N/D	N/D
Ladera	6.11*	0.05	1.29	6.5	3.42	6.51	0.64	20.4	1242	114	297	16	7.98	31.88	0.75	2.70	0.85	N/D	N/D
Lombricomposta	6.88**	12.2	N/D	39.61	N/D	N/D	N/D	0.89	1.7	0.52	0.31	0.037	N/D	15730.0	35.5	904.5	150.7	1.36	0.34

**pH 1:2, *pH 1:5.

En la Fase 2, se evaluó la eficiencia fotosintética de *Choisya aff. ternata*, a través de índices de crecimiento. Así mismo, la dinámica de crecimiento y color de la hoja. Los índices de crecimiento evaluados fueron: (a) Tasa de Crecimiento Relativo (RGR), medida principal del análisis de crecimiento, que se define como la ganancia de biomasa por unidad de biomasa y tiempo. Asumiendo que el crecimiento de las plantas en los primeros estadios suele ser de

tipo exponencial, el peso de la planta en un momento determinado vendrá determinado por la ecuación:

$$P_2 = P_1 * e^{RGR(t_2 - t_1)}, \quad (\text{Ecuación 1})$$

Siendo P_2 y P_1 el peso de la planta en los tiempos 2 y 1 (t_2 y t_1), respectivamente y RGR la tasa de crecimiento relativo. Al realizar los logaritmos neperianos en ambos términos de la ecuación, se obtiene:

$$\ln P_2 = \ln P_1 + RGR (t_2 - t_1);$$

Al despejar se obtiene la fórmula para calcular RGR:

$$RGR = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Otras variables estudiadas fueron: La Razón de Área Foliar (LAR, siglas del inglés “Leaf área ratio”) es la ecuación de área foliar y peso total de la planta. Se expresa en m^2 (hoja) kg^{-1} (planta). El área foliar específica (SLA, siglas del inglés “Specific leaf area”) es la relación del área foliar y peso de hoja. Se expresa en m^2 (hoja) kg^{-1} (hoja). La proporción de hoja (LMF, siglas del inglés “Leaf mass fraction”) es la relación de biomasa de hojas y biomasa total de la planta. Se expresa en kg (hoja) kg^{-1} (planta). La tasa de asimilación neta (NAR, siglas del inglés “Net assimilation rate”) es la tasa de incremento en el peso de la tasa por unidad de área foliar. Se expresa en kg (planta) m^{-2} (hoja) dia^{-1} . La proporción de raíz (RMF, “Root mass fraction”) es la relación de biomasa de raíz y biomasa total de la planta. Se expresa en kg (raíz) kg^{-1} (planta). El contenido de la materia seca (DM, siglas del inglés “Dry matter”) es la razón de peso seco y el peso fresco de la planta. Se expresa en kg (peso seco) kg^{-1} (peso fresco).

Resultados y discusión

Fase 1

Porcentaje de amarre de estaca. Como se observa en el Cuadro 1 el mayor porcentaje de amarre de estacas se presentó en el Tratamiento 4 (100% lombricomposta); al respecto, Ortega-Martínez et al., 2010 evaluaron diferentes sustratos (aserrín de pino, composta de ovino, tierra agrícola y tezontle rojo) en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y observaron que el mayor porcentaje de amarre se presentó en el sustrato de composta.

Cuadro 1. Porcentaje de amarre de estacas de limonaria *Choisya aff. Ternata* obtenidas en un sustrato con cuatro diferentes proporciones de lombricomposta.

Tratamiento	Proporción de lombricomposta mezclado con suelo (%)	Amarre de estaca (%)
T1	0	82.50
T2	50	73.75
T3	75	75.00
T4	100	87.50

Número de rebrotes. Los tratamientos con mayor concentración de lombricomposta (T2, T3 y T4) mostraron mayor número de rebrotes (Cuadro 2), esto coincide con un estudio realizado en nopal *Opuntia ficus indica* L., donde evaluaron el efecto de niveles de composta sobre el rendimiento del nopal y se observó que a mayor concentración de composta mayor era el número de rebrotes (Pineda et al., 2008).

Cuadro 2. Media y error estándar obtenidos en la variable número de rebrotes en estacas de limonaria *Choisya aff. Ternata* obtenidas en un sustrato con cuatro diferentes proporciones de lombricomposta.

Variable	T1	T2	T3	T4
Número de rebrotes	1.89±0.84 ^b	5.7±1.03 ^a	5.17±0.83 ^a	5.2±1.03 ^a

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. T1= suelo + 0% de lombricomposta, T2= suelo + 50% de lombricomposta, T3= suelo + 75% de lombricomposta y T4= suelo + 100% de lombricomposta.

Área foliar de rebrotes. En el Tratamiento 1 (100% suelo) se observó la menor área foliar, mientras que en los Tratamientos 2, 3 y 4 presentaron la mayor área foliar (Cuadro 3), esto coincide con un estudio donde se evaluó el efecto de vermicompostas pecuarios en algunos indicadores fisiológicos de *Triticum aestivum* var. buck pingo con diferentes relaciones suelo-vermicomposta y se observó que la vermicomposta influye de manera positiva en el área foliar (Pedranzani et al., 2015).

Cuadro 3. Media y error estándar obtenidos en la variable área foliar en estacas de limonaria *Choisya aff. Ternata* obtenidas en un sustrato con cuatro diferentes proporciones de lombricomposta.

Variable	T1	T2	T3	T4
Área foliar	200.49 ± 35.44 ^b	340.21 ± 41.55 ^a	323.22 ± 35.44 ^a	385.06 ± 41.56 ^a

Nota. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. T1= suelo + 0% de lombricomposta, T2= suelo + 50% de lombricomposta, T3= suelo + 75% de lombricomposta y T4= suelo + 100% de lombricomposta.

Fase 2

La mayoría de las variables no presentaron diferencias significativas, excepto la variable proporción del tallo donde se observó que el T1 presentó menor una menor proporción que los T2, T3 y T4, en el caso de contenido de materia seca se observó la misma tendencia, lo anterior coincide con un estudio realizado en *Alpinia purpurata*, donde se evaluó el impacto de fertilizantes sólidos y líquidos, y se observó que cuando fue fertilizado con estiércol fermentado y composta las plantas aumentaron el número de tallos y materia seca (Saldaña et al., 2014).

Cuadro 3. Media y error estándar obtenidos en diversos índices asociados a la eficiencia fotosintética y crecimiento en estacas de limonaria *Choisya aff. Ternata* obtenidas en un sustrato con cuatro diferentes proporciones de lombricomposta.

Variable	T1	T2	T2	T4
LAR	51.24 ± 5.39 ^a	60.76 ± 6.36 ^a	54.67 ± 5.39 ^a	52.53 ± 6.36 ^a
SLA	134.25 ± 11.49 ^a	156.58 ± 13.79 ^a	141.74 ± 11.49 ^a	139.30 ± 13.79 ^a
LMF(hoja)	0.44 ± 0.02 ^a	0.46 ± 0.02 ^a	0.45 ± 0.02 ^a	0.44 ± 0.02 ^a
RMF(raíz)	0.28 ± 0.02 ^a	0.19 ± 0.02 ^b	0.16 ± 0.02 ^b	0.20 ± 0.02 ^b
DM	0.179 ± 0.007 ^{ab}	0.181 ± 0.008 ^{ab}	0.17 ± 0.007 ^b	0.20 ± 0.008 ^a
RGR	0.026 ± 0.006 ^a	0.017 ± 0.006 ^a	0.017 ± 0.006 ^a	0.009 ± 0.006 ^a
NAR	0.37 ± 0.057 ^b	0.75 ± 0.069 ^a	0.37 ± 0.057 ^b	0.75 ± 0.069 ^a

Nota: Medias con la misma letra en la misma fila son estadísticamente iguales. T1= suelo + 0% de lombricomposta, T2= suelo + 50% de lombricomposta, T3= suelo + 75% de lombricomposta y T4= suelo + 100% de lombricomposta. LAR= Razón de área foliar en m² (hoja) kg⁻¹ (planta), SLA= Área foliar específica en m² (hoja) kg⁻¹(hoja), LMF= Proporción de hoja en kg (hoja) kg⁻¹ (planta), RMF= Proporción de raíz en kg (raíz) kg⁻¹ (planta), DM= Contenido de la materia seca en kg (peso seco) kg⁻¹ (peso fresco), NAR= Tasa de asimilación neta en kg (planta) m⁻² (hoja) día⁻¹.

Conclusiones

Los tratamientos con mayores concentraciones de lombricomposta permiten el mejor desarrollo de las plantas y su crecimiento aumenta conforme se incrementan las concentraciones de composta.

Literatura citada

Acosta, E., J.A. Acosta., M.D. Amador y J.S. Padilla. 2008. Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secado. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal 34:13-20.

Alcantar, G. y L.I. Trejo. 2015. Nutrición de cultivos. MUNDI-PRENSA. Universidad Autónoma de Chapingo. 454 p.

Antúnez, I., E.C. Retamosa y R. Villar. 2001. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. *Oecologia* 128:172-180.

Davies, W and J. Zhang 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 55-76.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Chocamán, Veracruz de Ignacio de la Llave, Clave Geodestática 30062.

Ortega, L.D., J. Sánchez., J. Ocampo., E. Sandoval., B.A. Salcido, y F. Manzo. 2010. Ra Ximhai. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable.* 6(3). p. 339-346.

Pedranzani, H.E., O. A. Terenti., O. M. Ruiz., A.M. Quiroga y A.L. Giuliatti. 2015. Efecto de vermicompuestos pecuarios en algunos indicadores fisiológicos de *Triticum aestivum* var. buck pingo. *Pastos y Forrajes*, vol. 38, núm. 4, 2015, pp. 403-409.

Saldaña, M.I., R. Gómez., M.C. Rivera., J.D. Álvarez., C. F. Ortiz y J.M. Pat. (2014). Efecto de abonos orgánicos en la dinámica microbiológica del suelo y producción de *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM. *Interciencia*, vol. 39, núm. 11, noviembre, 2014, pp. 809-815.

Villar R., J. Ruiz., J.L. Quero., H. Poorter., F. Valladares y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas 191-227. In: F. Valladares (Ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, Madrid.

RETENCIÓN DE FRUTOS EN *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews CON REGULADORES DE CRECIMIENTO

Juan Hernández Hernández^{170*}, Sergio A. Curti Díaz¹⁷¹ y Ángel Ríos Utrera¹⁷²

Resumen

Se estima que la producción de vainilla en México ha disminuido en un 70%, en los últimos 15 años, debido principalmente al aborto o caída de sus frutos. Este fenómeno ocurre en condiciones climáticas extremas como temperaturas mayores de 32°C y humedad relativa menor al 80%. El estudio se realizó en el ejido Fuerte de Anaya, municipio de Tecolutla, Ver., en 2016, para determinar el efecto de algunos reguladores de crecimiento sobre la retención de frutos de vainilla. Se evaluaron los reguladores de crecimiento comerciales clorhidrato de aminoetoxivinilglicina (AVG, 250 ppm), 1-ácido naftalenacético (ANA, 27 ppm), benciladenina (BA, 150 ppm), forclorfenuron (CPPU, 5 mL L⁻¹ de agua), ácido 2,4, diclorofenoxiacético (2,4-D, 32 ppm) y la mezcla de ácido 2,4, diclorofenoxiacético (2,4-D, 32 ppm) + forclorfenuron (CPPU, 5 mL L⁻¹ de agua), más un testigo, que consistió en aplicar solamente el acidificante y adherente Dap plus (8 mL en 10 L de agua). Los tratamientos se aplicaron en tres ocasiones en los ovarios/frutos provenientes de las flores que fueron polinizadas manualmente en diferentes fechas, durante el mes de abril de 2016: a los seis, 20 y 31 días, después de las últimas flores polinizadas de cada racimo. Los resultados indicaron que todos los reguladores de crecimiento aplicados retuvieron más frutos que el testigo, pero 2,4-D (auxina) + CPPU (citocinina) y 2,4-D solo, además de retener mayor cantidad de frutos (86.99% y 74.78%, respectivamente), produjeron frutos más largos (16.40 cm y 15.11 cm) y de mayor diámetro (9 mm y 8.53 mm) que el testigo. En este último se retuvo el 50.95% de los frutos, cuya longitud y diámetro fueron de 13.46 cm y 7.95 mm, respectivamente. El ANA, produjo frutos de 15.14 cm de longitud, con lo que igualó los valores obtenidos por los dos mejores tratamientos ya citados, y también superó al testigo.

Palabras clave: polinización, aborto ovarios, auxinas, 2,4-D, estrés climático

¹⁷⁰Campo Experimental Ixtacuaco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, 93600, Tlapacoyan, Ver.

¹⁷¹ Centro de Investigación Regional Golfo Centro.

¹⁷²Campo Experimental La Posta.

* hernandezh.juan@inifap.gob.mx.

Introducción

Los frutos de vainilla, una vez procesados o curados son principalmente fuente natural de vainillina que es utilizada principalmente como saborizante y aromatizante en las industrias de alimentos, bebidas, perfumes y farmacéutica. Se estima que el volumen de producción de vainilla en México ha disminuido en 70%, en los últimos 15 años. Una de sus principales causas de ello, es la caída o aborto de frutos, que normalmente ocurre entre los 42 y 60 días después de la polinización manual de las flores (Hernández, 2011), período que coincide generalmente con el mes de junio. El aborto ha ocurrido en plantaciones en condiciones de temporal y de riego y con todas las variantes de manejo del cultivo relativas a la nutrición, sombra, manejo fitosanitario, por lo que ha sido difícil su prevención. Este aborto de fruto fue muy alarmante en 2007, 2010 y 2011, con pérdidas de hasta de 90% de los frutos, principalmente en los sistemas de cultivo “casa-sombra” y a campo abierto, con tutor de naranjo ubicados en la zona costera, con altitudes menores a los 300 m (Hernández, 2011). Por otra parte, en los últimos seis años (2012 a 2017) el aborto de frutos varió de 10% a 50%. En muchas especies de plantas, el aborto se ha relacionado con factores biológicos, nutricionales, climáticos, fisiológicas y genéticos (Ashraf et al., 2012; Borbolla-Pérez et al., 2016; Garner y Lovatt, 2016). El aborto de frutos en vainilla se ha asociado al estrés a que es sometida la planta, debido a la ocurrencia de temperaturas mayores de 32°C y humedad relativa menor de 80% (Hernández, 2011), condiciones que se han registrado en ciertos años, principalmente cuando han existido sequías prolongadas en el área productora del Totonacapan, México. Este estrés climático aparentemente provoca un desbalance hormonal en la planta, disminuyendo aquellas hormonas que favorecen el amarre del fruto, como las auxinas, giberelinas y citocininas, e incrementando las de etileno y ácido absícico, que promueven su abscisión (Modise et al., 2009; Khandaker et al., 2016; Salazar et al., 2016). Para compensar la disminución de estas fitohormonas, principalmente las auxinas, se han usado reguladores de crecimiento (Nawaz et al., 2008; Kundu et al., 2013). Sin embargo, no existe información específica sobre reguladores de crecimiento que eviten la caída de los frutos en *V. planifolia*, aunque sí en otras orquídeas y en algunos frutales (Kvikliene et al., 2010; Cetinbas y Koyuncu, 2011; Khandaker et al., 2016; Sharif et al., 2016). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de algunos reguladores de crecimiento comerciales en la retención de frutos de *V. planifolia* cv. Mansa.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante 2016, en una plantación comercial de vainilla con seis años de establecida, asociada con toronjo (*Citrus x paradisi* Macfad.), en condiciones de temporal, en el ejido Fuerte de Anaya, municipio de Tecolutla, Ver., localizado en las coordenadas: 20°18'37" LN y 96°59'29" LO, a una altitud de 7 m.

Se seleccionaron plantas de vainilla, separadas al menos por 3 m, y en cada una de ellas, se seleccionaron y etiquetaron 10 racimos de frutos. Se contabilizó el número de frutos totales por racimo, que varió de uno a 11, con un promedio de 5.6, de diferentes edades o tamaños, provenientes de las flores polinizadas manualmente, durante el periodo del 15 al 30 de abril de 2016. Además, se etiquetaron 10 frutos (uno por cada racimo seleccionado) originados de las flores que fueron polinizadas a los seis y siete días después de haber iniciado la floración (DDIF) para evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento sobre ellos, y para determinar su edad al momento de abortar. La preparación de las soluciones con reguladores de crecimiento se realizó de la manera siguiente: en una cubeta de plástico se vertieron 10 L de agua con bajo contenido de sales y se agregaron 8 mL de Dap plus, para acidificarla a un pH de 5.5. Después se agregó el regulador de crecimiento correspondiente, en las cantidades especificadas en el Cuadro 1, para obtener la concentración deseada de cada tratamiento. El tratamiento testigo consistió en aplicar solamente el acidificante y adherente Dap plus, en las cantidades ya especificadas.

Cuadro 1. Tratamientos de reguladores de crecimiento (RC) evaluados para conocer su efecto en la retención de frutos de vainilla. Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver., 2016.

Tratamiento RC [£]	Concentración del RC (ppm)	Producto comercial	
		Concentración (% de i.a.)	Cantidad en 10 L de agua
AVG	250	15	16.6 g
ANA	27	0.45	60 g
BA	150	1.9	78.9 mL
CPPU	5 mL L ⁻¹ de agua	0.2	50 mL
2,4-D	32	48	0.60 mL
2,4-D éster + CPPU	32 + 5 mL L ⁻¹ de agua	48 + 0.2	0.60 mL + 50 mL
Testigo			

[£] AVG = clorhidrato de aminoetoxivinilglicina, ANA = 1-ácido naftalenacético, BA = benciladenina, CPPU = forclorfenuron, 2,4-D = ácido 2-4, diclorofenoxiacético, Testigo = Sin regulador de crecimiento.

Se realizaron tres aplicaciones de los tratamientos siempre en los mismos frutos de los racimos etiquetados, a los seis, 20 y 31 días después de haberse polinizado las últimas flores

requeridas del racimo, momento en el cual se estimó que los ovarios/frutos tenían una longitud de entre 7 y 15 cm. Los reguladores de crecimiento se asperjaron con un atomizador manual con capacidad de 1 L, mojando perfectamente todos los frutos del racimo. Una vez que inició el aborto de los frutos, a los 40 días después de la polinización (DDP), se colectaron y contaron los frutos abortados. Estos frutos se revisaron en el laboratorio usando un estereoscopio para registrar si tenían óvulos o semillas ya formadas, así como el color de los mismos. Se obtuvo el promedio de los frutos retenidos etiquetados, a los cuales, también, se les midió su longitud y diámetro, una vez que alcanzaron su tamaño máximo, así como el porcentaje de frutos totales retenidos por racimo, a los 60 DDP. Se registró la temperatura y humedad relativa, máximas y mínimas con un sensor/registrador, a intervalos de 1 h, durante el desarrollo del ovario/fruto y el aborto de los mismos, y la precipitación pluvial, mediante un pluviómetro, durante todo el periodo de conducción del experimento.

Las variables de respuesta fueron: frutos retenidos etiquetados, frutos retenidos por racimo, longitud y diámetro de fruto; se analizaron en un diseño completamente al azar, donde el efecto principal fue el regulador de crecimiento. Para el análisis de la primera variable, se consideró una distribución Poisson, por ser una variable de tipo conteo. El análisis de esta característica se realizó con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2011). Para el resto de las variables se asumió una distribución normal. Estas tres últimas características se analizaron con el procedimiento GLM (PROC GLM) del paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2011). Las comparaciones entre medias se realizaron con la opción PDIFF de los procedimientos mencionados ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

El efecto de los reguladores de crecimiento sobre el número de frutos retenidos (etiquetados), porcentaje de frutos retenidos por racimo, longitud y diámetro de fruto; así como la comparación entre medias y estadísticas descriptivas de las variables señaladas se muestran en el Cuadro 2.

El regulador de crecimiento tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) para todas las variables estudiadas.

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para frutos retenidos etiquetados, frutos retenidos por racimo (FRR), longitud del fruto (LON) y diámetro del fruto (DIA), por regulador de crecimiento. Ejido Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver. 2016.

Tratamiento RC ^z	Frutos retenidos		Tamaño de fruto	
	etiquetados	FRR (%)	LON (cm)	DIA (mm)
AVG	5.63 ± 0.84 ^c	62.56 ± 4.81 ^{bc}	13.93 ± 0.52 ^{bcd}	8.24 ± 0.29 ^{ab}
ANA	5.50 ± 0.83 ^c	63.34 ± 4.81 ^{bc}	15.14 ± 0.52 ^{ab}	8.45 ± 0.29 ^{ab}
BA	6.00 ± 0.87 ^{bc}	63.82 ± 4.81 ^{bc}	14.10 ± 0.52 ^{bcd}	7.77 ± 0.29 ^b
CPPU	6.50 ± 0.90 ^{bc}	62.06 ± 4.81 ^{bc}	13.66 ± 0.52 ^{cd}	7.82 ± 0.29 ^b
2,4-D	8.63 ± 1.04 ^{ab}	74.78 ± 4.81 ^{ab}	15.11 ± 0.52 ^{abc}	8.53 ± 0.29 ^{ab}
2,4-D + CPPU	9.50 ± 1.09 ^a	86.95 ± 4.81 ^a	16.40 ± 0.52 ^a	9.00 ± 0.29 ^a
Testigo	3.00 ± 0.61 ^d	50.95 ± 4.81 ^c	13.46 ± 0.52 ^d	7.95 ± 0.29 ^b
Media	6.39	66.35	14.54	8.25
CV (%)	45.70	25.14	11.76	10.67
SD	2.92	16.68	1.71	0.88

^{a,b,c,d} Medias con diferente literal dentro de columna, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). ^zAVG = clorhidrato de aminoetoxivinilglicina; ANA = 1-ácido naftalenacético; BA = benciladenina; CPPU = forclorfenuron; 2,4-D = ácido 2-4, diclorofenoxiacético; CPPU + 2,4-D = forclorfenurón + ácido 2-4, diclorofenoxiacético; Testigo = Sin regulador de crecimiento. CV = coeficiente de variación; SD = desviación estándar.

Frutos retenidos (etiquetados)

Todos los reguladores de crecimiento aplicados retuvieron más frutos que el testigo (3), pero, la mezcla de 2,4-D + CPPU retuvo más frutos (9.50) que AVG (5.63), ANA (5.50), BA (6) y CPPU (6.5), los cuales retuvieron cantidades similares de frutos etiquetados. Por su parte, el 2,4-D (8.63) retuvo más frutos etiquetados que AVG y ANA e igualó a los retenidos por 2,4-D + CPPU.

Frutos retenidos por racimo

También, el tratamiento 2,4-D + CPPU (86.95%) retuvo más frutos por racimo que los tratamientos AVG (62.56%), ANA (63.34%), BA (63.82%), CPPU (62.06%) y testigo (50.95%). Asimismo, el 2,4-D retuvo más frutos por racimo (74.78%) que el testigo e igualó a los retenidos por 2,4-D + CPPU. Estos últimos resultados coinciden con los obtenidos por Khandaker et al. (2016), Modise et al. (2009) y Nawaz et al. (2008), con el 2,4-D aplicado en frutales. El 2,4-D tiene registro para usarse comercialmente en precosecha de cítricos en California, Estados Unidos y es comúnmente utilizado en muchos países (Anthony y Coggins, 2001; Lovatt, 2008). En otros estudios realizados en vainilla, se menciona que el 2,4-D, tiene mayor translocación de una flor a otra dentro del mismo racimo (Gregory et al., 1967); en este

estudio se tuvieron resultados similares, pues el 2,4-D solo o mezclado con CPPU, tuvo un efecto positivo sobre una mayor cantidad de frutos retenidos por racimo. La disminución de aborto con el 2,4-D + CPPU fue más contundente en los frutos etiquetados. De esta manera, en el testigo hubo sólo tres frutos retenidos en comparación con los reguladores de crecimiento señalados que retuvieron 9.5 frutos; es decir, este tratamiento fue superior en 65%. Por otra parte, en los frutos retenidos por racimo, la diferencia entre ellos fue de 36%, debido a que los últimos frutos de los racimos ya no abortaron por escape a las condiciones climáticas adversas.

Longitud de fruto

El 2,4-D + CPPU produjo frutos más largos (16.40 cm) que el AVG (13.93 cm), BA (14.10 cm), CPPU (13.66 cm) y testigo (13.46 cm), pero fueron iguales a los obtenidos con 2,4-D (15.11 cm) y con ANA (15.14 cm).

Diámetro de fruto

El regulador de crecimiento CPPU + 2,4-D produjo frutos con mayor diámetro (9 mm) que BA (7.77 mm), CPPU (7.82 mm) y testigo (7.95 mm), pero igual que los producidos con 2,4-D aplicado solo (8.53 mm), AVG (8.24 mm) y ANA (8.45 mm). Estos resultados de crecimiento en longitud y diámetro de frutos obtenidos con el 2,4-D solo o mezclado con el CPPU son similares a los encontrados cuando estos productos fueron aplicados en la antesis para la inducción y amarre de frutos de vainilla sin realizar la polinización manual (Gregory et al., 1967; Hernández y Curti, 1999). Cabe mencionar que no se observó ningún daño de fitotoxicidad en la planta o fruto con la aplicación de los reguladores de crecimiento.

Con base a los resultados encontrados, se considera conveniente seguir evaluando los otros reguladores de crecimiento probados dada su tendencia a disminuir el aborto de frutos, con la finalidad de tener diferentes opciones de productos menos tóxicos para los seres vivos y el ambiente. Se considera necesario también, precisar las épocas óptimas de aplicación y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento, así como estudiar otros factores que pudieran estar involucrados en el aborto de los frutos, como la nutrición de las plantas. Los datos de las condiciones climáticas extremas se presentan en el Cuadro 3. Durante la segunda quincena de mayo de 2016, las temperaturas máximas diarias absolutas fluctuaron entre 33 y 36°C y la humedad relativa de 64 a 78%, en el horario de las 11:00 a 17:00 h. En este mismo periodo, el número de horas registradas con temperaturas mayores de 33°C y humedad relativa menor de 80% fue de 48 y 78 h respectivamente, y no hubo lluvias.

Cuadro 3. Temperaturas máximas (TMax) y humedad relativa mínima (HRMin) (diarias absolutas), No. de horas con temperaturas mayores de 33°C (NHTMax), No. de horas con humedad relativa menor de 80% (NHHRMin) y cantidad de lluvia registrada antes y durante el periodo de aborto de frutos. Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver. 2016.

Fechas	Rango de TMax (°C)	Promedio de TMax (°C)	NHTMax mayor de 33 °C	Rango de HRMin (%)	Promedio de HRMin (%)	NHHRMin menor de 80%	Lluvia (mm)
1-15/05/2016	22-33	30.27	3	59-100	75.19	75	40
16-31/05/2016	33-36	33.86	48	64-78	72.96	78	0.0
1-15/06/2016	29-35	32.50	20	51-83	69.66	73	140
16-30/06/2016	25-34	31.60	10	64-100	75.93	67	74.5

Los primeros frutos con síntomas típicos de aborto, que inicia con el cambio de su color verde a amarillo, se observaron a finales del mes de mayo, una vez que se presentaron las condiciones señaladas, y la caída inició entre los tres y cinco días posteriores, inmediatamente después de una lluvia fuerte que ocurrió el 1 de junio de 2016 (33 mm) y seguida de días soleados y calurosos, como ha sucedido en otros años. La caída de frutos finalizó en la tercera semana de junio, una vez que las condiciones climáticas cambiaron y los frutos habían comenzado a desarrollar sus semillas. El aborto de vainilla ocurrió entre los 40 y 57 DDP. Los frutos abortados no alcanzaron a madurar sus semillas, sólo se observaron los óvulos de color blanco y café claro; las dimensiones del fruto fueron: longitud de 18.69 cm, diámetro 8.18 mm y peso de 10.46 g y se caracterizaron por su color amarillo, consistencia flácida y porque habían perdido su perianto. A su vez, los frutos que fueron tratados con reguladores de crecimiento, principalmente con 2,4-D, conservaron su color verde, alcanzaron a formar sus semillas y no abortaron.

Conclusiones

Los reguladores de crecimiento 2,4-D a 32 ppm + forclorfenurón en concentración de 5 mL de producto comercial por litro de agua y el 2,4-D a 32 ppm tuvieron un efecto positivo en la retención, longitud y diámetro de frutos de la vainilla. Por esta razón es promisorio el uso de estos productos para reducir el aborto de los frutos en vainilla que ocurre entre los 40 a 60 días posteriores a la polinización manual durante las condiciones climáticas extremas en las áreas productoras de México.

Literatura citada

- Anthony, M. F. and C. W. Coggins, Jr. 2001. NAA and 3,5,6-TPA control mature fruit drop in California citrus. Hortsci. 36(7):1296-1299.
- Ashraf, M. Y., M. Yaqub, J. Akhtar, M. A. Khan, M. A. Khan and G. Ebert. 2012. Control of excessive fruit drop and improvement in yield and juice quality of Kinnow (Citrus delicious x Citrus nobilis) through nutrient management. Pak. J. Bot. 44:259-265.
- Borbolla-Pérez, V., L. G. Iglesias-Andreu, B. E. Herrera-Cabrera y A. Vovides-Papalouka. 2016. Aborción prematura de frutos de Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews. Agroproductividad 9(Supl. Noviembre):11-12.
- Çetinbaş, M. and F. Koyuncu. 2011. Effects of aminoethoxyvinylglycine on harvest time and fruit quality of 'Monroe' peaches. Tarim Bilimleri Dergisi – J. Agric. Sci. 17:177-189.
- Garner, L. C. and C. J. Lovatt. 2016. Physiological factors affecting flower and fruit abscission of 'Hass' avocado. Sci. Hort. 99:32-40.
- Gregory, L. E., M. H. Gaskins and C. Colberg. 1967. Parthenocarpic pod development by Vanilla planifolia Andrews induced with growth-regulating chemicals. Econ. Bot. 21(4):351-357.
- Hernández, H. J. 2011. Mexican vanilla production. p. 3-24. In: Havkin-Frenkel, D. and F. C. Belanger (eds.). Handbook of vanilla science and technology. 1st ed. Willey-Blackwell. Oxford, UK.
- Hernández, H. J. y S. A. Curti D. 1999. Inducción del amarre y crecimiento de fruto de la vainilla con reguladores de crecimiento (RC). p. 140-141. In: Memorias de la Décima Segunda Reunión Científica- Tecnológica Veracruz '99. Veracruz, Ver., México.
- Khandaker, M. M., N. S. Idris, S. Z. Ismail, A. Majrashi, A. Alebedi and N. Mat. 2016. Causes and prevention of fruit drop of Syzygium samarangense (wax apple): A review. Adv. Environ. Biol. 10(11):112-123.
- Kundu, M., R. Joshi, P. N. Rai and L. D. Bist. 2013. Effect of plant bio-regulators on fruit growth, quality and productivity of pear [Pyrus pyrifolia (Brum.) Nakai] cv Gola under tarai condition. J. Appl. Hort. 15(2):106-109.
- Kvikliene, N., D. Kviklys and A. Sasnauskas. 2010. Effect of plant growth regulators on apple fruit preharvest drop and quality. J. Fruit Ornam. Plant Res. 18(2):79-84.

Lovatt, C. J. 2008. UC IPM Pest Management Guidelines: Citrus Plant Growth Regulators: General Information. UC ANR publication 3441. Botany and Plant Sciences, UC Riverside. <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r107900111.html> [consultado el 26 de enero de 2016].

Modise, D. M., A. S. Likuku, M. Thuma and R. Phuti. 2009. The influence of exogenously applied 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on fruit drop and quality of navel oranges (*Citrus sinensis* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 8(10):2131-2137.

Nawaz, M. A, W. Ahmad, S. Ahmad and M. Mumtazkan. 2008. Role of growth regulators on preharvest fruit drop, yield and quality in Kinnow mandarin. *Pak. J. Bot.* 40(5):1971-1981.

Salazar, R, V. M., E. Sandoval Z., C. V. Granados H., Y. Cruz R., B. E. Herrera C. y J. E. Campos C. 2016. Descripción estructural y funcional de caída prematura de frutos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad.* 9(Supl. Noviembre):17-18.

SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Sharif, N., M. M. Abbas, N.-ul-N., Memon and M. A. Javaid. 2016. Comparative evaluation of naphthalene acetic acid and urea for preventing premature fruit drop and improving fruit yield and quality in Ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk) cv. Suffon. *J. Agric. Res.* 54(1):55-62.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz.) EN MÉXICO

Isaac Meneses-Márquez¹⁷³, Pablo Andres-Meza^{174*}, Otto R. Leyva-Ovalle¹⁷⁴, Joaquín Murguía-Gonzales¹⁷⁴, Enrique Noé Becerra-Leor¹⁷³, Xochitl Rosas-Gonzales¹⁷³ y J. Luis Del Rosario- Arellano¹⁷⁵

Resumen

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) pertenece a la familia Euphorbiaceae, cuyo centro de origen es la cuenca amazónica. Es catalogada como cuarto producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz, útil en la elaboración de concentrados comerciales para animales, fibra para papel, textiles, biocombustible, almidón para la industria de alimentos y la farmacéutica. Por lo anterior es sustancial realizar estudios ecogeográficos con el fin de conocer su distribución potencial en México a fin de realizar mejores estrategias de conservación y uso eficiente de este recurso fitogenético. Se utilizaron los valores de latitud y longitud de 40 sitios de colecta provenientes del estado de Chiapas, los cuales corresponden a los municipios de Ostucán, Jiquipilas, Cacahoatán, Tuxtla Chico, Metapa, Palenque, Chilón y Ocosingo; así como variables bioclimáticas para predecir la ausencia ó presencia de la especie, ambos se sometieron al modelo de distribución de especies MaxEnt para generar el mapa de distribución potencial. Los resultados muestran un potencial de ocurrencia en las regiones tropicales y subtropicales de clima cálido, húmedo y subhúmedo, propiamente en los estados de Yucatán, Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Jalisco, Nayarit Colima y sur de Sinaloa, los cuales son determinadas por las variables extremas de temperatura máxima del mes más cálido y mínima del mes más frío, así como la disponibilidad de agua en los meses más húmedos. El valor del área bajo la curva (AUC) alcanzó un valor de 96.7%, lo que indica que el modelo generado es una herramienta que verdaderamente predice lugares a los cuales la especie puede distribuirse.

Palabras clave: *Manihot esculenta*, distribución potencial, MaxEnt

¹⁷³ Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 34.5, carretera Veracruz-Córdoba. C.P. 91700. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

¹⁷⁴ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba, Amatlán de los Reyes, Córdoba, Veracruz, México. CP. 94950.

¹⁷⁵ Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba. Amatlán de los Reyes, Córdoba, Veracruz, México. CP. 94950.

* pandres272@gmail.com

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) se encuentra distribuida principalmente en zonas tropicales y subtropicales del mundo, su centro de origen es la cuenca amazónica, pero existen dos centros de domesticación, Brasil y México (Martínez et al., 2002; Olsen y Schaal, 2001). Se ha reportado la existencia de 50 géneros y 826 especies en la república mexicana, de las cuales 55.52% son endémicas, resultados que la ubican como la sexta familia en importancia nacional atendiendo al número de especies y como la cuarta entre las siete más diversas del país, con una mayor concentración de especies en las regiones de selva baja caducifolia y matorrales (Pincay, 2010).

El género *Manihot* se encuentra en cerca de 180 países, compuesto principalmente de arbustos, distribuyéndose en el continente americano desde Arizona (EE.UU.) hasta Argentina, concentrándose en el norte de Brasil y México (Terranova, 2004), en este último, se encuentra primordialmente a nivel de huerto familiar, cultivada con una tecnología tradicional y con rendimientos de 8 a 10 t ha⁻¹ (Meneses et al., 2014).

En la actualidad los recursos fitogenéticos los cuales están conformados por la diversidad del material genético que contienen las variedades tanto tradicionales y modernas, así como las plantas silvestres; son un recurso esencial para la producción agrícola sostenible, su conservación y uso eficaz son fundamentales para salvaguardar la seguridad alimentaria y nutricional, ahora y en el futuro (FAO, 2014). Por lo anterior existe la necesidad de explorar germoplasma nativo que permita evidenciar la variabilidad genética, desarrollar estrategias de conservación in situ y ex situ, búsqueda de nuevos cultivares para el desarrollo de genotipos más productivos y mejor adaptados (FAO, 2014).

Aunque el país está considerado como megadiverso, aún existe poca documentación de este patrimonio, puesto que la gran mayoría cuenta únicamente con un nombre científico y algunos datos sobre su variación morfológica, con poca atención a la distribución geográfica de las especies. Para superar la carencia de este conocimiento, se han definido modelos predictivos que ayudan a estimar su distribución potencial en función del nicho ecológico (Villaseñor y Téllez, 2004).

El uso de modelos estadísticos- matemáticos ayudan a determinar dónde se encuentran las condiciones ambientales más adecuadas para que la especie prospere, en función de distintos parámetros obtenidos de recolectas previas, generalmente correlacionan los sitios ya conocidos con un conjunto de factores ambientales, especialmente climáticos (Villaseñor y Téllez, 2004). En este sentido, se encuentran métodos basados en registros de presencia ausencia como: GLM (Generalized Linear Models), GAM (Generalized Additive Models), redes neuronales o algoritmos basados únicamente en presencias como Bioclim, Domain, ENFA, GARP y MaxEnt, entre otros (Liras, 2008).

MaxEnt es un programa multiuso basado en una aproximación estadística llamada máxima entropía que permite hacer predicciones utilizando información incompleta, en este caso datos de presencia u ocurrencia de la distribución potencial de una especie (Philips et al., 2006, 2008). Posee la ventaja de requerir solo datos de presencia, su buen desempeño en comparación con otros 16 métodos similares (Elith et al., 2006), especialmente con un número pequeño de muestras (Elith et al., 2006; Phillips et al., 2006; Hernández et al., 2008); además de su disponibilidad gratuita. El uso de esta aplicación combinada con herramientas SIG pueden transformarse en instrumentos de gran valor para la generación de información que permita hacer un uso más eficiente de los recursos, predecir potenciales escenarios, y de esta manera aumentar el éxito de proyectos de conservación, así como también aquellos relacionados con el manejo de recursos naturales productivos (Morales, 2012).

Materiales y métodos

Por medio de las georreferencias de 40 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) provenientes de ocho municipios del estado de Chiapas (Ostuacán, Jiquipilas, Cacahoatán, Tuxtla Chico, Metapa, Palenque, Chilón y Ocosingo), resguardadas ex situ en el Banco de Germoplasma de Yuca (BGY) del campo experimental Cotaxtla del INIFAP en Medellín de Bravo, Ver., y con el uso de capas bioclimáticas y variables climáticas estacionales tomados de la base de datos de WorldClim, así también de capas de propiedades del suelo (Cruz et al., 2014), se modeló el nicho ecológico de la especie con el uso del software MaxEnt 3.3.3 (Phillips et al., 2010) para determinar la distribución potencial en México. El modelo fue validado con el valor del área bajo la curva (AUC) operada por el receptor (ROC). Los resultados obtenidos se les dio formato cartográfico por medio del software ArcMap versión 10.3.1 (ESRI, 2011).

Resultados y discusión

El valor del área bajo la curva (AUC) del modelo de distribución potencial para *M. esculenta*, alcanzó un valor de 96.7%, es decir que el modelo generado es mejor si se realizara uno al azar. En tanto, los datos de prueba presentan valores de 93.1%, por lo que, la predicción tiene un alto nivel de precisión en la discriminación de las áreas donde la especie se encuentra y entre aquellas en las que está ausente, esto apunta que el modelo logró un desempeño adecuado (Mezaour, 2005).

En la Figura 1, se muestran los sitios con presencia y potencial de ocurrencia, en este sentido las áreas marcadas de rojo (80- 100%) muestran una muy alta probabilidad para el desarrollo del nicho ecológico de la yuca, seguido en orden decreciente del color naranja y amarillo que corresponde a la parte costera del Golfo de México y Océano Pacífico.

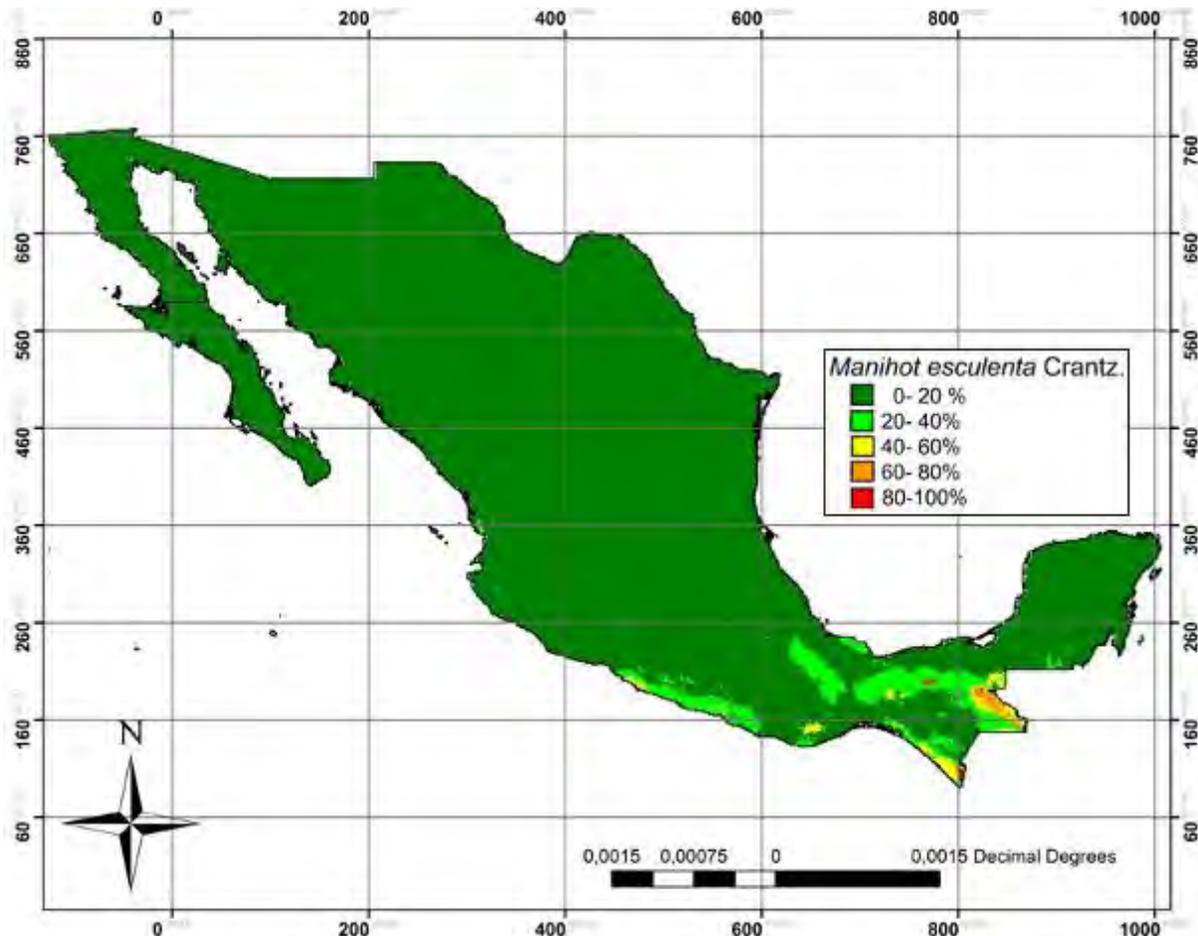


Figura 1. Distribución potencial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

Si bien es cierto que solo se utilizaron 40 puntos de colecta provenientes del estado de Chiapas, el cual pudo sesgar los resultados con mayor probabilidad en la región sureste de México, los resultados son similares a los reportados por Meneses et al. (2014), quienes indican la distribución de especies del género *Manihot* en Tabasco y Veracruz (Golfo de México), mientras que en el Océano Pacífico resaltan los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Jalisco, Nayarit y Colima. Asimismo, señalan presencia de yuca en la península de Yucatán y sur de Tamaulipas.

Respecto a las condiciones ambientales que restringen el nicho ecológico, se encontró que la variable rango entre la temperatura máxima del mes más cálido y la temperatura mínima del mes más frío (Bio 7) es de vital importancia para determinar la distribución, demostrando la

influencia de las condiciones extremas en la supervivencia de la especie, así como de la disponibilidad de agua en los meses más húmedos (pp_húmedos). Lo anterior concuerda con Meneses et al. (2014), quienes mencionan que las especies del género *Manihot* pueden extenderse a zonas áridas y templadas, pero se restringe a ciertas condiciones ambientales que impiden su crecimiento y desarrollo, tales como un periodo de heladas y precipitaciones hídricas menores a 500 mm anuales donde la óptima es de 1000 a 2500 mm, temperaturas de entre 20 y 29 °C, altitud máxima de 2000 msnm, con suelos de fertilidad moderada y bien drenados (Cartay, 2004; FAO, 2014).

A nivel nacional se estimó una superficie potencial de 8'365,520 ha para el desarrollo de la especie, siendo Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Tabasco y Veracruz los estados con las mejores condiciones para su establecimiento y por ende de la posibilidad de encontrar mayor diversidad de materiales cultivados y silvestres, el cual marca pauta para futuras colectas así como el establecimiento comercial del cultivo.

Conclusiones

Se logró referenciar las áreas donde puede prosperar la especie, siendo la zona del sureste mexicano específicamente los estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Tabasco y Veracruz los que presentan mayor área potencial. Este estudio permitirá realizar salidas de campo para verificar la presencia de la especie, para de esta manera coleccionar y enriquecer la diversidad del banco de germoplasma, a su vez este mapa es una herramienta útil para impulsar el cultivo en los lugares señalados al presentar las condiciones idóneas para el crecimiento y desarrollo de la yuca.

Literatura citada

- Cartay, R. 2004. Difusión y comercio de la yuca (*Manihot esculenta*) en Venezuela y en el mundo. *Agroalimentaria*, (18), 13-22. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/agroalimentaria/article/view/1309/1255>. [consultado el 23 de julio de 2017].
- Cruz, C. G., L. López M., C. A. Ortiz S., L. Villaseñor J., E. Ortiz., T. Silva J. and F. Estrada G. 2014. Interpolation of Mexican soil properties at a scale of 1: 1,000,000. *Geoderma*, 213, 29-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.07.014>. [consultado el 9 de julio de 2017].

Elith, J., C. Graham., R. Anderson., M. Dudík., S. Ferrier., A. Guisan., R. Hijmans., F. Huettmann., J. Leathwick., and A. Lehmann. 2006. Novel methods improve prediction of species' dis- tributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2011. ArcGIS desktop: release 10. Environmental Systems Research Institute, CA.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, Roma, Italia. 167 p.

Hernández, P. A., I. Franke., K. Herzog S., V. Pacheco., L. Paniagua., L. Quintana H. and J. Vargas. 2008. Predicting species distributions in poorly- studied landscapes. *Biodiversity and conservation* 17(6):1353-1366.

Liras, E. 2008. Funcionamiento, interfaz y formato de los datos en Maxent: réplica del IV taller de modelización de nichos ecológicos. Almería, España. http://www.gbif.es/gbif/ficheros/Taller_Nichos_08/8_Que_modelo_elegir.pdf. [Consultado el 5 de enero de 2017].

Martínez, G. M., J. Jiménez R., R., García., A. Cervantes., R. Mejía H. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Serie Botánica* 73:155-281.

Meneses, M. I., A. Vázquez H., X. Rosas G., E. N. Becerra L. 2014. Colecta y conservación ex situ de germoplasma de yuca en el estado de Veracruz. p. 391–396. In: XXVI Reunión Científica- Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2014 y III Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Villahermosa, Tabasco, México.

Mezaour, A. 2005. Filtering web documents for a thematic warehouse case study: eDod food risk data warehouse (extended). p. 269-278. In: Intelligent information processing and web mining. Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI), Université Paris Sud, France.

Morales, S. N. 2012. Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en conservación. *Revista Conservación Ambiental* 2(1):1–3.

Olsen, K. M. & A. Schaal, B. 2001. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for a southern Amazonian origin of domestication. *American journal of botany* 88(1):131-142.

Philips, S., M. Dudik and R. Schapire. 2010. Maxent Software, version 3.3. 3e. Global Biodiversity Information Facility: Copenhagen, Denmark. <http://www.cs.princeton.edu/schapire/maxent/>.

- Phillips, S. J., and M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31(2):161-175.
- Phillips, J. S., R. Anderson P., R. Schapire E. 2006. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental*. 6:231 – 252. <http://rob.schapire.net/papers/ecolmod.pdf>.
- Pincay, A. L. M. 2010. Caracterización agronómica, morfológica y molecular del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la estación experimental Portoviejo del INIAP. 110 p.
- Terranova. 2004. Producción agrícola. Terranova (eds). Ltda. Enciclopedia agrícola Terranova, Segunda edición. Bogotá, Colombia. 586 p.
- Villaseñor J. L. & O. Téllez V. 2004. Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales del Instituto de Biología serie Botánica*, 75(002). <http://redalyc.org/articulo.oa?id=40075203>.

EFFECTO DE BIOESTIMULANTES Y NUTRIMENTOS FOLIARES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGO (*Ficus carica*) Cv. CAFÉ DE TURQUÍA

Antonio Morgado González^{176*}, Alberto Enrique Becerril Román¹⁷⁶, Guillermo Calderón Zavala¹⁷⁶, Eduardo García Villanueva¹⁷⁶ y Ciro Velasco Cruz¹⁷⁶, José Alberto Villa¹⁷⁷

Resumen

El higo (*Ficus carica*) es la primera planta cultivada en el mundo, se cultiva en 48 países y en México en 11 estados de la república, sin embargo, es cultivado en suelos con bajo aporte nutrimental. La aplicación vía foliar de biorreguladores y nutrimentos, es una alternativa para potenciar la producción del cultivo. El experimento se estableció en una parcela a campo abierto en el municipio de Xochiapulco, Puebla, en plantas de cuatro años de ser establecidas y el Cv. Café de Turquía; se realizaron dos aplicaciones foliares (mayo- junio, 2017) de citocininas (Agromil-Plus®) y ácido giberélico (Gibiotín®) a 0.5 mL·L⁻¹ y 10 ppm, en combinación de Ca(NO₃)₂ al 2% y P-K (30-30) al 1%; estas distribuidas en un diseño experimental en completamente al azar. Se obtuvo que la aplicación de ácido giberélico incrementa la longitud de ramas y el número de frutos en 31.5% y 15%, respectivamente, esto en combinación con Ca(NO₃)₂; de igual forma, la aplicación de cualquiera de ambos biorreguladores, incrementa las dimensiones del fruto hasta en un 7%, lo que se refleja en un incremento del peso de frutos en 13.5%, aunado a la aplicación de nutrimentos, destacando el Ca(NO₃)₂ al 2%. La aplicación de biorreguladores y macronutrimentos vía foliar son una alternativa para potenciar el rendimiento del cultivo de higo a campo abierto, promoviendo mayor vigor de las ramas productivas e incremento del número de frutos por rama, además de favorecer un incremento en la calidad y el rendimiento de los frutos.

Introducción

El higo (*Ficus carica*) es considerada como la primera planta cultivada en el mundo, antes que los cereales (Krislev y Hartman, 2006). La FAO (2010) sugiere que el higo o higueras se

¹⁷⁶Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

¹⁷⁷Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec. Carretera Federal Amozpc-Nautla Km. 122+600, Almoloni, Tlatlauquitepec, Puebla.

*morgado.antonio@colpos.mx

cultivan en 48 países del mundo. La producción en México (1,338 ha) está distribuida en 11 estados de la República Mexicana, siendo los estados de Morelos, Baja California Sur y Puebla los estados con mayor superficie; el rendimiento medio nacional es de 4.49 t ha^{-1} , tiene un precio medio nacional de $\$9,296 \text{ t}^{-1}$, sin embargo, por su reciente apertura en el mercado de exportación, este alcanza hasta los $\$23,000 \text{ t}^{-1}$ en fresco (SIAP, 2015).

El higo es cultivado principalmente a campo abierto, el sistema de producción se caracteriza por plantaciones de edad avanzada, suelos con bajos niveles nutrimentales, precipitaciones erráticas y mal distribuidas, además de un escaso o nulo manejo cultural (podas, control de plagas y enfermedades y manejo de estimulantes o nutrimentos vía foliar). El estado de Puebla a pesar de ser el tercer estado productor por superficie se encuentra por debajo de la media nacional en rendimiento (3.54 t ha^{-1}), ya que los productores realizan las mínimas prácticas agrícolas, generando así, plantas con baja productividad, frutos de tamaño pequeño y arboles con alto déficit nutrimental.

Los biorreguladores son considerados esenciales en la fisiología vegetal, si estos no son producidos en balance y/o utilizados oportunamente en el sitio de acción correspondiente, provoca que la planta altere su crecimiento y desarrollo normal, afectando la fenología de los cultivos, así como drásticas alteraciones en la producción, calidad del órgano de cosecha, así como la posibilidad de preservar la propia especie. Los biorreguladores sintéticos son productos químicos que contienen compuestos que pueden utilizarse para manipular diversos procesos fisiológicos de las plantas y así aumentar el potencial de producción o la calidad de los productos (Arshad y Frankenberger, 1991).

Aunado al uso de bioreguladores como alternativa para potenciar los rendimientos de los frutales, se sabe que los requerimientos nutrimentales de los frutales, solo pueden mantenerse mediante la continua reposición de aquellos nutrimentos que son extraídos por los árboles, durante el ciclo productivo (Chatterjee y Dube, 2004). Aunque convencionalmente al higo se le fertiliza con macronutrimentos al suelo, existen situaciones en que las plantas presentan algún grado de deficiencia y, por tanto, se hace necesario incluir en el programa de fertilización aspersiones foliares de nutrimentos para obtener respuestas rápidas del frutal, sobre todo en etapas críticas del cultivo.

Por lo anterior, en esta investigación se tuvo por objetivo evaluar el efecto que tiene el ácido giberélico y las citocininas, en combinación con macronutrimentos aplicados vía foliar en el crecimiento y producción de árboles de higo.

Materiales y métodos

El experimento fue establecido en el municipio de Xochiapulco, en la comunidad de Ixhehuaco, la cual se encuentra localizada a los 19°48' de LN y 97°36' de LO, altitud de 2,100 msnm, precipitación de 1,000 mm anuales, temperatura media anual de 16°C, con un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano y el suelo en el que se encuentra establecida la huerta es del tipo andosol.

Las plantas de higo a las que se les aplicaron los tratamientos tienen cuatro años de ser establecidas, del cultivar Café de Turquía, estas fueron podadas a tres nudos con ocho ramas principales y 120 g por árbol del fertilizante fosfato diamónico (18-46-00).

Se utilizó un diseño de tratamientos factorial de dos factores, teniendo como factor A los biorreguladores a base de citocininas y ácido giberélico, con los productos comerciales Agromil-Plus y Gibiotín a concentraciones de 0.5 mL L⁻¹ de agua y 10 ppm; como factor B nitrato de calcio y PK-Ultra (00-30-30) al 2 y 1%, respectivamente; más un testigo absoluto. Se realizaron dos aplicaciones foliares en la primera semana de mayo y junio de 2017 con los tratamientos antes descritos. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones siendo un árbol con dos ramas la unidad de muestreo.

Las variables de respuesta medidas y evaluadas a los 40 d después de la última aplicación fueron: diámetro de tallo del árbol, longitud y diámetro de ramas, nudos y número de frutos por rama, además, diámetro y longitud de frutos y el peso de cinco frutos.

A los datos se les realizó un análisis de varianza y la respectiva prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System Ver. 9.0).

Resultados y discusión

La aplicación de biorreguladores (citocininas y ácido giberélico) no influye de manera directa en el porte del árbol, a excepción del ácido giberélico, el cual incrementa la longitud de las ramas en un 31.5% con respecto al testigo, además de incrementar el número de frutos presentes por rama en 15% con respecto al testigo, presentando valores de 15 y 13 frutos por rama, respectivamente. En cuanto a los nutrientes aplicados de manera simultánea a los biorreguladores, se tiene que fue el nitrato de calcio al 2% el que promovió mayor longitud de ramas y mayor número de frutos en la misma, con valores promedio de 93.81 cm y 15 frutos por rama, en comparación de 67.6 cm y 13 frutos por cada rama de los árboles testigo.

	Ø Tronco (cm)	Rama (cm)	Ø Rama (cm)	Nudos·Rama (numero)	Frut·Rama (numero)
Biorregulador vía foliar					
Citocininas	8.94 a	73.00 b	2.05 a	19.88 a	10.81 c
Ác. giberélico	8.93 a	88.89 a	2.15 a	20.63 a	14.63 a
Testigo	9.00 a	67.60 b	2.26 a	20.34 a	12.75 b
Nutrimento foliar					
Nitrato de calcio	8.30 a	93.81 a	2.06 a	20.69 a	15.13 a
Fosforo-potasio	9.56 a	68.06 b	2.14 a	19.81 a	10.31 c
Testigo	9.00 a	67.60 b	2.26 a	20.34 a	12.75 b

Olszewski et al. (2002) sugirieron que las giberelinas están involucradas en la regulación de varios aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, esto mediante diversas rutas metabólicas y de señalización; estimulan la división y elongación celular, además de regular la fase juvenil a la fase adulta de las plantas, también influyen en la iniciación de la floración y la formación de flores unisexuales en algunas especies, pudiendo sustituir algunos estímulos ambientales como la luz y la temperatura (Davies, 2010). Taiz y Zeiger (2009) afirman que regulan el ciclo celular en los meristemas intermedios, promoviendo el desarrollo y la división celular. En plantas adultas se observan niveles elevados de expresión de genes biosintéticos en los tejidos de rápido crecimiento como el meristemo apical, las hojas en expansión, los pecíolos y los entrenudos en elongación (Helmut et al., 1997).

El efecto de las giberelinas sobre la inducción floral es complejo, ya que es un fenómeno específico de cada especie, ya que en ciertas condiciones en algunas plantas promueve la floración y en otras la inhibe. Los efectos positivos o negativos de estos biorreguladores pueden ser controlados en varias etapas de desarrollo (iniciación e inducción floral y/o formación de meristemas reproductivos) (Mutasa-Gottgens y Hedden, 2009).

Los sitios específicos, el momento de síntesis de manera natural de las giberelinas y las respuestas de la planta deben ser regulados para un óptimo crecimiento y desarrollo. Las giberelinas de manera natural, suelen estar presentes a concentraciones bajas (0.1 a 100 ng g⁻¹ de peso fresco), esto en la mayoría de tejidos vegetativos y florales (Hedden y Phillips, 2000). En general, los niveles más altos de giberelinas se encuentran en el crecimiento activo de órganos, tal es el caso de la expansión de entrenudos y el propio desarrollo floral (Hu et al., 2008).

Lo anterior indica que el ácido giberélico aplicado vía foliar a 10 ppm, en combinación con nitrato de calcio al 2%, son una alternativa para incrementar vigor de las ramas en arboles de higo, lo cual se refleja en mayor número de frutos de higo en la misma.

Al evaluar características de los frutos cosechados y como estos fueron influenciados por la aplicación de biorreguladores y nutrimentos vía foliar, se tiene que al aplicar citocininas y ácido giberélico incrementan el diámetro ecuatorial y la longitud de los frutos entre el 3 y 7%, lo cual es reflejado en el peso de los frutos ya que este se incrementa hasta en 13.5% con respecto al testigo absoluto.

	Ø Fruto (cm)	Fruto (cm)	Pedúnculo (cm)	Peso de cinco frutos (g)
Biorregulador vía foliar				
Citocininas	3.36 a	4.16 a	1.40 a	101.40 a
Ác. giberélico	3.40 a	4.06 ab	1.50 a	101.37 a
Testigo	3.17 b	4.03 b	1.29 a	89.40 b
Nutrimento foliar				
Nitrato de calcio	3.38 a	4.15 a	1.64 a	104.72 a
Fosforo-potasio	3.37 a	4.06 ab	1.26 b	98.04 ab
Testigo	3.17 b	4.03 b	1.29 b	89.40 b
Combinación				

En cuanto al efecto de los nutrimentos foliares sobre el crecimiento y rendimiento de fruto, fue el nitrato de calcio al 2% el que incrementó el tamaño de los frutos, incrementando así el rendimiento en 17%. Como observación, se tiene que el tratamiento a base de ácido giberélico como biorregulador en combinación con nitrato de calcio promueve el desarrollo de dos frutos por cada punto de crecimiento (nudo), esto de manera extraordinaria los demás tratamientos que comúnmente solo desarrolla un fruto por cada nudo.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.), en donde la aplicación precosecha de ácido giberélico produjo un incremento en los diámetros del fruto (Podestá et al., 2001).

Las giberelinas, como responsables de la expansión celular (García-Martínez y Hedden, 1997), están entre los reguladores que incrementan el volumen de los frutos. Asimismo, se menciona que el regulador de crecimiento tiene un efecto directo sobre el tamaño del fruto sin afectar el contenido de sólidos solubles ni la acidez titulable en frutos de fresa (Rohloff et al., 2002).

Usenik et al. (2005) encontraron que la aplicación de ácido giberélico aumentó el rendimiento de los frutos de cerezo. Los resultados también sugieren que la dosis utilizada de ácido giberélico estuvo dentro de un rango adecuado para las plantas ya que, según Tehranifar y

Batley (1997), se podría esperar un efecto negativo cuando se usan dosis muy altas del regulador.

Saure (2005) enfatiza la importancia del calcio en la prolongación de la vida de anaquel de los frutos, el mejoramiento del crecimiento del fruto, estatus nutricional de la planta, productividad, resistencia a desórdenes causados por patógenos y calidad de los frutos.

Zheng et al. (2009) encontraron que al aplicar 20 mmol L⁻¹ de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂), durante periodos de estiaje, se podría mejorar la resistencia al estrés por déficit de agua, incrementar la tasa fotosintética de las hojas e inhibir fisiopatías típicas en cítricos, por exceso de calor.

Al asperjar con Ca árboles frutales durante el periodo de aborto fisiológico de frutos, se disminuyó la caída, se alargó el periodo del ciclo y el periodo de maduración de los frutos, además de han realizado algunas investigaciones donde estudian la influencia del Ca sobre los parámetros de intercambio gaseoso en frutos, absorción de nutrientes, la apariencia y calidad de la fruta (Zheng et al., 2017).

Conclusión

La aplicación de biorreguladores y macronutrientes vía foliar son una alternativa para potenciar el rendimiento del cultivo de higo a campo abierto, en caso específico del ácido giberélico en combinación con nitrato de calcio promueven mayor vigor de las ramas productivas e incrementan el número de frutos por rama; de igual forma al aplicar citocininas y ácido giberélico, en combinación con nitrato de calcio y fosforo-potasio, incrementan la calidad y el rendimiento de los frutos.

Literatura citada

Arshad, M. and Frankenberger W.T. 1991. Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil* 133:1-8.

Chatterjee, C., and Dube B.K. 2004. Nutrient deficiency in vegetables and their management. In: K.G. Mukerji (ed). *Disease management of fruits and vegetables*. Fruit and vegetables. Kluwer Academic Publishers, pp: 145–188.

Davies, P.J. 2010. *Plant Hormones: Biosynthesis, signal transduction, action*. Gibberellin Biosynthesis and Inactivation. Springer 63-94.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Statistical Yearbook. Agricultural Production. Consultado en julio, 2017. Disponible en [<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>].
- García-Martínez, J.L., and Hedden P. 1997. Gibberellins and fruit development. In: Tomás-Barberán F.A., Robins R.J., (ed). Phytochemistry of fruit and vegetables. Oxford, UK: Clarendon Press pp. 263–285.
- Hedden, P, Phillips A. 2000. Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. Trends Pharmacol Sci 5: 523–530.
- Helmut, H.B., and Robinson D.G., Graebe J.E. 1997. Planta. 202:211-219.
- Hu, J., Mitchum M.G., Barnaby N., Ayele B.T., Ogawa M., Nam E., Lai W.C., Hanada A., Alonso J.M., Ecker J.R., Swain S.M., Yamaguchi S., Kamiya Y., Sun T.P. 2008. Potential sites of bioactive gibberellin production during reproductive growth in Arabidopsis. Plant Cell 206(1):320–336.
- Krislev, M.E.A., and Hartman O.B. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. Science 312(5778):1273–1275.
- Mutasa-Göttgens, E., Hedden P. 2009. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks. Journal of Experimental Botany 60(7):1979-1989.
- Olszewski, N., Sun T.P., Gubler F. 2002. Gibberellin signalling, biosynthesis, catabolism, and response pathways. Plant Cell 14:561-580.
- Podestá, L., Gil F., Rodríguez M.A., Arjona C. 2001. Efecto del ácido giberélico y del calcio sobre el tamaño, agrietamiento y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales 16(1):37-48.
- Rohloff, J., Fiscaa-Hagen S., Iversen T. 2002. The effect of plant biochemical regulators on strawberry production in field trials under drip irrigation management at 5 locations in Norway. Acta Hort 567:463-466.
- Saure, M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Scientia Hort 105:65-89.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México. Consultado en Julio, 2017. www.siap.gob.mx.
- Taiz, L., Zeiger E. 2009. Fisiología Vegetal. Ed. ArtMed (4ª. ed). Porto Alegre. 819 p.

Tehranifar, A., Battey N.H. 1997. Comparison of the effects of AG₃ and chilling on vegetative vigor and fruit set in strawberry. *Acta Horticulturae* 439:627-631.

Usenik, V., Kastelec D., Stampar F. 2005. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chem* 90(4):663-671.

Zheng, Y.Q., He S.L., Deng L, Yi S.L., Mao S.S., Niu T.X. 2009. Effect of calcium treatment on oleocellulose development and external quality of citrus fruits. *Journal of Southwest University* 31:64-66.

Zheng, Y.Q., Yang Q., Jia X.M., Liu Y.M., He S.L., Deng L., Xie R., Yi S.L., Lü Q. 2017. Ca(NO₃)₂ canopy spraying during physiological fruit drop period has a better influence on the tree character and fruit quality of Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Journal of Integrative Agriculture* 16(7):1513-1519.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE PITAHAYA PÚRPURA *Hylocereus* *ocamponis* (Salm-Dyck) EN MOLCAXAC, PUEBLA

Bibiana Solís Martínez^{178*}, Raúl Ríos Sánchez¹⁷⁹ y Margarito Osvaldo Ramos Castro¹⁸⁰

Resumen

La pitahaya es una cactácea comestible del género *Hylocereus* (Berger), que se distinguen por frutos o bayas carnosas, cubiertas con grandes escamas foliáceas. En México se distribuyen tres especies *H. purpusii*, *H. ocamponis* e *H. undatus*. La región Mixteca Poblana, es un nicho ecológico de las tres especies. Este trabajo tiene como finalidad estudiar el comportamiento del crecimiento vegetativo y la floración de la especie que por sus características morfológicas coincide con *Hylocereus ocamponis*. En abril del 2016, se estableció en Molcaxac, Puebla, una plantación de 800 m² de pitahaya púrpura, bajo un sistema intensivo de espaldera, con una densidad de 8000 plantas ha⁻¹. El riego se suministró por goteo con dos líneas de cintilla por línea de plantas. En febrero del 2017 se estudió el efecto de giberelinas y urea foliar sobre el crecimiento vegetativo de la pitahaya, en un diseño experimental de bloques al azar. Se aplicaron los tratamientos T1: Urea foliar 0.5%, T2: Urea foliar 0.5% + 200 ppm de AG₃, T3: 200 ppm de AG₃, y T4: Testigo en cuatro bloques. Mediante el análisis de varianza y comparación de medias LSD-Fisher, $\alpha=0.05$, se evaluó el número de plantas con brotes vegetativos (NPBV) a los 13,21,30 y 130 días después de la aplicación (dda), número (NBVP) y longitud (LBV) de brotes vegetativos maduros por planta a los 130 dda. En la mitad de la parcela, en 280 plantas adultas se estimó la capacidad productiva por el número de flores (NFL), número de flores amarradas después de la polinización manual (NFA) y número de frutos (NFR) en el primero y segundo flujo de floración. Los resultados demuestran diferencia significativa a la brotación vegetativa a los 130 dda, en NPBV >T1, T2, T3 (24, 22, 22) diferente de T4 (11), NBVP >T2, T1, T3 (8.3, 8.10 y 7.6), respectivamente, diferente de T4 (3.10) y LBV >T2, T1, T3 (43.54, 42.90 y 42.14 cm) sobre el T4 (34.9cm). Al primer año de la plantación se contaron 151 flores en 280 plantas, el 23.9% correspondió al primer flujo (del 02 al 05/06/2017) y 76.1% al segundo flujo (del 22 al

¹⁷⁸Brigada para la Educación y el Desarrollo Rural No. 17

¹⁷⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

¹⁸⁰Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez.

* bibisol66@hotmail.com

27/06/2017), con un porcentaje de amarre del 88.88% en el primero y 73.91% de amarre en el segundo flujo.

Palabras clave: pitahaya purpura, incompatibilidad, crecimiento, floración

Introducción

A nivel nacional, la pitahaya se cultiva en los estados de Quintana Roo (382 ha), Yucatán (330.39 ha), Puebla (89.70 ha), Tabasco (16 ha), Guerrero (10.50 ha) y Nayarit (2 ha), con una superficie total de 830.59 ha. En el estado de Puebla destacan los municipios productores de Caltepec (25 ha), Tepexi de Rodríguez (21 ha), Huitziltepec (8 ha), Xochitlán Todos Santos (5 ha), Yehualtepec (5 ha), Santiago Miahuatlán (5 ha) y Tehuacán (5 ha) (SIAP, 2015). La pitahaya es rica en calcio, fósforo, potasio y vitamina C. Es una fuente de agua, calorías, ácido ascórbico, fósforo y carbohidratos. Cada 100 g de pitahaya contienen 89.4 de agua, 36 calorías, 25 mg de ácido ascórbico, 19 mg de fósforo y 9.2 g de carbohidratos, no obstante, es deficiente en hierro y vitamina A, pero presenta un alto contenido de sodio y potasio (Flores et al., 2003).

Según Bravo et al. (1978), las claves para identificar las especies del género *Hylocereus* (Berger) Britton et Rose, comprende en su mayoría a los que crecen en México y Guatemala, que las describe con pericarpelo y fruto con grandes escamas foliáceas, con las axilas llevando o no pelos, cerdas o espinas; tallos tríalados o triangulares, tubo receptacular alargado; flores muy grandes; escamas del tubo con las axilas desnudas. Buxbaum, citado por Bravo et al. (1978), menciona que la filogenia de la tribu *Hylocereeae* no está bien definida; la estructura floral del género *Hylocereus*, por su alto grado de especialización, parece que es el final de una línea evolutiva. En México crecen varias especies, algunas de ellas no bien determinadas y se describen tres de ellas: *H. purpussi*, *H. ocamponis* y *H. undatus*. *Hylocereus ocamponis* (Salm-Dyck) Britton et Rose, Contr. U.S. Nat. Herb. 12:429.1909, la describe con tallos triangulares, glaucos, con raíces aéreas, tallos de 2 a 3 m de largo y 5 a 8 cm de diámetro, articulados más o menos ramificados. Costillas onduladas con margen cornificada, color café amarillento. Aréolas distantes entre sí 2 a 4 cm, situadas al principio de cada ondulación, con fieltro blanco. Espinas 5 a 8, de 5 a 12 mm de longitud, aciculares, delgadas, amarillentas. Flores de 25 a 30 cm de largo; segmentos exteriores del perianto lanceolados, largamente acuminados, verdoso, extendidos o reflexos; segmento interiores del perianto oblongos, acuminados, blancos; ovario con escamas imbricadas, ovadas. Fruto rojo púrpura, ovoide, de 10 cm de longitud y 7 cm de diámetro, indehiscente, con escamas pequeñas, lanceoladas, acresentes hacia el ápice, de 1 a 2 cm de largo y 2.5

cm de ancho; pulpa abundante y semillas negras. En las aréolas se realiza la diferenciación vegetativa o floral. Las flores son grandes, infundibuliformes, con simetría ligeramente bilateral, abren en la noche y cierran en las primeras horas del día siguiente. Tienen numerosos estambres espirolados con sensibilidad thignotropica, se mueven cuando se tocan y facilita la colección del polen durante la visita de los insectos y promueven la autopolinización. Tienen ovario ínfero, ubicado debajo del perianto, está formado por varios carpelos y fusionados entre sí, tiene un lóculo y un gran número de óvulos, con placentación parietal, el número de óvulos por flor son más o menos 7200 en *Hylocereus undatus*, el óvulo es campilótropo, bitégmico y crasinucelado. El estilo es largo y delgado presenta una sola cámara, el estigma tiene apéndices o lóbulos donde es depositado el polen (Nobel, 2002). Son plantas alógamas, que requieren de la polinización cruzada y de agentes polinizadores. Los frutos son dehiscentes globosos a ovoides, rojos, rojo-purpúreos, escarlatas o rosados, las brácteas numerosas, persistentes, grandes, con aréolas desnudas, la pulpa jugosa, blanca, roja o purpúrea, los remanentes florales persistentes o no persistentes; semillas ovoides a piriformes, la testa lisa o con puntuaciones pequeñas, negras y brillantes (Bravo y Sánchez, 2011).

H. ocamponis se distribuye a una altitud de 710 a 1195 m, con temperatura máxima promedio de 37 a 41°C y una mínima de 5 a 17°C, la precipitación anual de 600 a 1200 mm. En los estados de Colima, Estado de México, Michoacán y Morelos. Sus frutos comestibles tienen el pericarpelo rosa y la pulpa púrpura. *H. purpusii* se distribuye de 15 a 2200 m, con temperaturas máximas entre 29 y 37°C y mínimas de 3 a 15°C, con una precipitación promedio de 800 a 1500 mm, en los estados de Colima, Chiapas, Durango, Guerrero, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz. Sus frutos se describen de pericarpelo rojo y pulpa roja. *H. undatus*, se distribuye de los 820 a los 2262 m, a temperaturas máximas entre 31 y 37°C y mínimas de -3 a 11°C, con una precipitación promedio de 600 a 1000 mm, se ha encontrado de manera silvestre y cultivada en casi todas las selvas tropicales y subtropicales de México, así como en los climas áridos y semiáridos, en suelos erosionados y pH alcalino en los estados de Puebla y Oaxaca. Sus frutos son de pericarpelo rosa y pulpa blanca.

La pitahaya tiene un importante mecanismo de floración nocturna, lo que evolutivamente se ha relacionado a insectos, aves y murciélagos para su polinización. En Tehuacán, Puebla, se estudió la biología de la polinización en *Hylocereus undatus* y se obtuvo que las flores abren cerca de las 19:00 h y cierran cerca de las 11:00 h, con una duración de anthesis de 17 h y los polinizadores nocturnos contribuyen mejor al amarre de fruto (76.9%) que los polinizadores diurnos (46.1%). Durante la noche las flores son polinizadas por los murciélagos *Leptonycteris curasoae* y *Choeronycteris mexicana*, mientras que en el día son polinizadas por las abejas *Apis mellifera* L (Valiente et al., 2007).

Las cactáceas presentan diversas adaptaciones que favorecen el cruzamiento, pueden ser autoincompatibles, tener dicogamia, hercogamia y unisexualidad. La incompatibilidad es una barrera genética en la fase progámica que toma lugar entre el polen y el estigma o durante el desarrollo de los tubos polínicos en el estilo, esto ocurre en algunas variedades de *Hylocereus* spp., en los clones de *Hylocereus costaricensis* y *H. polyrhizus* (Weiss et al., 1995). La dicogamia, se refiere a que en una flor hermafrodita los órganos masculinos y femeninos maduran en diferentes tiempos y pueden reducir la autofertilización, la hercogamia es la separación espacial de las anteras y el estigma. En *Hylocereus undatus* es mayor la distancia entre el estigma y las anteras y esto puede disminuir la probabilidad de autogamia, aunque la distancia puede cambiar al momento de la floración (Nobel, 2002).

En las condiciones del desierto de Negev, Israel, la fenología de la floración de tres especies *H. polyrhizus*, *H. undatus* y *H. costaricensis* presentaron dos o tres floraciones durante el verano y al inicio del otoño (mayo- octubre). Las fases de la antesis ocurrieron de las 16:00 a las 18:30 h con la dehiscencia de las anteras; de las 20:00 a las 21:30 h la apertura floral, de las 6:00 a las 8:00 h hay visita de abejas y las flores se cierran hasta las 12:00 h. Las especies *H. polyrhizus* e *H. costaricensis* se describen como autoincompatibles, por la incapacidad de formar frutos después de la autopolinización, mientras que *H. undatus* resultó 50% autocompatible en uno de los clones estudiados (Weiss et al., 1994).

La pitahaya es nativa de las regiones tropicales del Norte y Sur América. Es una especie que no tolera la exposición directa a la luz solar, ya que alta intensidad lumínica, como sucede en Israel ($2,200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el verano) provoca la decoloración y reblandecimiento de los tejidos del tallo, produce baja calidad de fruta con pobre color y baja concentración de azúcares (Mizrahi et al., 1997). Algunas especies, tales como *H. costaricensis* e *H. polyrhizus*, tienen mayor tolerancia a altas intensidades lumínicas, probablemente debido a que tienen mayor concentración de ceras en la epidermis que reduce la transmitancia de luz al interior de los tejidos. En Israel, para estabilizar la alta intensidad, utilizan mallas sombras que permiten sólo del 20 al 60% el paso de luz (Mizrahi y Nerd, 1999). En Yucatán, México, las plantas de pitahayas, expuestas a un FFF de $50 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$, sufrieron foto inhibición en la época más seca y de fuertes vientos, mientras que con tratamientos de sombras con mallas sintéticas, que permitieron el 60 y el 40% del paso de la luz, se obtuvo un FFF de 18 a $24 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$, considerados como los óptimos para la fotosíntesis y el crecimiento (Andrade et al., 2006).

Materiales y Métodos

La parcela de pitahaya púrpura se estableció en el rancho el "Moral", del municipio de Molcaxac, Puebla, en la región Mixteca Poblana, con las siguientes coordenadas geográficas LN 18°43'42,88" y 97°56'23.42" LO, a 1540 msnm. Según datos obtenidos con un GPS modelo GARMIN serie 3853442541.

Se utilizó material vegetativo de colectas regionales, que se caracterizaron previamente. Las plantas de pitahaya presentan las características morfológicas de *Hylocereus ocamponis*. La plantación se estableció el 09/04/2016, en un sistema intensivo en espadera, con soportes metálicos PTR de 1 ½", distribuidos cada 4 m y unidos con 3 líneas de alambre galvanizado. La distancia entre líneas fue de 2.5m y entre plantas de 0.5 m, con una densidad de plantación de 8000 plantas/ha. Los postes con 2.5 m de altura y las líneas de alambre separadas entre ellas, cada 60 cm. El módulo se cubrió con malla sombra al 35%. Los esquejes se enraizaron un mes antes y se plantaron líneas con la finalidad de formar una cerca al momento del crecimiento vegetativo.

Se adicionó una fórmula de fertilización 80-40-25 distribuida en tres aplicaciones, al momento del trasplante (10/04/2016) y en 2 fecha posteriores (10/06/2016 y 10/08/2016). Al momento de la plantación y en la segunda aplicación de fertilizante, se adicionó medio kg de lombricomposta por planta. Durante el 2016, se aplicó un riego rodado cada mes, y se mantuvo libre de malezas, controladas de manera manual. A partir de abril de 2017, se instaló sistema de riego por goteo, con dos líneas de cintilla por línea de planta, y se suministró el riego una vez por semana durante 2 h, hasta llegar a capacidad de campo, en un suelo arcillo- limoso, registrada en un tensiómetro marca IRROMETER COMPANY RIVERSIDE, CALIF.

Se realizó tutorio de nuevos crecimientos vegetativos, guiándolos con hilo plástico tratado para invernadero, de manera vertical, cuidando de no romperlos. Se guiaron dos o tres tallos principales para formar una estructura vertical con la planta, y algunos brotes se expandieron lateralmente.

A principios de abril del 2017, la mayoría de las plantas ya había alcanzado una altura de 1.80 m, a la tercera línea de alambre, sin embargo, cuatro líneas de plantas, sólo habían llegado a de los 60 cm a 1.20 m, es decir entre la primera y segunda línea de alambre, y no tenían brotes vegetativos laterales, por lo que no formaban la estructura deseada.

Con la finalidad de inducir la brotación y el crecimiento vegetativo, se aplicó el siguiente experimento.

Se diseñó un experimento de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se aplicó de manera foliar urea y giberelinas en los siguientes productos (Lobi 44^R y Arvexx^R). En una aspersora se preparó la solución para el tratamiento de urea 0.5% con 50 g

para 10 L de agua, y 2 g de Arvexx^R en 10 L de agua para el tratamiento con AG₃ 200 ppm. Se realizó la aplicación a las 7:00 p.m., para mayor eficiencia en la absorción. Los tratamientos fueron T1: Urea 0.5%, T2: Urea 0.5% + 200 ppm de AG₃, T3: 200 ppm de AG₃, T4: Testigo.

Las variables a evaluar fueron las siguientes: Número de plantas con brotes vegetativos (NPBV). De cada bloque, se contó el número de plantas que presentaban nuevos brotes vegetativos a los 13, 21, 30 y 130 d después de la aplicación (dda).

Número de brotes vegetativos maduros por planta (NBVP). De cada tratamiento, a los 130 d, se tomó una muestra de 10 plantas que presentaron brotación y se contaron los números de brotes vegetativos maduros (se distinguen por sus consistencia dura).

Longitud de brotes vegetativos maduros por planta, en cm (LBV). De cada tratamiento, a los 130 días, se tomó una muestra de 10 plantas que presentaron brotación y se midió la longitud de 2 a 5 brotes vegetativos maduros, para obtener la media por tratamiento. En cuatro líneas de la parcela, cada línea con 70 plantas, se estimó la capacidad de productiva al primer año de plantación, ya que presentó la primera brotación floral, se contabilizó el número de flores (NFL) en el primero (02-05/06/2017) y segundo flujo de la floración (22-27/06/2017), el porcentaje de amarre en la polinización manual cruzada y el número de frutos formados. Los datos se analizaron mediante la aplicación del ANOVA, y comparación de medias LSD Fisher, con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, en el programa estadístico InfoStat versión 2013 (Di Rienzo et al., 2013).

Resultados y discusión

Número de plantas con brotes vegetativos (NPBV) a los 13 días después de los tratamientos El análisis estadístico, mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), en el número de plantas con brotes vegetativos a los 13 d después de la aplicación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de plantas con brotes vegetativos a los 13 d después de la aplicación de urea y giberelinas en plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* el 08/03/2017 en Molcaxac, Puebla.

Tratamientos	Número de plantas	NPBV	EE
T2 (200 ppmAG ₃)	28 a	8.67 a	1.71
T1 (Urea 0.5%)	28 a	5.00 a b	1.71
T3 (AG ₃ +Urea)	27 a	4.67 a b	1.71
T4(Testigo)	23 a	0.33 b	1.71

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Número de plantas con brotes vegetativos (NPBV) a los 21 días después de los tratamientos. A los 21 días después de aplicar los tratamientos, se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos en la variable número de plantas con brotes vegetativos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de plantas con brotes vegetativos a los 21 días después de la aplicación de urea y giberelinas en plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* el 17/03/2017 en Molcaxac, Puebla.

Tratamientos	Número de plantas	NPBV	EE
T2 (200 ppm AG ₃)	28 a	13.00 a	2.24
T1 (Urea 0.5%)	28 a	13.67 a	2.24
T3 (AG ₃ +Urea)	27 a	11.33 a	2.24
T4 (Testigo)	23 a	1.33 b	2.24

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Número de plantas con brotes vegetativos (NPBV) a los 30 días después de los tratamientos. La respuesta a los tratamientos, seguía mostrando diferencias significativas ($p > 0.05$), en el número de plantas con brotes vegetativos a los 30 días después de la aplicación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de plantas con brotes vegetativos a los 30 días después de la aplicación de urea y giberelinas en plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* el 25/03/2017 en Molcaxac, Puebla.

Tratamientos	Número de plantas	NPBV	EE
T2 (200 ppm AG ₃)	28 a	15.67 a	1.81
T1 (Urea 0.5%)	28 a	16.67 a	1.81
T3 (AG ₃ +Urea)	27 a	15.67 a	1.81
T4 (Testigo)	23 a	2.33 b	1.81

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Número de plantas con brotes vegetativos (NPBV) a los 130 d después de los tratamientos. Finalmente, a los 130 días después de la aplicación de los tratamientos, cuando ya no se encontraron nuevas plantas brotadas, se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$), en el número de plantas con brotes vegetativos (Cuadro 4).

El comportamiento de las plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* sobre la estimulación de la brotación con 200 ppm de giberelinas y urea al 0.5%, tuvo efecto positivo, al mostrar mayor número de plantas brotadas en cualquiera de los tres tratamientos sobre el testigo, significando, gran ventaja para formar la estructura vegetativa en menor tiempo.

Cuadro 4. Número de plantas con brotes vegetativos a los 130 días después de la aplicación de urea y giberelinas en plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* el 25/06/2017 en Molcaxac, Puebla.

Tratamientos	Número de plantas	NPBV	EE
T1 (Urea 0.5%)	28 a	24 a	1.40
T2 (200 ppm AG ₃)	28 a	22 a	1.40
T3 (AG ₃ +Urea)	27 a	21.7 a	1.40
T4 (Testigo)	23 a	11.33 b	1.40

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Número de brotes vegetativos maduros por planta (NBVP)

A los 130 d después de la aplicación de los tratamientos, se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), para la variable número de brotes vegetativos maduros por planta, considerando aquellos brotes de consistencia dura (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de brotes vegetativos maduros por planta a los 130 días después de la aplicación de urea y giberelinas en plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* el 25/06/2017 en Molcaxac, Puebla.

Tratamientos	Medias (NBVP)	n	E.E.
T2 (200 ppm AG ₃)	8.30 a	10	0.81
T1 (Urea 0.5%)	8.10 a	10	0.81
T3 (AG ₃ +Urea)	7.60 a	10	0.81
T4 (TESTIGO)	3.10 b	10	0.81

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Longitud (cm) de brotes vegetativos maduros por planta (LBV)

A los 130 días después de la aplicación de los tratamientos, se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), para la variable longitud de brotes vegetativos maduros por planta, considerando aquellos brotes de consistencia dura (Cuadro 6).

Cuadro 6. Longitud de brotes vegetativos maduros por planta a los 130 días después de la aplicación de urea y giberelinas en plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis* el 25/06/2017 en Molcaxac, Puebla.

Tratamientos	Medias (LBV)	n	E.E.
T2 (200 ppm AG ₃)	43.54 a	10	2.34
T1 (Urea 0.5%)	42.90 a	10	2.34
T3 (AG ₃ + Urea)	42.14 a	10	2.34
T4 (TESTIGO)	34.9 b	10	2.34

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Las plantas de pitahaya *Hylocereus ocamponis*, responden a la aplicación de giberelinas y urea folia, para estimular el número de brotes vegetativo maduros y mayor longitud comparados con las plantas sin aplicar. Esto puede favorecer la precocidad de las plantas para entrar en producción o bien para obtener nueva planta.

Expresión de la floración y estimación de la capacidad productiva.

En mayo del 2017, algunas plantas que alcanzaron la tercer línea a 1.80 m de altura, con suficiente ramificación mostraron diferenciación floral, por lo que se muestreo en 4 líneas con 70 plantas cada línea la capacidad de floración, obteniendo los siguientes datos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Expresión de la floración en plantas de pitahaya púrpura *H. ocamponis*, 13 meses después de sus establecimientos bajo un sistema de producción intensiva en Molcaxac, Puebla.

Número de plantas	Número total de flores	Número de flores 1 flujo (02 al 05-06-2017)	Porcentaje de flores 1 Flujo	Número de flores 2 Flujo (22 al 27-06-2017)	Porcentaje de Flores 2 Flujo
289	151	36	23.84	115	76.16

Al momento de la antesis, se polinizó de forma manual, con polen fresco colectado de una especie compatible *Hylocereus undatus*, y ocho días después de cada floración se contó el número de frutos formados (Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentaje de amarre de frutos con polinización manual en pitahaya purpura *H. ocamponis* en el primero y segundo flujo de floración, en el sistema intensivo en Molcaxac, Puebla.

Flujos de floración	Número de flores	Número de frutos amarrados	Porcentaje de amarre (%)
1° Flujo de la floración	36	32	88.88
2° Flujo de la floración	115	85	73.91

Conclusiones

La pitahaya purpura *H. ocamponis* está poco estudiada. Al establecer este sistema de producción intensiva, nos permite realizar las prácticas de manejo para formar una estructura reproductiva en menos de un año, y realizar el manejo de la polinización manual.

La aplicación de urea foliar y giberelinas estimularon la brotación vegetativa y el crecimiento de los tallos en menor tiempo que las plantas sin tratar.

En su ambiente natural, se han registrado seis floraciones consecutivas desde junio a septiembre y la capacidad productora se expresa a partir de mayo.

Literatura citada

- Andrade, J.L, Rengifo E, Ricalde M.F, Simá J.L, Cervera J.C y Vargas S.G. 2006. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agrosistema de Yucatán, México. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. *Agrociencias* 40:687-697.
- Bravo, H H y Sánchez M.H. 2011. Flora Mesoamericana, Volumen 2(1). Cactaceae, p 42-78.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª ed. Vol. I. Ciudad Universitaria, México D.F, 755 p.
- Di Rienzo, J.A, Casanoves F, Balzarini M.G, González L, Cuadroda M y Robledo C. 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Flores, V.C, Gómez C.M, Meráz A.R, Canto R.A y Rindermann Sch.R. 2003. Pitayas y pitahayas. Producción, poscosecha, industrialización y comercialización. Programa Nopal/CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 173 p. ISBN: 968-884-996-0
- Mizrahi, Y, y Nerd A. 1999. Climbing and columnar cacti: new arid land fruit crops: In: J. Janick (ed). *Perspectives on New Crops and New Uses*. American Society of Horticultural Science. Alexandria, Virginia, USA. p. 358-366.
- Nobel, P.S. 2002. *Cacti Biology and Uses*. University of California. Press, Berkeley. Los Angeles London, Chapter 5. p:75-90.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cultivos perennes. <http://www.siap.gob.mx> [consultado el 16 junio de 2017)
- Valiente B.A, Santos G.R, Arizmendib M.C y Casas A. 2007. Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments* 68:1-8 doi:10.1016/j.jaridenv.2006.04.00,
- Weiss, J, Nerd A y Mizrahi Y. 1994. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. *HortSci*. 29:1487-1492.
- Weiss, J, Sheinvar L y Mizrahi Y. 1995. *Selenicereus megalanthus* (the yellow pitaya), a climbing cactus from Colombia and Peru. *Cactus and Succulent Journal (U.S.)* 67:280-283.

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO DE HIGUERILLA EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO

Néstor Espinosa Paz^{181*}, Rafael Ariza Flores¹⁸², Ana Laura Ramírez Córdova¹⁸³ y María Hernández Maldonado¹⁸³

Resumen

Ante los múltiples efectos del cambio climático sobre el planeta, es urgente la búsqueda de alternativas para mitigarlos. El objetivo del presente trabajo, es dar a conocer las tecnologías de producción para el cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el centro de Chiapas. Las investigaciones se llevaron a cabo por el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP durante 2014 y 2016, mediante el establecimiento de experimentos sobre fertilización, densidad de población, fechas de siembra y control de malezas. La tecnología de producción quedó así: la preparación del terreno consiste en cero labranzas y solo la aplicación de glifosato en dosis de cinco litros por hectárea disueltos en 200 L de agua. La siembra es manual y se debe hacer durante la primera quincena del mes de julio, utilizando 4 kg de semilla con un 85% de germinación mínimo. La fertilización, en la aplicación de 80 kg de nitrógeno y 50 kg de fósforo por ha, aplicado en suelo húmedo después de emergidas las plántulas. El control de plagas, que son principalmente gusanos y chinches, se hace mediante la aplicación de clorpirifos en dosis de 1.5 L ha⁻¹ disueltos en 200 L de agua. El control de enfermedades del follaje (antracnosis) y del racimo (*Botritis* sp) causadas por hongos, es mediante la aplicación de captán en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ disuelto en 200 L de agua. El control de maleza (zacates y hoja ancha) es con la aplicación de glifosato o con paraquat a la dosis de 2 L ha⁻¹ disuelto en 200 L de agua. La cosecha es manual y se debe realizar cuando el racimo haya secado completamente (madurez a cosecha) y no haya riesgo que ocurran lluvias. El grano se debe almacenar en un lugar con baja humedad relativa. Los componentes tecnológicos que implican mayor costo son: la siembra (15%), fertilización (25%) y control de malezas (24%). Se concluye que la tecnología para el cultivo de higuierilla en el centro de Chiapas, es técnica y económicamente viable para ser usada por los productores.

¹⁸¹Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Km 3 Carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas, Méx.,

¹⁸²Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx.

¹⁸³UAAAN Centro Académico Regional Chiapas, Cintalapa, Chiapas.

* espinosa.nestor@inifap.gob.mx

Palabras claves: paquete tecnológico, cambio climático, biocombustibles

Introducción

Ante los múltiples efectos del cambio climático sobre el planeta, es urgente la búsqueda de alternativas para mitigarlos. Una de ellas es la producción de biocombustibles a través del aceite de especies vegetales. La planta de higuierilla produce aceite en sus granos, el cual por sus propiedades fisicoquímicas es posible usarlo en la elaboración de biodiesel y bioturbocina.

En el Centro de Chiapas, se está construyendo una planta productora de biodiesel, la cual tendrá una demanda de 80 toneladas diarias de grano de higuierilla. Ante esta situación, es urgente desarrollar tecnologías para establecer el cultivo de higuierilla, el cual no se practica en Chiapas. Sin embargo, mediante un estudio de delimitación de áreas con potencial agroecológico para el cultivo de higuierilla, se ha determinado que en el centro de Chiapas se tiene el 70% del total de la superficie con potencial agroecológico para el cultivo de higuierilla en el estado (Espinosa et al., 2015).

Por lo anterior, en el presente trabajo se dan a conocer las tecnologías de producción generadas por el INIFAP para el cultivo de higuierilla en el centro de Chiapas.

Materiales y métodos

Durante los ciclos agrícolas primavera verano 2014 y 2016 en el centro de Chiapas, el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP, realizó investigación sobre el cultivo de higuierilla (Espinosa-Paz et al., 2016). Ésta consistió en establecer experimentos sobre niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo, densidades de población, fechas de siembra y control de malezas.

El producto final fue elaborar un paquete tecnológico en su primera aproximación del cultivo de higuierilla, dada la demanda de grano que se aproxima en el centro de Chiapas.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los diferentes componentes tecnológicos para el cultivo de higuierilla en el Centro de Chiapas, donde se tiene el 70% del total de la superficie con potencial agroecológico para el cultivo de esta especie en el estado de Chiapas (Espinosa et al., 2015) y la tecnología consiste en lo siguiente: la preparación del terreno consiste en cero

labranzas y solo la aplicación de glifosato en dosis de cinco litros por hectárea disueltos en 200 litros de agua. La siembra es manual y se debe hacer durante la primera quincena del mes de julio, utilizando 4 kg de semilla con un 85% de germinación mínimo. La fertilización consiste en la aplicación de 80 kg de nitrógeno y 50 kg de fósforo por hectárea, aplicado en suelo húmedo después de emergidas las plántulas. El control de plagas, que son principalmente gusanos y chinches, se hace mediante la aplicación de clorpirifos en dosis de 1.5 L ha⁻¹ disueltos en 200 L de agua. El control de enfermedades del follaje (antracnosis) y del racimo (*Botritis* sp.) causadas por hongos, es mediante la aplicación de captán en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ disuelto en 200 L de agua. El control de maleza (zacates y hoja ancha) es con la aplicación de glifosato o con paraquat a la dosis de 2 L ha⁻¹ disuelto en 200 L de agua. La cosecha es manual y se debe realizar cuando el racimo haya secado completamente (madurez a cosecha) y no haya riesgo que ocurran lluvias. El grano se debe almacenar en un lugar con baja humedad relativa.

La relación beneficio costo es de 1.7 (Cuadro 1), por lo que el cultivo de higuierilla es rentable. El precio del grano puede incrementar a medida que se incremente la demanda. En el centro de Chiapas, no se cultiva higuierilla; sin embargo, se está construyendo una planta productora de biodiesel que demandará 80 toneladas diarias. De ahí la necesidad de generar tecnologías de producción para lograr una buena rentabilidad del cultivo cuando se establezca.

En la Figura 1 se aprecia que los componentes tecnológicos que implican mayor costo son: la siembra (15%), fertilización (25%) y control de malezas (24%). Sin embargo, todos los componentes descritos en este paquete tecnológico son importantes para obtener un buen rendimiento de grano.

La planta de higuierilla tiene un gran impacto ambiental debido a su captura de carbono, aportación de materia orgánica al suelo mediante la caída de hojas y se adapta bien a suelos con baja fertilidad y bajo contenido de agua.

Cuadro 1. Componentes tecnológicos para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en el centro de Chiapas.

Concepto	Unidad de medida	cantidad	Costo unitario (4)	subtotal (\$)
1. Preparación del terreno				900
1.1. Herbicida	ha	5	100	500
1.2. Aplicación	ha	4	100	400
2. Siembra				2000
2.1. Semilla	Kg	4	300	1200
2.2. Siembra	Jornales	8	100	800
3. Fertilización				3350
3.1. Fertilizante (80-50)	kg	250	7	1750
3.2. Aplicación (1 suelo y 2 foliares)	Jornales	16	100	1600
4. Control de plagas				1050
4.1. Insecticida	L	3	150	450
4.2. Aplicación (2)	Jornales	6	100	600
5. Control de enfermedades				1500
5.1. Fungicida	L	3	200	600
5.2. Aplicación (3)	Jornales	9	100	900
6. Control de malezas				3200
6.1. Herbicida (4)	L	16	100	1600
6.2. Aplicación (4)	Jornales	16	100	1600
8. Cosecha				1500
8.1. Cosecha	Jornales	10	100	1000
8.2. Descascarillado	Máquina	1	500	500
Costo de producción				13,500.00
Rendimiento de semilla (kg/ha)				2500
Precio de venta por kg				9
Valor de la producción (\$)				22,500.00
Relación beneficio/costo				1.7

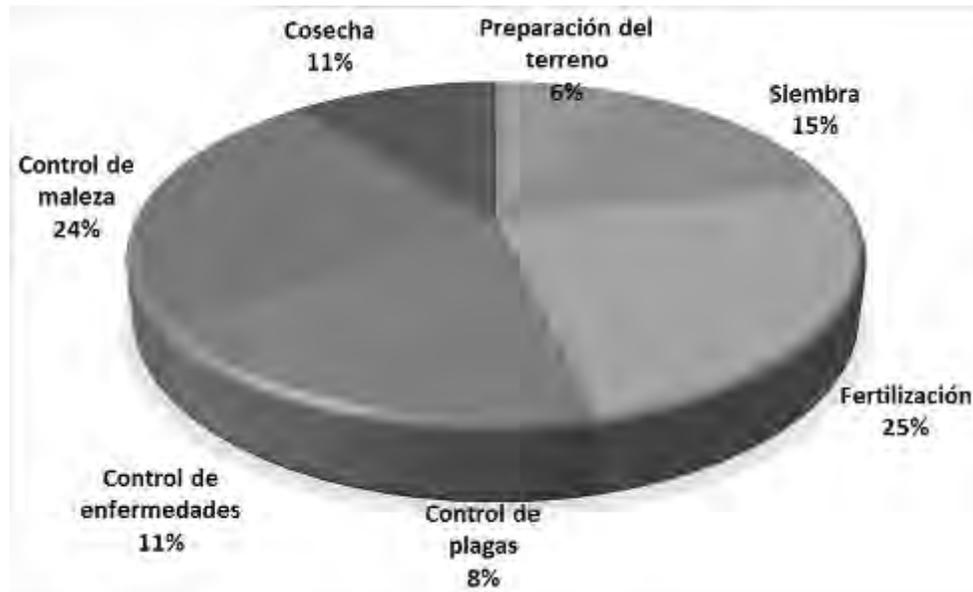


Figura 1. Costo (\$) de los componentes tecnológicos para el cultivo de higuierilla en el Centro de Chiapas.

Conclusión

La tecnología para el cultivo de higuierilla es técnica y económicamente viable para que la apliquen los productores de higuierilla en el centro de Chiapas.

Literatura citada

Espinosa Paz, N. A. López L., H. Espinosa P., P. Cadena I. y J.C. Vidal L. 2015. Áreas con potencial agroecológico para el cultivo de higuierilla en el Centro de Chiapas. Folleto técnico No. 22. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. 35 p.

Espinosa-Paz, N., H. Espinosa P., R. Ariza F. 2016. Desarrollo de variedades e híbridos de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para las zonas agroecológicas de los estados de Chiapas, Oaxaca y zona de la montaña de Guerrero. Informe técnico. INIFAP. CIRPAS. Campo experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla, Chiapas.

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE NUEVOS CLONES CRIOLLOS DE MANGO EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS

Víctor Palacio Martínez^{184*}, Juan Francisco Caballero Pérez¹⁸⁴, Angel Villegas Monter¹⁸⁵ y Antonio Mora Aguilera¹⁸⁶

Resumen

Con el propósito de conocer el crecimiento y desarrollo, y su relación con producción y calidad de las nuevas selecciones de mango desarrolladas por el INIFAP, se evaluó a las cuatro nuevas selecciones criollas de mango, denominadas Ataulfo diamante, Clon Ataulfo 04, Zafiro y Manila Cotaxtla, y se comparan con la variedad Haden referente internacional respecto de caracteres de crecimiento y variables de producción y calidad de fruto, bajo las condiciones del Soconusco, Chiapas, México. En plantación de tres años de edad establecida en el verano de 2010 en arreglo de plantación 8m x 6m (192 plantas ha⁻¹), manejada en condiciones de temporal y riego microaspersión localizada en invierno-primavera, a los tres años de edad en el año 2013 se midió la altura de planta, número de entrenudos y de brotes terminales en ramas en las cuatro exposiciones cardinales, diámetro de fuste o tronco a los 20 cm del piso y diámetro de la proyección de dosel en dos direcciones (Norte-Sur y Oriente-Poniente), longitud de entrenudos y número de hojas por brote, número y peso de frutos por planta, sólidos solubles totales (°Brix), los cuales fueron registrados en parcelas de 5 plantas por unidad experimental, asignadas en bloques completos al azar. Haden superó en casi en todas las variables de crecimiento evaluadas a las selecciones criollas, excepto en longitud de entrenudos y número de hojas por brote; sin embargo, junto a Ataulfo diamante resultó ser las de menor producción y cosecha en época tardía en mayo, a diferencia del resto de clones su floración fue temprana y se cosecharon a mediados de marzo. Ambos clones, Zafiro y Manila Cotaxtla resultaron estadísticamente superiores en producción por planta y rendimiento, comparables al clon Ataulfo 04, y significativamente superiores a Haden y Ataulfo diamante. En la variable peso del fruto, Haden supera a los clones criollos y en sólidos solubles totales (SST) Manila resultó superior.

¹⁸⁴ Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación Regional del Pacífico Sur, Campo Experimental Rosario Izapa.

¹⁸⁵Instituto de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados (IREGEP-COLPOS), Montecillos, Texcoco Estado de México.

¹⁸⁶Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. (IFISA.COLPOS). Montecillos Texcoco Estado de México

* palacio.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave. Mangifera indica cultivares, propiedades físicas, propiedades químicas, características agronómicas

Introducción

Debido a que un 70% de producción de mango en México se concentra en los meses de junio y julio el precio de la fruta es bajo; este aspecto hace que los productores de mango vean mermadas sus ganancias debido a sobreoferta estacional; por lo que es necesario que el productor disponga de nuevas variedades que le permitan tener mejores opciones y ampliar la oferta en el mercado en meses donde el precio de la fruta es superior en el mercado nacional, y de igual forma, que tenga opciones para la exportación. Los beneficios son mayores cuando se introducen nuevas variedades con potencial de rendimiento y calidad superior a las variedades comerciales actuales como las que se proponen en este estudio.

En México, a pesar de ser el primer exportador mundial de mango son escasos los intentos por incursionar en la búsqueda de variedades alternativas a los tipos introducidos en la Florida en la década de los 50's, los cuales representan los mayores volúmenes de producción en este rubro. No obstante, el INIFAP, a finales de los años 80's y 90's ha desarrollado programas exitosos para el mejoramiento vía selección del germoplasma regional en los estados de Veracruz (tipos Manila) y en Chiapas (variedad Ataulfo). Destacan selecciones Manila Cotaxtla1 y Cotaxtla 2, Soconusco 02, Soconusco 04 y Soconusco 08. En estos programas se ha dado énfasis en la búsqueda de parámetros agronómicos competitivos (alto rendimiento unitario, época temprana de cosecha, adaptación a distintos entornos climáticos o áreas de potencial productivo específicas). La validación de los anteriores materiales junto a nuevos tipos de cáscara amarilla introducidos de Asia y Florida USA, ampliará las posibilidades de diversificación varietal para producción de mango en el trópico mexicano.

El presente trabajo fue motivado para atender la demanda del Sistema Producto Mango denominada "falta de un programa dirigido de mejoramiento genético del mango de acuerdo a los requerimientos del mercado", mediante el cual se introduzcan nuevos cultivares de mango de mayor competitividad respecto a los actuales. Ante esto se evalúan nuevas selecciones Ataulfo y Manila desarrolladas por INIFAP a partir de la diversidad del germoplasma nacional (Avenidaño et al., 2011; Palacio et al., 2011; Palacio et al., 2015), y la referente internacional Haden. En lo general, se busca mejorar la productividad y rentabilidad del mango mediante el inicio de un programa de introducción y evaluación de nuevas variedades con diferentes épocas de cosecha, alto potencial de rendimiento y calidad en el trópico, y en particular evaluar el desarrollo vegetativo y generativo que determinan el

crecimiento, producción y calidad de los clones criollos de mango Ataulfo y Manila y variedades introducidas de Asia y Florida en el Soconusco, Chiapas.

Materiales y métodos

El material genético evaluado consistió de los cuatro clones criollos siguientes: Ataulfo Soconusco 02 (Ataulfo Diamante), Ataulfo Soconusco 08 (Zafiro), Ataulfo Soconusco 04 y Manila Cotaxtla 1; y tres variedades introducidas de Asia vía el Fairchild Tropical Garden, Fla., USA, y la variedad Haden referente Internacional de variedades Floridianas. El ensayo se realizó en el Sitio Experimental La Norteña del INIFAP, sita en el kilómetro 23 de la carretera Tapachula-Puerto Chiapas ($14^{\circ}45'34.67''N$, $92^{\circ}23'12.29''O$) a 16 msnm y clima cálido subhúmedo A_w (w)ig', con 1200 mm de lluvia anual y $28^{\circ}C$ de temperatura media, suelos planos de textura franco arcilloso de mediana fertilidad. La plantación fue establecida en el verano del año 2010 en arreglo topológico a 8 m x 6 m entre filas y plantas, respectivamente. El manejo del huerto es de temporal con riego de auxilio por microaspersión en la época seca (diciembre-mayo), podas, fertilización y control fitosanitario. Se midieron la altura de planta (AP), número de entrenudos rama dominante (NEPR), número de brotes totales por planta (NBTP), diámetro de fuste (DF) y de copa (DC), longitud de entrenudos (LE), número de hojas por brote (NHB), número y peso de frutos, y SST ($^{\circ}$ Brix). La información se analizó por diseño de bloques completos y comparación de medias por Tukey a 0.05.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta la evaluación de variables de crecimiento de cinco genotipos de mango a los tres años de edad, coincidente con el inicio de fase productiva. Haden fue estadísticamente superior ($P < 0.05$) en AP, NEPR, NBTP, DF y DC, e inferior en LE y NHB (3.94 m, 17.6, 351, 16.6 cm y 4.43 m, y 16.8 cm y 20, respectivamente), respecto de los clones Ataulfo Diamante, Clon 04 y Zafiro; éstos resultaron estadísticamente superiores ($P < 0.05$) en AP y similares en NEPR, NBTP, DF, LE, NHB y DC respecto a Manila Cotaxtla. Por tanto, Haden fue el cultivar con mayor crecimiento vegetativo, característica que se relaciona en forma inversa con variables de producción (Cuadro 2).

Cuadro 1. Crecimiento de cinco genotipos de mango en el Soconusco, Chiapas. Campo Experimental Rosario Izapa. CIRPAS-INIFAP. 2013.

Genotipo	AP ¹ (cm)	NEPR ²	NBTP ³	DF ⁴ (cm)	LE ⁵ (cm)	NHB ⁶	DC ⁷ (cm)
Ataulfo Diamante	319 ^b	11.6 ^b	73 ^b	10.7 ^b	22.4 ^a	23 ^{ab}	241 ^b
Ataulfo Soconusco 04	333 ^b	11.8 ^b	125 ^b	12.2 ^b	24.1 ^a	23 ^{ab}	284 ^b
Zafiro	332 ^b	11.3 ^b	101 ^b	10.7 ^b	23.0 ^a	24 ^{ab}	256 ^b
Manila Cotaxtla	276 ^c	11.1 ^b	146 ^b	11.3 ^b	22.4 ^a	27 ^a	297 ^b
Haden	394 ^{a*}	17.6 ^a	351 ^a	16.6 ^a	16.8 ^b	20 ^b	443 ^a
C.V.	9.8	12.0	40.6	11.5	14.8	17.6	19.4

*Valores con misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.05 %). ¹Altura de planta, ²# de entrenudos de rama dominante, ³# de brotes totales por planta, ⁴diámetro de fuste sobre 20 cm del cuello de tronco, ⁵longitud media de entrenudos, ⁶# de hojas por brote, y ⁷ diámetro de copa.

La evaluación de la cosecha del año 2016, se realizó registrando el número de frutos por árbol, peso de frutos por árbol y el rendimiento. Resultados para la primera variable fue de un máximo de 96 frutos por planta en Manila Cotaxtla y un mínimo de 22 frutos por planta en Ataulfo diamante; la producción por árbol varió de 28.0 kg en Zafiro a 6.7 kg en Ataulfo Diamante, y el rendimiento se comportó de manera similar ($P > 0.05$) con valor más alto de Zafiro (5.38 t ha^{-1}) y el más bajo para Ataulfo Diamante (1.29 t ha^{-1}), la comparación estadística determinó a los clones Zafiro y Manila Cotaxtla significativamente iguales en las tres variables analizadas, ambos con valores similares al clon Ataulfo Soconusco 04, y significativamente superiores ($P < 0.05$) a Haden y Ataulfo diamante. En el peso de fruto la variedad Haden referente de variedades introducidas obtuvo el valor más alto (457.6 g) y el más bajo correspondió al clon Ataulfo Soconusco 04 (319.3 g), mientras Manila Cotaxtla obtuvo el valor más alto de SST (19.5°Brix), y Ataulfo Diamante registro el valor más bajo 16.1°Brix (Cuadro 2). Valores diferentes de número de frutos por planta (97) y producción por planta (37.1 kg) y similar tamaño de fruto (427 g) en el cv Haden se tuvieron en la altiplanicie de Maracaibo en huerto de igual edad (Quijada et al., 2004), éstos últimos diferentes a los reportados en plantación de 8 años de producción de 16 variedades introducidas en la Estación El Irel del Estado Barinas, Venezuela, con mayor número de frutos por planta y producción (450 y $171 \text{ kg planta}^{-1}$, respectivamente) y menor peso de fruto del cv Haden (380 g) (Rincón et al., 2008). En estudio comparativo similar sobre las características de calidad de algunos cultivares de mango egipcios usados para procesamiento de alimentos, Elsheshetawy et al. (2016) reportan a los frutos de mango cv Awis tuvieron el valor más alto de SST (23.67°Brix) mientras que las frutas de cv Sinara registraron el valor más bajo de SST (11.33°Brix).

Cuadro 2. Producción de cinco genotipos de mango en el Soconusco, Chiapas. Campo Experimental Rosario Izapa. CIRPAS-INIFAP 2016.

Genotipo	# frutos/planta	Producción (kg árbol ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Peso fruto (g)	SST (°Brix)
Manila Cotaxtla	96.3 a	22.5 ab	4.32 ab	361.9	19.5
Zafiro	91.9 a	28.0 a	5.38 a	354.2	16.4
Ataulfo Soconusco 04	59.4 ab	19.5 abc	3.75 abc	319.3	17.6
Haden	29.7 b	12.5 bc	2.39 bc	457.6	17.5
Ataulfo Diamante	22.8 b	6.7 c	1.29 c	348.6	16.1
C.V- (%)	25.31	26.93	26.93		

*Valores con misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales (Tukey; 0.05%).

El año 2017 Zafiro resultó superior en el número de frutos por planta, y estadísticamente igual ($P < 0.05$) a Ataulfo Soconusco 04; Manila Cotaxtla resultó intermedio y similar a Ataulfo Diamante en esta variable; mientras el cultivar Haden registro el valor más bajo, el cual es estadísticamente comparable a Ataulfo Diamante. La caída de Haden al último lugar de producción en condiciones del trópico cálido húmedo del Soconusco, se relaciona con los factores genético y ambiental, cuya interacción privilegia el crecimiento vegetativo sobre el generativo, lo cual es coincidente con lo observado en la altiplanicie de Maracaibo en donde las variedades Haden y Keitt, lograron superar los 50 kg planta⁻¹ en el tercer ciclo, aunque Keitt incrementó su producción a una tasa constante, mientras que Haden tuvo una tasa variable (Quijada et al., 2004). Asimismo, Zafiro y Ataulfo Soconusco 04 fueron los de mayor producción por planta y rendimiento, y significativamente similares a Manila Cotaxtla, explicable por el hecho de que ésta última fue la de mayor peso de fruto con 309 g, mientras que las dos primeras mermaron el tamaño de fruta por la falta de humedad en las etapas de crecimiento y llenado de fruto, debido a escasas de agua para riego. Lo anterior sugiere que el huerto de mango se debe manejar con riego para asegurar su producción y calidad, particularmente en suelos franco arcillosos, los cuales se agrietan en su perfil por falta de humedad en el subsuelo cuando secos como es en el presente caso. La variedad Manila se adelantó en su cosecha y tuvo mayor oportunidad de aprovechar la humedad residual de fin de año 2016, mientras los cultivares Zafiro, Ataulfo Soconusco 04, Diamante y Haden la floración, crecimiento y desarrollo de fruto ocurrió entre enero-abril 2017, en la cual únicamente fue posible dar dos riegos de auxilio durante las fases críticas de cuajado y crecimiento inicial del fruto. El mayor rendimiento de Zafiro (4.97 t ha⁻¹) se relaciona positivamente con el mayor número de frutos normales por árbol que fue de 95, y menor presencia de frutos niño (34), para una relación frutos normales vs niño de 2.79:1.00, seguido por el clon Ataulfo Soconusco 04 con rendimiento de 3.84 t ha⁻¹ y relación frutos norma vs

niños de 2.25:1.00; mientras Ataulfo Diamante con solo 2.03 t ha⁻¹ tuvo la mayor presencia de frutos niño con una relación de frutos normales vs niños de 1.00:1.05 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de cinco genotipos de mango en el Soconusco, Chiapas. Campo Experimental Rosario Izapa-CIRPAS-INIFAP 2017.

Genotipo	Fructificación (Frutos árbol ⁻¹)		Producción de fruta (kg árbol ⁻¹)		Rendimiento (t ha ⁻¹)	Peso de fruto (g)		SST en fruto (°Brix)	
	Normal	Niño	Normal	niño		Normal	Niño	MF ¹	FTM ²
Zafiro	95 ^a	34	25.87 ^a	2.78	4.97 ^a	272.3	81.76	7.8	18.20
Ataulfo Soconusco 04	72 ^{abc}	32	20.01 ^{ab}	2.35	3.84 ^{ab}	277.9	73.43	6.6	17.20
Manila Cotaxtla	50 ^{bc}	04	15.45 ^{abc}	ND	2.97 ^{abc}	309.0	ND	15.7*	17.33*
Ataulfo Diamante	39 ^{bcd}	41	10.57 ^{bc}	2.85	2.03 ^{bc}	271.0	69.51	8.67	17.30
Haden	6 ^d	ND ³	2.74 ^c	ND	0.53 ^c	456.7	ND	ND	ND

¹ Madurez fisiológica o de punto de corte, ²Fruto totalmente maduro y ³no determinado.

*La determinación fue en frutos con 80 y 90% de madurez, un mayor grado de madurez de corte respecto de los otros materiales con un grado de madurez de 75%.

Conclusión

El cultivar Haden supera en crecimiento a los clones criollos, excepto en LE y NHB; ambos Zafiro y Manila Cotaxtla fueron las más productivas, similar al Clon Ataulfo 04 y significativamente superiores a Haden y Ataulfo Diamante. En peso de fruto Haden supera a los cuatro tipos criollos y en SST los cinco materiales presentaron un alto tenor de SST que oscilo entre 17-19 °Brix.

Literatura Citada

Avendaño-Arrazate, C.H., A. Sandoval-Esquivel, R. A. Gallardo-Méndez, A. Mendoza-López, M.C. López-Navarrete, G. López-Guillén, R. Ariza-Flores, V. Palacio-Martínez, y J.F. Aguirre-Medina. Mango Diversidad en México. Publicación Especial No. 3. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas. México. 118 p.

Elsheshewy, H.E., A. Mossad, A. Elhelew, W.K. Elhelew y V. Farina. 2016. Comparative study on the quality characteristics of some Egyptian mango cultivars used for food processing. *Annals of Agricultural Science* 61(1):49–56.

Palacio, M. V., E. A. Sandoval, B. M. Alonso, N. M. C. López, G. E. Hernández, G. G. López y F. R. Ariza. 2011. Manual para producción de mango Ataulfo en el Soconusco, Chiapas. Folleto Técnico No. 17. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. 90 p.

Palacio, M. V., P. J.F. Caballero y B. M. Alonso. 2015. Comportamiento productivo de cuatro clones de mango *Mangifera indica* L. cv. Ataulfo del Soconusco, Chiapas. In: Memoria XVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A.C. y Segundo Congreso Internacional.

Quijada, O., B. Herrero, M. Matheus, G. Castellano, R. Camacho y C. González. 2004. Evaluación de variedades de mango (*Mangifera indica* L) en la planicie de Maracaibo. II. Producción y eficiencia productiva. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 21(1):253-261.



FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA PROLIFICIDAD DE LA OVEJA TABASCO EN EL TRÓPICO HÚMEDO

Daniela Carrillo Alemán^{187*}, Hugo Pérez Ramírez¹ y Cristino Cruz Lazo¹⁸⁷

Resumen

La raza Pelibuey se ha adaptado a las condiciones ambientales del trópico debido a su fertilidad, prolificidad, rusticidad, baja estacionalidad reproductiva y se caracteriza por su eficiencia productiva y facilidad de manejo. La tasa ovulatoria depende de factores genéticos como la raza y la variación individual, y factores ambientales como el grado de nutrición antes y durante el empadre, la época del año, la edad y el número de parto. La finalidad de este estudio fue determinar el efecto genético, época de parto, manejo reproductivo y número de parto, sobre la prolificidad en las ovejas mantenidas en pastoreo en un clima Af(m)(e). Se analizaron los datos de 2,698 ovejas paridas entre 1986 y 2016. Todas las variables analizadas fueron significativas ($P < 0.005$). Desde el inicio de la selección en 1986 se ha incrementado la prolificidad de 1.29 hasta 1.41 en el periodo de 1986-2016; el manejo reproductivo de tres empadres al año presentó la mayor respuesta en prolificidad con 1.57 ± 0.01 , las ovejas paridas en la época de secas tuvieron una mayor prolificidad (1.46 ± 0.01) que difirió significativamente ($P < 0.001$) con las paridas en la época de nortes (1.42 ± 0.01) y época de lluvias (1.35 ± 0.02), debido a las condiciones de alimentación, condición corporal y manejo que se tuvo en la época de empadre respectiva. Hubo una tendencia a incrementar la prolificidad con la edad de las ovejas hasta el número de parto 6 (1.52 ± 0.02) disminuyendo a mayor edad (1.40 ± 0.02 , 1.48 ± 0.03 y 1.44 ± 0.02 para partos 7, 8 y 9 respectivamente).

Palabras clave: manejo genético y reproductivo, época y número de parto, factores ambientales

¹⁸⁷ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT-FMVZ-UNAM), km 6.5 carr fed Mtz-Tlapacoyan. Daniela Carrillo Alemán (sur_883@hotmail.com), Hugo Pérez Ramírez (hperamz@unam.mx)

Introducción

La oveja Pelibuey se considera una raza rústica, de prolificidad media, adaptada a las condiciones de trópico de nuestro país. En sistemas de producción en condiciones de trópico representa una buena opción para la producción de carne mediante el aprovechamiento de los recursos naturales como los forrajes y subproductos regionales.

Mejorar su prolificidad es una estrategia para incrementar el número de corderos potencialmente vendibles incrementando así la producción ovina en estas regiones, sobre todo aquellas en sistemas de pastoreo.

Conocer los factores que limitan la expresión de la prolificidad de la raza es importante en términos de mejorar el manejo que se les puede dar para favorecer la expresión del rasgo e incrementar la productividad de los rebaños, por ello el objetivo general fue estimar los factores ambientales que afectaron la prolificidad de la oveja Tabasco o Pelibuey a través del tiempo. Los objetivos específicos fueron determinar los factores ambientales: etapa de manejo, época de parto, manejo reproductivo y número de parto, que afectaron la prolificidad.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo se hizo en el Módulo de Producción Ovina (MPO) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el km 6.5 de la carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en Tlapacoyan Veracruz, México, en las coordenadas 20°02'24.4"N, 97°06'09.5"O y clima Af(m)(e) (García, 1988).

Alimentación. Los animales se mantuvieron en pastoreo según su estado fisiológico (vacías, gestantes y con cría) en potreros de *Cynodon nlemfuensis* y braquiarias. La alimentación complementaria fue un concentrado con 16% de PC, 2.7 Mcal EM, 3% grasa, 50% ELN, 10% cenizas y 12% humedad. Durante la época crítica se le ofreció cascarilla de cítricos con 6% PC, 3 Mcal EM y 20% de MS.

Datos. Se utilizó la base de datos del MPO de ovejas paridas entre 1978 a 2016, diferenciando tres períodos de manejo genético, uno sin selección en 1978 a 1986, otro con selección de 1986 a 2010, y otro con selección y mejora alimenticia de 2011 a 2016.

Análisis estadístico. Se analizó con el programa estadístico SAS (SAS, 2000) mediante análisis de varianza y prueba de Tukey para estimar las frecuencias y medias de cuadrados mínimos. La variable dependiente fue la prolificidad medida como corderos por parto y las variables independientes fueron, etapa de manejo genético: 1 (sin selección de 1978 a junio de 1986), 2 (selección de julio de 1986 a 2010) y 3 (selección y mejora alimenticia de 2011 a 2016); época de parto: 1 (lluvias de julio a octubre), 2 (nortes de noviembre a febrero) y 3 (secas de marzo a junio); Manejo reproductivo: 1=Continuo, 2=Cada 7 meses con un empadre secundario tres meses después del principal, 3=Alterno un mes sí y un mes no, 4=Cada 8 meses, 5=Cada 8 meses con un empadre secundario cuatro meses después del principal, 6=Empadre en octubre-noviembre y febrero-marzo, 7=Empadre en agosto-septiembre, octubre-noviembre y febrero-marzo (1, 2, 3, ... 7) y número de parto o paridad de la oveja: 1, 2, 3, ...9 (CEIEGT, 1989; CEIEGT, 1992; Guzmán, 1997).

Resultados y discusión

Las hembras de 1 a 9 partos, tuvieron una prolificidad de 1.42 ± 0.35 corderos por parto (Cuadro 1). El análisis de varianza de los factores que influyeron sobre la prolificidad en las ovejas durante el período de estudio muestra que todos los factores fueron altamente significativos ($P < 0.005$). Diversos autores en la literatura (Alonso, 1981; Anderson, 1982; Pérez-Clariget, 1987; Mireles et al., 2011; Inskeep y Goodman, 2013) concuerdan con los factores que afectan la expresión de la prolificidad como: época de parto, nutrición, edad, número de parto de la oveja, manejo reproductivo y manejo genético.

Cuadro 1. Análisis de varianza para los factores ambientales que influyen sobre la prolificidad en ovejas Tabasco del MPO (1980-2016).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Etapa de manejo genético	2	1.345	0.673	5.40	0.0046
Manejo reproductivo	6	3.349	0.558	4.48	0.0002
Época de parto	2	1.705	0.852	6.85	0.0011
Número de parto	8	7.168	0.896	7.19	0.0001
Modelo	19	44.895	2.363	18.97	0.0001
Error	1868	232.665	0.125		
Total corregido	1887	277.559			

$R^2=0.16$, Prolificidad= 1.42 ± 0.35 corderos por parto ($X \pm E.E.$), $n=2698$, C.V.=24.49.

Las etapas de manejo genético fueron diferentes entre sí ($P < 0.01$) y mostraron mejoría con el paso de los años debido a la selección genética y mejoría de la alimentación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos de Prolificidad por etapa de manejo genético en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Etapa	n (%) ¹	Prolificidad ²	Mínimo ³	Máximo ³
1	751 (27.84)	1.297 ± 0.041 ^a	1.000	3.000
2	1453 (53.85)	1.321 ± 0.057 ^b	1.000	3.000
3	494 (18.31)	1.417 ± 0.062 ^c	1.000	3.000
TOTAL	2698 (100.00)			

1=entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2=corderos por parto, $X \pm E.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3=corderos por parto.

Es necesario definir en siguientes estudios la intensidad de selección pues otros estudios (Anderson, 1982), describen que, a mayor intensidad de selección genética, la respuesta en la expresión de la característica será mayor. La etapa de manejo genético que reflejó mayor influencia positiva en la respuesta hacia prolificidad fue la 2 (junio 1986-diciembre 2010), con un 31.92% debido a la depuración inicial del rebaño que se tuvo en este periodo y el manejo reproductivo (dos y tres empadres al año) y la selección de reproductores con base en sus antecesores aplicando los criterios de selección establecidos en 1986 (CEIEGT, 1986).

La literatura refiere que la tasa ovulatoria responde a un complejo control genético que a su vez presenta variantes. El gen que se ha propuesto con mayor efecto sobre prolificidad es el que regula la inhibina beta (INHB), la cual es una glicoproteína que pertenece a la superfamilia de factores de crecimiento transformante beta (TGF- β) y suprime selectivamente la síntesis y secreción de la FSH en individuos provenientes de partos múltiples (Luna y Alonso, 2014) lo cual respalda la importancia de la selección genética para aumentar la prolificidad. Con los datos de prolificidad por año, se obtuvieron los porcentajes de prolificidad por etapa, siendo la etapa 2, la que mayor respuesta tuvo en prolificidad respecto a la etapa anterior con el 31.92% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de respuesta por etapa de manejo genético en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

ETAPA	% Respuesta por etapa
1	9.30
2	31.92
3	1.83

El manejo reproductivo (MR) influyó en la expresión de la prolificidad; así, el manejo reproductivo 1 (empadre continuo) tuvo una prolificidad de 1.146 ± 0.057 , mostrando tendencia a incrementarse sostenidamente a partir del manejo reproductivo 4 (empadre cada 8 meses), con prolificidad de 1.310 ± 0.022 hasta llegar al manejo reproductivo 7 (tres empadres al año) con la mayor respuesta en prolificidad con 1.579 ± 0.014 . Este incremento se atribuye principalmente a mejoras en el manejo general del rebaño que incluye alimentación y manejo sanitario (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos de Prolificidad por manejo reproductivo en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Manejo Reproductivo	n (%) ¹	Prolificidad ²	Mínimo ³	Máximo ³
1	25 (0.93)	1.146 ± 0.057^c	1.000	2.000
2	203 (7.52)	1.338 ± 0.029^b	1.000	3.000
3	199 (7.38)	1.287 ± 0.026^b	1.000	2.000
4	273 (10.12)	1.310 ± 0.022^b	1.000	2.000
5	157 (5.82)	1.361 ± 0.033^b	1.000	3.000
6	1036 (38.40)	1.422 ± 0.012^b	1.000	3.000
7	805 (29.84)	1.579 ± 0.014^a	1.000	3.000
TOTAL	2698 (100.0)			

1= entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2= corderos por parto, $X \pm E.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3= corderos por parto.

Se encontraron diferencias significativas entre las medias según el manejo reproductivo, lo que significa que realizar uno u otro tipo de empadre tendrá diferente influencia sobre la prolificidad. Los resultados obtenidos muestran las variaciones sobre prolificidad que se dan al modificar los modelos y número de empadres al año; siendo diferentes estadísticamente el MR 1 y el MR 7 a los demás, sin efecto significativo ($P > 0.001$) de los MR 2 al MR 6 sobre la prolificidad. El manejo reproductivo con mayor efecto sobre prolificidad fue el MR7 (tres empadres al año) con prolificidad de 1.579 ± 0.014 corderos por parto, lo que comparado con estudios en donde se obtuvieron 1.27 corderos por parto trabajando con ovejas Pelibuey en el sistema de 3 empadres al año (marzo, junio y diciembre) concuerda con los de González et al. (2010). El aumento en prolificidad se adjudica al manejo genético con el que cuentan las ovejas del presente estudio. Otro estudio realizado sobre ovejas Rambouillet bajo el mismo sistema reproductivo (3 empadres al año) tuvo 2.24 corderos por parto (Alonso, 1981). El Cuadro 5 muestra que la época de parto tuvo un efecto significativo ($P < 0.001$) sobre la prolificidad con diferencias entre épocas de tal manera que las ovejas paridas en la época de secas (1.464 ± 0.011) tuvieron una mayor prolificidad ($P < 0.001$) que aquellas paridas en la época de nortes (1.428 ± 0.013) y en la época de lluvias (1.350 ± 0.020), sin diferencias

significativas entre estas dos últimas ($P>0.001$), lo que puede asociarse con la mortalidad de las madres por enfermedades respiratorias debido a los cambios extremos en la temperatura ambiental (Nava-López et al., 2006).

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos de Prolificidad por época de parto en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Época de Parto	n (%) ¹	Prolificidad ²	Mínimo ³	Máximo ³
Nortes	901 (33.40)	1.428 ± 0.013 ^b	1.000	3.000
Secas	1400 (51.89)	1.464 ± 0.011 ^a	1.000	3.000
Lluvias	397 (14.71)	1.350 ± 0.020 ^b	1.000	3.000
TOTAL	2698 (100.00)			

1= entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones.

2= corderos por parto, $X\pm E.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P<0.01$). 3= corderos por parto.

Tomando en cuenta la importancia de la variable por la condición corporal, así como las condiciones alimenticias que se presentan por época en la que pare la borrega y cómo repercutirá en la próxima gestación, en un estudio realizado en Chiapas con ovejas Pelibuey no hubo significancia estadística para este factor sobre la prolificidad (González et al., 2010). Sin embargo, por la característica racial de las Pelibuey de no presentar anestro estacional, se pudo hacer la evaluación de la prolificidad en cada hembra a través de los años por época de parto y comparando con la literatura, se ha encontrado variación en los genes para receptores de melatonina (MTNR1) y prolactina (PRLR), involucrados en el control de la estacionalidad reproductiva apoyado por el estudio que desarrolló Arroyo (citado por Luna y Alonso, 2014) sobre la interacción de genes asociados con la reducida estacionalidad reproductiva de ovejas Pelibuey (Luna y Alonso, 2014).

El Cuadro 7 muestra los resultados de prolificidad de acuerdo al número de parto en las ovejas. Los partos 1, 2, 3, 4, 7 y 8 no presentaron diferencias significativas ($P>0.01$), mientras que los partos 5, 6 y 9 sí ($P<0.01$), lo que significa que al aumentar la edad de la oveja aumenta la prolificidad por aumentar la tasa ovulatoria llegando a un valor máximo de prolificidad y descendiendo a partir de ahí (Pérez-Clariget, 1987). El valor del parto 9 (1.447 ± 0.029) puede deberse al escaso número de observaciones (76), ya que normalmente las ovejas no permanecen en el rebaño hasta el noveno parto.

Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos de Prolificidad por número de parto en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Número de parto	n (%) ¹	Prolificidad ²	Mínimo ³	Máximo ³
1	591 (21.91)	1.364 ± 0.021 ^a	1.000	3.000
2	446 (16.53)	1.398 ± 0.019 ^a	1.000	3.000
3	384 (14.23)	1.425 ± 0.020 ^a	1.000	3.000
4	353 (13.08)	1.479 ± 0.019 ^a	1.000	3.000
5	328 (12.16)	1.507 ± 0.018 ^b	1.000	2.800
6	276 (10.23)	1.520 ± 0.020 ^b	1.000	2.830
7	157 (5.82)	1.402 ± 0.025 ^a	1.000	2.290
8	87 (3.22)	1.485 ± 0.034 ^a	1.000	2.380
9	76 (2.82)	1.447 ± 0.029 ^b	1.000	2.000
TOTAL	2676 (100.0)			

1= entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2= corderos por parto, X±E.E., medias con distinta literal son significativamente diferentes (P<0.01). 3= corderos por parto.

Comparando con estudios realizados con borregas Dorset (Inskeep y Goodman, 2013), donde se obtuvieron resultados de prolificidad por número de parto, 4 (1.37), 5(1.43), 6 (1.45) y 7 (1.41), así como en borregas Pelibuey de 4 años con 1.27 (González et al., 2010), y que concuerdan con las conclusiones de Pérez-Clariget (1987), en el sentido de que el número de parto afectó significativamente (P< 0.05) la prolificidad, siendo las ovejas de primer parto las menos prolíficas comparando con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En la Figura 1 se muestra la prolificidad por año y su tendencia de aumento con el paso del tiempo debido al impacto producido por la selección genética, la época de parto, el manejo reproductivo y el número de parto.

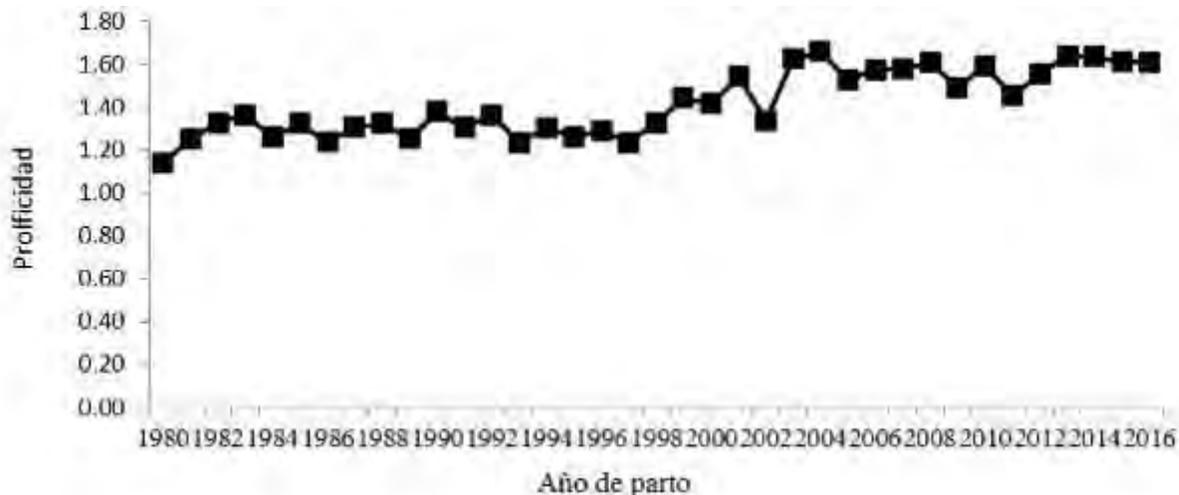


Figura 1. Prolificidad en ovejas Tabasco del MPO por año de 1980 a 2016.

Conclusiones

1. La prolificidad en el MPO ha incrementado a través del tiempo, pasando de 1.27 corderos por parto en la etapa sin selección genética (1978-1986) a 1.44 corderos/parto en la etapa bajo selección genética (1986-2016) aumentando 0.13 corderos/parto durante ese período.
2. El manejo genético, la edad de la oveja o número de parto, la época de parto y el manejo reproductivo afectan la prolificidad de manera directa.
3. La aplicación de un programa de mejora genética hacia características que afectan la productividad del rebaño debe ser mantenido a través del tiempo para poder tener resultados evaluables.
4. Las diferencias significativas dentro de las medias obtenidas en un mismo factor generan la posibilidad de estudiar específicamente el impacto de éstas en futuros trabajos.
5. El análisis de las características reproductivas (prolificidad) en el rebaño de ovejas Pelibuey del MPO ofrece resultados que pueden ayudar a unidades de producción ovina al reflejar los cambios por los efectos ambientales.

Literatura citada

- Alonso, J. 1981. Manejo de la Reproducción en el Ovino. In: Ciencia Veterinaria. 1^a ed. UNAM. México.
- Anderson, S. 1983. Response to selection for prolificacy in sheep within a group breeding scheme nucleus flock. Tesis de doctorado. Londres; Universidad de Londres.
- CEIEGT (Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical). 1986. Mejoramiento Genético. Boletín informativo. Tlapacoyan, Veracruz. p. 89-93.
- CEIEGT (Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical). 1989. Evaluación de cuatro sistemas de empadre sobre la eficiencia reproductiva de ovejas Tabasco. Boletín informativo. Tlapacoyan, Veracruz. p. 121-123.
- CEIEGT (Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical). 1992. Influencia del carnero sobre la ocurrencia de estros en la oveja Pelibuey. Boletín informativo. Tlapacoyan, Veracruz. p. 105-107.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4^a ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

González-Garduño, R., G. Torres-Hernández y J. Arece-García. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zootecnia Trop.* 28(1):51-56.

Inskeep, K. and B. Goodman. 2013. Factors that affect prolificacy in sheep. *Sheep Symposium.* Universidad de Virginia (USA). <http://d1cqrq366w3ike.cloudfront.net/http/DOCUMENT/SheepUSA/factors-affect-prolificacy-sheep.pdf> [consultado el 27 de marzo del 2017].

Luna, C. y R. Alonso. 2014. Genes con efecto mayor sobre la fertilidad de ovejas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5(1):107-130.

Mireles, M.E.J., S. Rojas, M.T. Valencia, I. Gutiérrez y P.J. Olivares. 2011. Empadre controlado, distribución de partos y prolificidad en ovejas de pelo en el trópico seco de Guerrero, México. *REDVET.* <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111111/111102.pdf> [consultado el 21 de febrero de 2017].

Guzmán, M. 1997. Comportamiento reproductivo de ovinos Tabasco bajo diferentes sistemas de manejo reproductivo en el trópico húmedo. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

Nava-López, V.M., J. Oliva-Hernández, J.A. Hinojosa-Cuellar. 2006. Mortalidad de los ovinos de pelo en 3 épocas climáticas en un rebaño comercial en la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia.* 22(2):119-129.

Pérez-Clariget, R. 1987. Factores que Influyen la Prolificidad en ovinos tropicales. Tesis de maestría. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM. Distrito Federal, México. 70 p.

SAS Institute Inc. 2000. *SAS/STAT® Software: Changes and Enhancements, Release 8.1.* SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

DIGESTIBILIDAD IN VIVO: *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* Y BAGAZO DE CÍTRICOS EN CORDEROS PELIBUEY

María Fernanda Vázquez Carrillo^{188*}, Epigmenio Castillo Gallegos¹⁸⁹, Cristino Cruz Lazo¹⁸⁹, Luis Corona Gochi¹⁸⁸ y Octavio Alonso Castelán Ortega¹⁹⁰

Resumen

La productividad del rumiante depende del consumo de MS y su digestibilidad, que determinan el nivel de nutrientes utilizables por lo que, al comparar dietas, es importante estimar ambas variables. El experimento se realizó en el Módulo de Producción Ovina El Cenzontle del CEIEGT, FMVZ, UNAM. Los tratamientos fueron: T1) heno de *Brachiaria* spp.; T2) heno de *Brachiaria* spp.+20% de heno de *C. argentea*+10% bagazo de cítricos; y T3) heno de *Brachiaria* spp.+30% alimento comercial, con base en materia seca (MS). Se realizó una prueba de digestibilidad in vivo empleando 6 corderos Pelibuey (3 fistulados al rumen y 3 intactos), de 40.17±5.82 kg peso vivo (PV) inicial promedio, alojados en jaulas individuales, en un diseño de cuadrado latino 3x3, repetido dos veces. Muestreando además líquido ruminal de los animales fistulados. Las variables que tuvieron resultados significativos ($P \leq 0.05$) fueron: consumo de MS; digestibilidad y consumo de MS digestible; para los componentes químicos del alimento ofrecido ($P \leq 0.05$) fueron: proteína cruda (PC), lignina (LIG) y fibra en detergente neutro y ácido (FDN, FDA); para el rechazo ($P \leq 0.05$) fueron: PC, FDN y FDA. Las heces presentaron diferentes valores ($P > 0.05$) en: LIG y EB. El líquido ruminal presentó diferente ($P \leq 0.05$) concentración de N-amoniaco y de ácido butírico, la proporción ácido acético y propiónico fue 4:1. La digestibilidad aparente de las dietas fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T3 con respecto a T1 y T2. La calidad nutritiva y digestibilidad de los ingredientes utilizados en las dietas, específicamente el heno de la gramínea, no cubrieron los requerimientos de los corderos Pelibuey en crecimiento.

Palabras clave: Consumo, digestibilidad aparente, energía, nitrógeno

¹⁸⁸ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, CP 04510, Ciudad de México. mvz.mafervazquez@gmail.com

¹⁸⁹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Km 7.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, CP 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

¹⁹⁰ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100, Colonia Centro. CP 50000, Toluca, Estado de México.

Introducción

Desde el punto de vista productivo, el consumo voluntario (CV) es el factor más importante en las unidades ganaderas, ya que de este dependen los índices productivos de los animales (Villanueva et al., 2004). Este potencial sólo puede expresarse en la medida que las necesidades de mantenimiento del animal estén cubiertas y quede un excedente disponible para ser transformado en producto, lo anterior dependerá en gran medida de la calidad nutritiva del alimento y su disponibilidad para el animal, por lo cual es necesario apoyarse de pruebas de digestibilidad para estimar la proporción de nutrientes presentes en la ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo (Church y Pond, 2010). Existen diferentes pruebas para determinar la digestibilidad de los alimentos: las técnicas: in vivo (recolección total de heces y/o por marcadores), in vitro (digestión artificial) o in situ también llamada in sacco (directamente en el animal previamente fistulado) (Rosero et al., 2007; McDonald et al., 2011).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar en corderos Pelibuey estabulados, los efectos del consumo y digestibilidad in vivo de una dieta base *Brachiaria* spp., complementada con *C. argentea* y bagazo de cítricos, así como el balance de nitrógeno y energía.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Módulo de Producción Ovina El Cenzontle del CEIEGT, FMVZ, UNAM, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, en el estado de Veracruz, sobre la Carretera Federal 129, a 5.5 km de la ciudad de Martínez de la Torre. Su situación geográfica es 20°02'05" latitud norte, 97°06' 22" longitud oeste y una altitud que varía de 105 a 124 m. Se utilizaron 6 ovinos Pelibuey de 40.17 ± 5.82 kg PV inicial promedio. Tres de estos animales fueron fistulados al rumen. Los corderos se alojaron en jaulas metabólicas individuales. El forraje de *Brachiaria* spp. se cortó a los 60 días de edad, se henificó y almacenó. Este manejo se realizó en dos temporadas diferentes, las pacas se mezclaron por partes iguales. La leguminosa tenía 15 semanas de rebrote promedio cuando fue cortada, se deshidrató, molió y almacenó. La empresa Citrex® donó el bagazo de cítricos, el cual se conservó en montones al aire libre en potrero. Los tratamientos formulados con base en MS fueron: 1) 100% de heno *Brachiaria* spp.; 2) 70% de heno de *Brachiaria* spp. + 20% de *C. argentea* + 10% de bagazo de cítricos; y 3) 70% de heno de *Brachiaria* spp. + 30% de alimento concentrado. Se ofrecieron a razón del 4% del PV (kg) de los animales, dos veces al día (8 y 17 horas), con libre acceso a agua y a una premezcla de sales minerales.

El experimento tuvo una duración de 42 días, dividido en tres periodos de 14 días cada uno, los primeros 9 días fueron de adaptación a la dieta y los subsecuentes 5 fueron de medición. Diariamente se pesaron las dietas ofrecidas y rechazadas, por medio de la diferencia de éstas se calculó el consumo voluntario. Se tomaron muestras de: ingredientes, dietas ofrecidas homogenizadas y del residual, para estimar la calidad nutritiva. Se colectaron las de heces de los 6 animales, en los corderos fistulados al rumen se muestreó el líquido ruminal el último día de cada periodo a las 4 h post-alimentación, para medir el pH y determinar ácidos grasos volátiles (AGV's) por cromatografía de gases y nitrógeno amoniacal por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980). A las muestras de ingredientes, dietas y heces se determinaron: materia seca (MS,%), materia orgánica (MO,%), cenizas (CEN,%), proteína cruda (PC=[N] x 6.25,%), por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980), energía bruta (EB, Mcal/kg MS) con una bomba calorimétrica de Parr, fibra por detergente neutro y ácido (FDN y FDA,%), y lignina – H₂SO₄ (LIG,%) (Van Soest et al., 1991) utilizando un analizador de fibras ANKOM 200®. La digestibilidad (%) de la ración y los nutrimentos de las dietas, se determinó: (consumido (g MS/día) – excretado (g MS/día))/(consumido (g MS/día)) * 100. Los animales se distribuyeron en un diseño de cuadrado latino (CL) repetido dos veces, siendo el CL1 los ovinos fistulados al rumen, y el CL2 los intactos. Las variables de respuesta derivadas de los animales y las del análisis nutritivo de los alimentos se evaluaron con el siguiente modelo lineal y aditivo: $Y_{ijkl} = \mu + S_i + A(S)_i(l) + T_j + P_k + (T \times P)_{jk} + \xi_{ijkl}$

Donde: Y_{ijkl} es la variable de respuesta; μ es la media general común a todas las observaciones; S_i es el efecto fijo de la i -ésima secuencia de tratamientos; T_j es el efecto fijo del j -ésimo tratamiento; P_k es el efecto fijo del k -ésimo periodo; $A(S)_i(l)$ es el efecto aleatorio del i -ésimo animal dentro de la i -ésima secuencia; $(T \times P)_{jk}$ es el efecto combinado del tratamiento y el periodo y ξ_{ijkl} es el error experimental común a todas las observaciones ($N, I; \mu = 0, \sigma = 1$). El análisis estadístico se realizó con el programa PROC MIXED (SAS, 2010; V 9.22) y las medias de cuadrados mínimos se compararon mediante una prueba de "t".

Resultados y discusión

El efecto directo del tratamiento fue significativo ($P \leq 0.05$) para las variables derivadas del animal: CMS, la digestibilidad y el CMS digestible (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias con la prueba de 't', para efectos directos y residuales de los tratamientos.

Factor	Variable de respuesta ¹						
	PV	CMSPV	CMSPM	PHEC	DIG	CMSD PV	CMSD PM
Tratamiento ²	Efectos directos						
1	42.2	13.4 ^{b3}	34.1 ^b	0.37	28.4 ^b	2.7 ^c	6.8 ^c
2	39.1	25.4 ^a	62.6 ^a	0.38	39.7 ^b	9.8 ^b	24.1 ^b
3	37.4	30.2 ^a	74.6 ^a	0.35	65.1 ^a	18.5 ^a	46.2 ^a
	Efectos residuales						
1	39.8	23.4	58.8	0.37	43.4 ^{ab}	10.7 ^{ab}	26.9 ^{ab}
2	42.1	16.8	42.1	0.39	28.9 ^b	3.9 ^b	9.2 ^b
3	36.8	28.8	70.4	0.33	60.8 ^a	16.5 ^a	40.9 ^a
EEM	1.5	1.3	3.0	0.01	2.3	0.96	2.4

¹ PV = Peso vivo (kg/cordero); CMSPV = Consumo de materia seca por kg de peso vivo por animal (g/kg PV); CMSPM = Consumo de materia seca por kg de peso metabólico por animal (g/kg PV^{0.75}); PHEC = Producción de heces g/animal/día; CMSDPV = Consumo de materia seca digestible por kg de peso vivo por animal (g/kg PV); CMSDPM = Consumo de materia seca digestible por kg de peso metabólico por animal (g/kg PV^{0.75}); DIG = Digestibilidad de la dieta (%). ² T1 Brachiaria spp.; T2 Brachiaria spp. + Cratylia argentea + bagazo de cítrico; T3 Brachiaria spp + concentrado comercial. ³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a P ≤ 0.05. ⁴ EEM = error estándar de la media.

Lo mismo sucedió para el contenido y consumo de PC, FDN, FDA y LIG, mientras que sólo fue significativo para el consumo de energía (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de "t", para efectos directos y residuales del tratamiento y del periodo para la composición química de las dietas ofrecidas y rechazadas.

Factor	Variable de respuesta ¹									
	PC (%)		FDN (%)		FDA (%)		LIG (%)		EB (kcal/g)	
	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH
Periodo										
1	7.6 ^{b3}	6.6 ^a	77.6	80.4	43.4	48.5	8.8 ^b	12.1	3.8	4.0
2	9.0 ^a	6.7 ^a	71.6	79.8	41.7	49.1	10.5 ^a	11.4	3.8	3.9
3	7.5 ^b	4.9 ^b	71.8	81.4	42.1	49.6	9.5 ^b	11.0	3.8	3.9
Tratamiento ²										
Efectos directos										
1	7.3 ^b	3.9 ^b	74.9 ^{ab}	83.7 ^a	42.5 ^{ab}	51.1 ^a	8.4 ^b	10.4	3.7	3.8
2	7.9 ^a	9.2 ^a	77.6 ^a	75.2 ^b	45.2 ^a	44.2 ^b	11.5 ^a	12.9	3.8	4.0
3	9.0 ^a	5.0 ^b	68.5 ^b	82.7 ^a	39.4 ^b	51.9 ^a	8.9 ^b	11.2	3.8	3.9
Efectos residuales										
1	8.7 ^a	5.9	70.0 ^b	80.8	41.0 ^b	49.8	9.4 ^b	10.8	3.8	3.8
2	8.7 ^a	5.3	69.9 ^b	81.2	39.1 ^b	48.0	7.9 ^c	10.7	3.7	3.9
3	6.7 ^b	7.0	81.2 ^a	79.5	47.1 ^a	49.4	11.5 ^a	13.2	3.8	4.0
EEM ⁴	0.3	0.7	1.6	1.0	1.0	0.9	0.4	0.2	0.01	0.02

¹ PC = Proteína cruda; FDN = Fibra en detergente ácido; FDA = Fibra en detergente neutra; LIG = lignina; EB = Energía bruta; OFR = Ofrecida; RCH = rechazada. ² T1 Brachiaria spp; T2 Brachiaria spp + Cratylia argentea + bagazo de cítrico; T3 Brachiaria spp+ concentrado comercial. ³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a P ≤ 0.05. ⁴ EEM = error estándar de la media.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de t, para efectos del periodo y efectos fijos y residuales del tratamiento para el consumo en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico (PM = $PV^{0.75}$) de los diferentes componentes de las dietas.

Factor	Variable de respuesta ¹									
	CPC		CFDN		CFDA		CLIG		CE (kcal/g kg)	
	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM
Periodo ¹										
1	1.4 ^{c3}	3.5 ^c	14.0	34.6	7.3	18.1	1.3	3.3	0.7	1.6
2	2.6 ^a	6.6 ^a	18.2	45.4	10.4	25.9	2.5	6.3	1.0	2.5
3	2.0 ^b	4.9 ^b	15.0	37.2	8.7	21.4	1.9	4.8	0.9	2.1
Tratamiento ²										
Efectos directos										
1	1.1 ^b	2.8 ^b	6.2 ^b	16.2 ^b	2.9 ^b	7.7 ^b	1.2 ^b	2.2 ^b	0.3 ^b	0.9 ^b
2	1.5 ^b	3.6 ^b	16.6 ^a	40.7 ^a	9.6 ^a	23.6 ^a	2.2 ^a	5.5 ^a	0.8 ^b	1.9 ^b
3	3.5 ^a	8.6 ^a	24.5 ^a	60.3 ^a	13.9 ^a	34.2 ^a	3.3 ^a	8.1 ^a	1.4 ^a	3.4 ^a
Efectos residuales										
1	2.7 ^a	6.7 ^a	17.6 ^a	44.1 ^a	10.1 ^a	25.4 ^a	2.1 ^a	5.3 ^a	1.0 ^a	2.6 ^a
2	1.2 ^b	3.0 ^b	2.9 ^b	7.6 ^b	0.8 ^b	2.3 ^b	1.4 ^b	1.8 ^b	0.2 ^b	0.6 ^b
3	2.1 ^a	5.3 ^a	26.8 ^a	65.6 ^a	15.4 ^a	37.8 ^a	4.1 ^a	10.0 ^a	1.2 ^a	3.0 ^a
EEM ⁴	0.2	0.5	1.1	2.7	0.7	1.7	1.1	1.1	0.1	0.1

¹ CPC = Consumo de proteína cruda; CFDN = Consumo de fibra en detergente ácido; CFDA = Consumo de fibra en detergente neutro; CLIG = Consumo de lignina; CE = Consumo de energía. ² T1 Brachiaria spp.; T2 Brachiaria spp. + Cratylia argentea + bagazo de cítrico; T3 Brachiaria spp. + concentrado. ³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$. ⁴ EEM = error estándar de la media.

En las heces, el efecto del periodo fue diferente ($P \leq 0.05$) para la FDN, FDA y LIG; asimismo, el efecto del tratamiento fue significativo ($P \leq 0.05$) para la LIG y energía bruta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de t, para efectos del periodo y tratamiento en la composición química de las heces (%).

Factor	Variable de respuesta ¹				
	PC	FDN	FDA	LIG	EB
Periodo					
1	8.0	86.2 ^{a3}	44.1 ^a	16.6 ^{ab}	3.8
2	8.7	80.2 ^a	43.1 ^a	17.4 ^a	3.7
3	8.5	65.2 ^b	39.4 ^b	14.9 ^b	3.7
Tratamiento ²					
1	7.8	76.1	42.4	16.0 ^{ab}	3.6 ^b
2	9.1	81.0	44.0	18.1 ^a	3.9 ^a
3	8.3	76.1	40.2	14.8 ^b	3.7 ^b
EEM ⁴	0.04	0.06	0.6	0.4	0.04

¹ PC = Proteína cruda (%); FDN = Fibra en detergente ácido (%); FDA = Fibra en detergente neutro (%); LIG = lignina (%); EB = Energía bruta (kcal/ g). ² T1 Brachiaria spp; T2 Brachiaria spp+ Cratylia argentea + bagazo de cítrico; T3 Brachiaria spp + concentrado comercial. ³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$. ⁴ EEM = error estándar de la media.

La digestibilidad aparente de la MS, MO, PC, FDA, FDN y energía de las dietas fue diferente, siendo superior ($P \leq 0.05$) en el T3 con respecto a T1 y T2 (Cuadro 5). Finalmente, la concentración de $N-NH_3$ fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T3 por casi 4 veces con respecto a T1 y T2 y sólo la concentración de ácido butírico fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T3 con respecto al T1 y T2 (Cuadro 6).

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del tratamiento y residual para la digestibilidad aparente de los nutrimentos de las dietas experimentales.

Factor	Variable de respuesta ¹					
	MS	MO	PC	FDN	FDA	ED
Tratamiento ²						
1	28.7 ^{b3}	34.9 ^b	23.2 ^b	27.4 ^b	28.6 ^b	1.15 ^b
2	40.4 ^b	42.5 ^b	34.6 ^b	37.6 ^b	41.6 ^b	1.47 ^b
3	65.4 ^a	67.3 ^a	67.3 ^a	61.1 ^a	64.9 ^a	2.56 ^a
Residual						
1	43.7 ^{ab}	48.9 ^b	39.4 ^a	42.9 ^{ab}	44.4 ^b	1.81 ^a
2	29.6 ^b	34.3 ^b	30.3 ^a	23.4 ^b	23.8 ^b	1.08 ^b
3	61.3 ^a	61.5 ^a	55.3 ^b	59.8 ^a	66.9 ^a	2.29 ^a
EEM ⁴	2.3	2.1	3.8	2.2	2.0	0.087

¹MS = Materia seca (%); MO = Materia orgánica (%); PC = Proteína cruda (%); FDN = Fibra en detergente ácido (%); FDA = Fibra en detergente neutra (%); ED = Energía Digestible (Mcal/kg). ²T1 Brachiaria spp.; T2 Brachiaria spp. + Cratylia argentea + bagazo de cítrico; T3 Brachiaria spp. + concentrado comercial. ³Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$. ⁴EEM = error estándar de la media.

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del tratamiento para las variables de respuesta medidas en el líquido ruminal: nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$, (mg/dL), ácidos grasos volátiles (AGV's, mM/L) y pH.

Factor	Variable de respuesta ¹					
	NH_3	Ácidos grasos volátiles			pH	N orina
		Acético	Butírico	Propiónico		
Tratamiento ²						
1	3.1 ^{b3}	42.3	3.9 ^b	10.3	6.3	59.1
2	4.1 ^b	80.0	6.9 ^b	17.5	6.5	49.3
3	14.1 ^a	76.5	11.9 ^a	18.4	6.5	77.8
EEM ⁴	1.9	8.3	1.3	1.7	0.1	8.5

¹ NH_3 = Nitrógeno amoniacal; AGV's = Ácidos grasos volátiles; pH = Potencial hidrógeno. ²T1 Brachiaria spp.; T2 Brachiaria spp. + Cratylia argentea + bagazo de cítrico; T3 Brachiaria spp. + concentrado comercial. ³Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$. ⁴EEM = error estándar de la media.

El consumo del T1<T2=T3, lo cual se debió al volumen ocupado en el rumen, tasa de pasaje y baja digestibilidad in vivo de la materia seca del mismo, limitando así un probable mayor consumo de la dieta, esto debido al porcentaje de inclusión de la gramínea en T1, lo cual explica el menor consumo de MS digestible para el T1<T2<T3. Belmont (2017) evaluó la digestibilidad in vivo de dietas base B. arrecta y diferentes niveles de inclusión de *C. argentea* (0, 15, 30 y 45), donde obtuvo digestibilidades mayores al 50% a partir de incluir la leguminosa en la dieta, lo cual se encuentra por arriba de los resultados obtenidos en el presente experimento. A pesar de que T1 y T2 cubrían los requerimientos del cordero (40 kg PV) para mantenimiento (80 g/día PC 1.91 kcal/kg) y T3 (149g PC/día y 2.87 kcal/kg) para ganancias diarias de peso de 250g/día (NRC, 2007) no se obtuvieron los resultados deseables debido a las bajas digestibilidades, bajos consumos, aunado al elevado contenido de fibras y lignina lo cual pudo limitar el aprovechamiento de los nutrimentos disponibles del alimento al encontrarse ligados a carbohidratos estructurales y lignina.

Wilson y Lascano (1997) realizaron un estudio con *C. argentea*, donde encontraron que a medida que aumentaba el nivel de inclusión de la leguminosa se incrementaba el consumo de N g/día, el flujo total del mismo al duodeno y su concentración en heces; asimismo el N bacteriano y la concentración de N-NH₃ en rumen aumentaban; esto último coincide con el presente estudio, lo cual sugiere la baja eficiencia en la utilización de N amoniacal asociado a una deficiencia o indisponibilidad de energía.

En el presente estudio no existieron fluctuaciones del pH, siendo de 6.3 a 6.5, misma tendencia que siguió el trabajo de Fragoso (2016) y Belmont (2017). Piquera et al. (2009) encontraron valores de pH de 6.53 y 5.69 mg/dL de NH₃ en una dieta con 13% de inclusión de cáscara de cítricos, lo cual se asemeja al T2 del presente trabajo, con un pH de 6.5, mientras que la concentración de N-amoniacal se encuentra por arriba al valor de 4.1 mg/dL, lo cual puede variar por el resto de los ingredientes que componen la dieta experimental correspondiente a cada estudio.

Las proporciones molares de los AGV's tienden a mantenerse estables a pesar de las oscilaciones en la microbiota ruminal y diferencias en el consumo de alimentos. Estas se relacionan con el pH ruminal, existiendo mayor concentración de acetato y propionato cuando el pH se acerca a 6.9 y 5.5 respectivamente (Relling et al., 2003) lo cual coincide con los resultados del experimento, siguiendo la misma tendencia el estudio realizado por Piquera et al. (2009) 0.642 acético: 0.175 propiónico: 0.010 butírico (mmol/mmol) a un pH de 6.53.

Conclusiones

1. La inclusión del 20% *C. argentea* y 10% bagazo de cítricos no contribuyó a obtener una mayor digestibilidad de la dieta, conllevando a no obtener resultados favorables en las variables productivas evaluadas del cordero Pelibuey en crecimiento.
2. La inclusión del 30% de alimento comercial en la dieta base heno *Brachiaria* spp. mejoró la digestibilidad de la materia seca y nutrimentos de la dieta, beneficiando el consumo de los corderos.
3. La digestibilidad aparente de la MS y de los nutrimentos de las dietas experimentales base *Brachiaria* spp. y la complementada con *C. argentea* y bagazo de cítricos fue muy baja, lo cual es reflejo de la calidad de los ingredientes utilizados en las mismas, específicamente el heno de la gramínea, no cubriendo los requerimientos de los corderos Pelibuey en crecimiento.

Literatura citada

- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 13 ed. Association of Analytical Chemists, Inc. Virginia.
- Belmont, F. A. 2017. Inclusión de *Cratylia argentea* sobre la digestibilidad in vivo de ovinos Pelibuey con una dieta a base de *Brachiaria arrecta*. Tesis de Maestría. FMVZ-UNAM, CdMx, México. 40 p.
- Church, D. C. y W. Pond. 2010. Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. 4 ed. Limusa. México. 200 p.
- Fragoso, I. A. 2016. Consumo voluntario y digestibilidad de *Brachiaria* spp con *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp., en bovinos Cebú x Holstein. Tesis de Maestría. FMVZ-UNAM, CdMx, México. 43 p.
- National Research Council. 2007. Requirements of Small Ruminants Sheep, Goats, Cervids, and new world camelids. The National Academics Press. Washington, DC. 384 p.
- McDonald, E. y M. Greenhalgh. 2011. Nutrición animal. 5 ed. ACRIBIA. España. 573 p.
- Piquera, O., L. Ródenasb, C. Casadob, E. Blasb y J. J. Pascual. 2009. Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal parameters. *Small Ruminant Research*. 83:14-21.

- Relling, A. E. y G. A. Mattioli. 2003. Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Edulp. Argentina. 72 p.
- Rosero, R. N. y O. S. Posada. 2007. Modeling of ruminant food degradation kinetics. Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias 20:174-182.
- SAS Institute. 2010. SAS/STAT® user's guide. Versión 9.22. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non- starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science 74:3583-3597.
- Villanueva, A. J. F., J. A. Bonilla C, V. Rubio C. y J. J. Bustamante G. 2004. Agrotecnia y utilización de Clitoria ternatea en sistemas de producción de carne y leche. Téc. Pec. Méx. 42(1):79-96.
- Wilson, Q. T. y E. Lascano C. 1997. Cratylia argentea como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. Pasturas Tropicales 19(3):2-8.

CARACTERIZACIÓN DE LA VIDA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE VACAS INDUBRASIL EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Juan Prisciliano Zárate Martínez¹⁹¹, Vicente Eliezer Vega-Murillo¹⁹¹, Ángel Ríos Utrera¹⁹¹, Víctor Delio Hernández Hernández¹⁹¹, Eugenio Villagómez Amezcua-Manjarrez¹⁹², Jorge Fajardo Guel¹⁹³

Resumen

El objetivo fue valorar el efecto de factores ambientales sobre el comportamiento reproductivo y caracterizar la vida productiva, causas de desecho, número de becerros destetados y peso al destete acumulado por vida productiva de 126 vacas Indubrasil del S. E. Playa Vicente, Ver. El año de empadre fue significativo para todas las variables, excepto servicios por concepción. La edad al empadre sólo fue significativa para tasa de destete y kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre. Las medias ajustadas para tasa de gestación, tasa de parto, tasa de destete, servicios por concepción y kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre fueron: 0.58, 0.54, 0.45, 1.6 y 75.4, respectivamente. La tasa de destete de vacas de 5 años fue mayor ($P=0.0254$) que la de vacas de 3 años de edad. Vacas de 5 años produjeron más kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre que vacas de 3 ($P=0.0309$) y 7 ($P=0.0055$) años de edad. Vacas de 6 años produjeron más kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre que vacas de 7 años de edad ($P=0.0541$). Para vida productiva, el año de nacimiento fue significativo ($P<0.05$) y el porcentaje de registros no censurados fue de $85 \pm 36\%$, con tiempos promedio de desecho o muerte y censura de 1,941.3 y 1,656.9 d, respectivamente. Las tasas de gestación, parto y destete, así como los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre presentaron un comportamiento cuadrático, teniendo las vacas su máximo desempeño a los 5 años de edad. La principal causa de desecho fueron los problemas reproductivos; la fertilidad y el comportamiento productivo dependieron significativamente de la edad. Las vacas Indubrasil a los diez años de edad produjeron en promedio no más de cinco crías, con un peso acumulado promedio al destete de 900 kg.

Palabras clave: Tasa de destete, kilogramos de becerro destetado por vaca expuesta

¹⁹¹ INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental La Posta. REDGATRO. zarate.juan@inifap.gob.mx

¹⁹² CENID Microbiología-INIFAP.

¹⁹³ Coordinación de Planeación y Desarrollo-INIFAP.

Introducción

En el trópico, las razas Cebú (*Bos indicus*) comparativamente con las razas europeas (*Bos taurus*) han mostrado un comportamiento productivo inferior en la edad al primer parto y crecimiento (Magaña y Segura, 2006), aún bajo buenas condiciones de manejo. Sin embargo, debido al mayor tamaño de población de las razas Cebú, adaptación a las condiciones de radiación solar, temperatura, humedad y fluctuación nutricional, estas razas predominan en el trópico mexicano. La edad al primer servicio y a la concepción, el peso al nacimiento, al destete y a la concepción son obviados en muchos casos para la toma de decisiones inmediatas o futuras de los sistemas vaca-cría, donde se niega la importancia que tiene el análisis de registros para implementar nuevos programas que tiendan a mejorar el rendimiento general del hato productor de carne (Zárate et al., 2013). Para que un hato sea económicamente rentable, las hembras deben permanecer en el hato el tiempo suficiente para pagar sus costos de mantenimiento. El número de hembras que permanecen en el hato, pasando este punto, deben remplazarse por aquellas vacas que son desechadas antes de esa edad (Snelling et al., 1995). La producción de por vida es una medida importante de la eficiencia en la producción de carne y es una función de la fertilidad, habilidad materna y supervivencia de la vaca y su descendencia. Vacas con una larga vida productiva serán genéticamente superiores para longevidad y comportamiento reproductivo (Lasley, 1978). La habilidad de las vacas para tener una larga vida productiva es muy importante para los productores comerciales de ganado de carne debido a que una mayor vida productiva significa menores costos para el desarrollo de reemplazos, menos hembras jóvenes y disponibilidad de becerros más pesados para su venta al destete (Rendel y Robertson, 1950). Por lo anterior el objetivo de este estudio fue valorar el efecto de algunos factores ambientales sobre el comportamiento reproductivo, el número de becerros destetados y el peso al destete acumulado como medidas de la producción de por vida y de esta forma caracterizar la vida productiva además de determinar las causas de desecho de un hato de vacas Indubrasil en el trópico húmedo de México.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el sitio experimental Playa Vicente, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El clima es tropical húmedo (Am), con temperatura y precipitación media anual de 26.8°C y 2,200 mm, respectivamente. Se analizaron los registros de 126 hembras de la raza Indubrasil hijas de 23 sementales y 145 hembras de la raza Indubrasil, nacidas entre 1980 y 2006. Las hembras se sirvieron por medio de inseminación artificial, 12 horas después de observado el celo y/o

monta natural. A los 45-60 días de finalizado el empadre se realizó el diagnóstico de gestación de vacas y vaquillas, mediante palpación rectal. Del nacimiento al destete, los becerros fueron criados con amamantamiento restringido, el cual duró una hora en la mañana (07:00 a 08:00 h) y una hora en la tarde (17:00 a 18:00 h). El resto del día los becerros se mantuvieron en pastoreo rotacional. El destete se realizó a los siete meses de edad, en promedio. Quince días antes y 30 días después del destete, los becerros fueron suplementados con 1 kg d^{-1} con un alimento concentrado con 18% de PC, 70% de TND y 2.7 Mcal EM/kg MS. Del destete al año de edad, los becerros se siguieron manteniendo en pastoreo rotacional de zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Se evaluó: número de servicios por concepción, tasa de gestación, tasa de parto, tasa de destete y kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre. La tasa de gestación se registró como 1 si la vaca se diagnosticó como gestante 45 días después de finalizado el empadre, en caso contrario, se registró como 0. La tasa de parto se registró como 1 si la vaca parió un becerro vivo; por el contrario, si después de haber sido diagnosticada como gestante, la vaca no parió, abortó o parió un becerro muerto, la tasa de parto se registró como 0. La tasa de destete se registró como 1 si la vaca destetó a su becerro en el tiempo y la forma normal; por el contrario, si el becerro murió antes de ser destetado o fue destetado prematuramente debido a agalactia o rechazo de su madre, dicha tasa se codificó como 0. Los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre se registraron como el peso ajustado a 205 días de edad si la vaca destetó un becerro en el tiempo y la forma normal; por el contrario, si la vaca resultó vacía 45-60 días después del empadre o no logró producir un becerro al destete, estos se registraron como 0. La vida productiva media fue el número de días entre la fecha de primer parto y la fecha de desecho o de censura. Se definió como censurados los registros de hembras que se vendieron para abasto o aquellas vivas al fin del experimento. Las causas de desecho fueron clasificadas en problemas reproductivos, muertes por enfermedad, muertes por accidente, senilidad y otros. Las características productivas se analizaron con un modelo de mediciones repetidas, considerando la vaca como el sujeto y asumiendo una estructura de covarianzas autorregresiva [AR(1)]. Número de servicios por concepción, tasa de gestación, tasa de parto y tasa de destete se analizaron con el procedimiento (PROC) GENMOD del programa SAS. Para número de servicios por concepción se consideró una distribución Poisson, mientras que para las tasas de gestación, parto y destete se consideró una distribución binomial y una función liga logit. Los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre se analizaron con el procedimiento MIXED del mismo programa. Los efectos fijos incluidos en el modelo completo fueron: año de empadre (1993, 1994,..., 2006), época de empadre (primavera: marzo-abril; otoño: septiembre-octubre), edad de la hembra al empadre (3, 4, 5, 6 y ≥ 7) y las interacciones de primer orden que se derivan de estos tres efectos principales. Para determinar los modelos definitivos, se

realizaron análisis secuenciales removiendo del modelo completo las interacciones que no fueron significativas ($P > 0.05$). El modelo definitivo para número de servicios por concepción, tasa de gestación, tasa de parto y tasa de destete que resultó de estos análisis preliminares incluyó año de empadre, época de empadre y la edad de la hembra al empadre. Los kilogramos de becerro destetado se analizaron con un modelo definitivo que incluyó año de empadre, época de empadre, la interacción año de empadre por época de empadre y la edad de la hembra al empadre. En todos los análisis el criterio de convergencia fue 10^{-8} . La vida productiva se definió como el número de días entre la fecha de primer parto y la fecha de desecho o de censura. Los registros de hembras que se vendieron para abasto o aquellas vivas al fin del experimento, se consideraron censurados. Las causas de desecho fueron clasificadas en problemas reproductivos, muertes por enfermedad, muertes por accidente, senilidad y otros. Se utilizó una prueba de Chi cuadrada para probar la independencia entre las causas de desecho. Las estimaciones de los parámetros y los componentes de varianza para vida productiva se calcularon con el programa MATVEC (Wang et al., 2001), empleando un modelo de riesgos proporcionales. Condicionado a los efectos fijos y aleatorios, se asumió una distribución Weibull para la función de riesgos basal igual a: $\lambda(\tau; \eta_i) = \rho \tau^{\rho-1} e^{-\eta_i}$ donde; $\lambda(\tau; \eta_i)$ es la función de riesgo de un individuo al tiempo t , con factor de riesgo η_i , $\rho =$ es el parámetro de forma de la distribución, η es el vector de factores de riesgo, una combinación lineal de efectos fijos y aleatorios $\eta = X\beta + Zs$, donde: β es el vector de efectos fijos que incluyó el agrupamiento del año de nacimiento de la vaca (1: 1980 a 1984, 2: 1985 a 1989, 3: 1990 a 1994, 4: 1995 a 1999 y 5: 2000 a 2004), la época de nacimiento de la hembra (1: diciembre a mayo y 2: junio a noviembre) y la edad de la hembra al inicio de su primer empadre como covariable, s es el vector de efectos aleatorios del semental y X y Z son matrices de diseño conocidas. Para estimar la probabilidad de que un individuo con un factor de riesgo dado η_i sobrevivirá hasta el tiempo t , la función de sobrevivencia se calculó como: $S(t; \eta_i) = e^{-t^\rho e^{\eta_i}}$. Los estimadores de la función de riesgo $\lambda(t; \hat{\eta}_i)$, función de sobrevivencia (\hat{S}), y las soluciones para los efectos fijos ($\hat{\beta}$) y aleatorios de semental (\hat{s}) se basaron en técnicas de máxima verosimilitud utilizando la matriz de información promedio para estimar los componentes de varianza. Las características evaluadas como medidas de producción de por vida fueron: 1) número total de crías destetadas (NACD) a los 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 años de edad de la vaca y 2) peso al destete acumulado (PDA) a los 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 años de edad de la vaca. Las hembras que tuvieron dos abortos consecutivos, prolapso uterino severo, una ubre no funcional o las que no concibieron en dos empadres consecutivos fueron eliminadas del hato. Cuando una vaca no destetó a una cría en un año determinado, NACD y PDA del año anterior se utilizaron para obtener los acumulados correspondientes. Los pesos al destete se ajustaron a 205 días de edad. Estas últimas características se analizaron por edad

de la vaca con el procedimiento modelos lineales generales (PROC GLM) del paquete estadístico SAS. Todos los modelos incluyeron los efectos fijos de año de nacimiento de la vaca (1980, 1981,..., 1989), época de nacimiento de la vaca (diciembre-mayo y junio-noviembre) y la edad al inicio del primer empadre de la vaca como covariable.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas de las variables evaluadas, mientras que en el Cuadro 2 se presenta la significancia estadística de los efectos incluidos en los modelos de análisis. El año de empadre fue significativo para todas las variables, excepto servicios por concepción que también ha sido reportada con un efecto nulo de heredabilidad (0.006) en condiciones del trópico de México (Ríos et al., 2013). La época de empadre no influyó ninguna de las variables evaluadas. La edad al empadre solo fue significativa para tasa de destete y kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de la información analizada.

Variable ^a	N	Media	Desv. Est.	CV	Mínimo	Máximo
TG	748	0.56	0.50	0.89	0	1
TP	748	0.51	0.50	0.98	0	1
TD	748	0.40	0.49	1.23	0	1
SPC	421	1.60	0.86	0.54	1	6
KBD	748	69.0	88.7	1.29	0	322

^aTG= tasa de gestación, TP= tasa de parto, TD= tasa de destete, SPC= servicios por concepción, KBD= kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre.

Cuadro 2. Significancia estadística de los efectos incluidos en los modelos para analizar características productivas y reproductivas de vacas Indubrasil.

Efecto	TG	TP	TD	SPC	KBD
Año de empadre (A)	0.0007	0.0132	0.0009	0.3037	0.0002
Época de empadre (E)	0.2241	0.2173	0.7470	0.1925	0.4299
AxE	-	-	-	-	0.0001
Edad al empadre	0.4339	0.1497	0.0079	0.4512	0.0179

^aTG= tasa de gestación, TP= tasa de parto, TD= tasa de destete, SPC= servicios por concepción, KBD= kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre.

En la Figura 1 se presentan las tasas de gestación, parto y destete por edad de la vaca al empadre y en la Figura 2 se muestran los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre/edad de la vaca. Las medias ajustadas para tasa de gestación, tasa de parto, tasa

de destete, servicios por concepción y kilogramos de becerro destetado/vaca en empadre fueron: 0.58, 0.54, 0.45, 1.6 y 75.4, respectivamente.

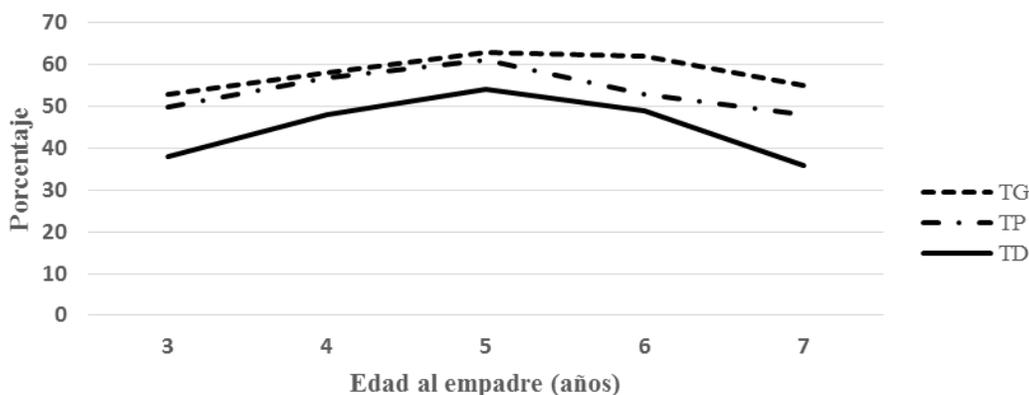


Figura 1. Tasas de gestación (TG), parto (TP) y destete (TD) por edad al empadre de hembras Indubrasil.

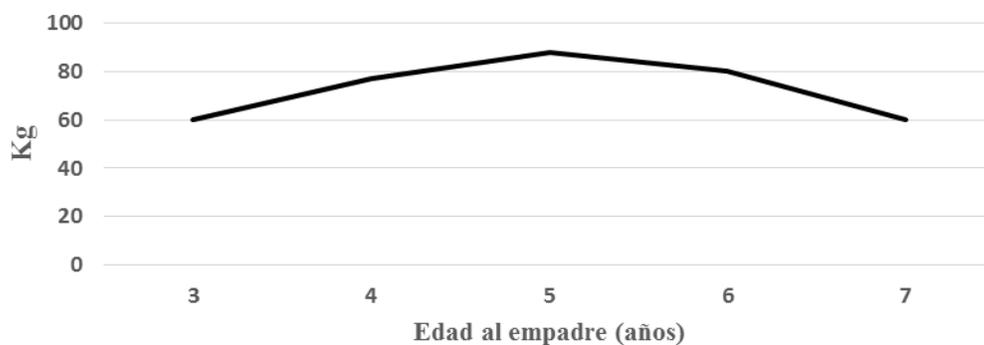


Figura 2. Kilogramos de becerro destetado por vaca expuesta por edad al empadre de hembras Indubrasil.

Las tasas, así como los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre, presentaron un comportamiento cuadrático, alcanzándose la máxima fertilidad y productividad a los 5 años de edad. La magnitud de las tasas de gestación y de parto fueron similares a los 3, 4 y 5 años de edad, pero tendió a ser diferente a los 6 y 7 años de edad. Por el contrario, la magnitud de las tasas de parto y destete fue diferente a los 3, 4 y 5 años de edad, pero tendió a ser similar a los 6 y 7 años de edad. La tasa de destete de vacas de 7 años de edad fue menor que la de vacas de 4 ($P=0.0298$), 5 ($P=0.0035$) y 6 ($P=0.0511$) años de edad. La tasa de destete de vacas de 5 años de edad fue mayor ($P=0.0254$) que la de vacas de 3 años de edad. Vacas de 5 años de edad produjeron más kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre que vacas de 3 ($P=0.0309$) y 7 ($P=0.0055$) años de edad. Vacas de 6 años de edad produjeron más kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre que vacas de 7 años de edad ($P=0.0541$). Para vida productiva, únicamente el agrupamiento del año de nacimiento fue significativo en el modelo ($P<0.05$). El porcentaje de registros no

censurados fue de $85 \pm 36\%$ con tiempos promedio de desecho o muerte y censura de 1941.3 y 1656.9 días, respectivamente. El parámetro de escala (ρ) fue 1.46 ± 0.10 indicando una función de riesgo base que se incrementa con el tiempo. En la Figura 3 se presenta la función Weibull de sobrevivencia para vacas Indubrasil.

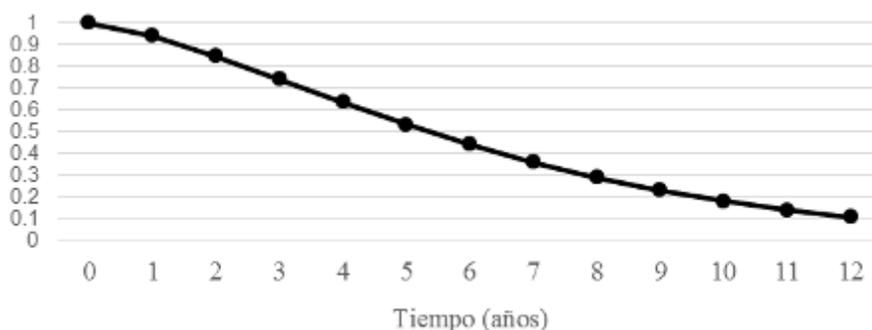


Figura 3. Función de sobrevivencia Weibull (s).

Las principales causas de desecho fueron problemas reproductivos (82.9%), muertes por enfermedad (7.3%), muertes por accidente (4.9%), senilidad (3.3%) y otras causas (1.6%). Estos resultados son similares a los encontrados por Vega et al. (2000), donde la función de riesgo base se incrementó con el tiempo (3.27 ± 0.19). De manera similar, la principal causa de desecho de vacas Brahman fueron los problemas reproductivos (15.4%) y muertes (4.0%). Los niveles de significancia para los efectos considerados en los modelos de número de crías acumulado al destete (NCAD) y peso al destete acumulado (PDA), por edad de la vaca se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Niveles de significancia para los efectos considerados en los modelos de número de crías acumulado al destete (NCAD) y peso al destete acumulado (PDA) de vacas Indubrasil, por edad de la vaca.

Característica	Fuente de Variación	Edad de la vaca							
		4	5	6	7	8	9	10	
NCAD	Año de nacimiento	0.09	0.15	0.28	0.02	0.13	0.02	0.88	
	Época de nacimiento	0.91	0.26	0.30	0.11	0.06	< 0.01	0.25	
	Edad al 1er empadre	0.06	0.03	0.28	0.12	0.03	0.69	0.38	
PDA	Año de nacimiento	0.05	0.06	0.13	< 0.01	0.01	0.01	0.71	
	Época de nacimiento	0.73	0.73	0.72	0.47	0.23	0.02	0.42	
	Edad al 1er empadre	0.08	0.01	0.18	0.17	0.05	0.75	0.44	

El efecto de año de nacimiento fue significativo ($P < 0.05$) a los 7 y 9 años de edad para NCAD y a los 4, 7, 8 y 9 para PDA. La época de nacimiento fue significativa únicamente ($P < 0.05$) a

los 9 años para NCAD y PDA. La covariable edad de la vaca al primer empadre fue significativa a los 4, 5 y 8 años de edad para NCAD y a los 5 y 8 años de edad para PDA.

Las medias de cuadrados mínimos (Figura 4) y errores estándar promedio para NCAD y PDA fueron 1.08 ± 0.24 , 1.82 ± 0.30 , 2.47 ± 0.42 , 3.16 ± 0.51 , 3.93 ± 0.53 , 4.80 ± 0.59 , 5.03 ± 1.01 crías y 191.26 ± 47.66 , 322.02 ± 59.59 , 456.11 ± 82.16 , 576.20 ± 97.90 , 721.63 ± 100.25 , 863.59 ± 117.09 , y 916.58 ± 188.19 kg a los 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 años de edad, respectivamente. El incremento en el NCAD y la PDA fue de 30.6 y 30.2% promedio por año, respectivamente, y fue disminuyendo para ambas características a partir de los 7 años de edad de las vacas.

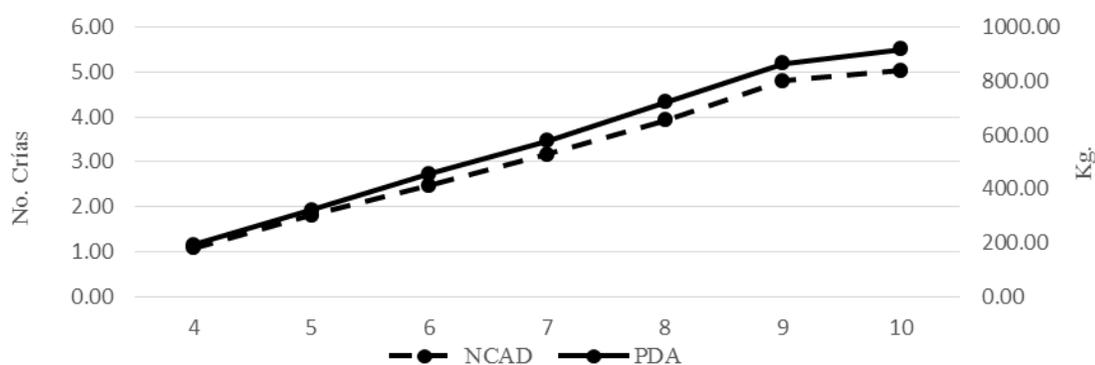


Figura 4. Numero de crías acumulado al destete (NCAD) y peso acumulado al destete (PDA), hasta los diez años de edad de hembras Indubrasil.

Vega (1999), en un estudio con cruza de Angus, Hereford, Brahman, Sahiwal y Tarentaise, en Clay Center, Nebraska, encontró que las cruza de Brahman y Sahiwal a los 4 años de edad tuvieron un NCAD de 2.53 ± 0.09 y 2.65 ± 0.10 crías, y PDA 570.05 ± 18.5 y 556.10 ± 24.10 kg, respectivamente. Estos resultados, bajo condiciones templadas son 42 y 51% mejores para NCAD y PDA a los que se presentan en las zonas tropicales; esto principalmente debido a la edad en que las hembras inician su manejo reproductivo a edades más tardías. Vega et al. (2001) encontraron NCAD menores para los 4 (0.75 crías) y los 10 años de edad (4.5 crías) de vacas Brahman, de manera similar la PAD a los 4 años fue de 10.7 kg y a los 10 años de edad de las vacas de 651.4 kg. En la Figura 5 se presentan las medias de cuadrados mínimos para NACD y PAD, hasta los 10 años de edad de hembras Indubrasil, por época de nacimiento de las vacas. De manera similar a los resultados presentados por Vega et al. (2001), la época de nacimiento no fue una fuente de variación importante para estas características.

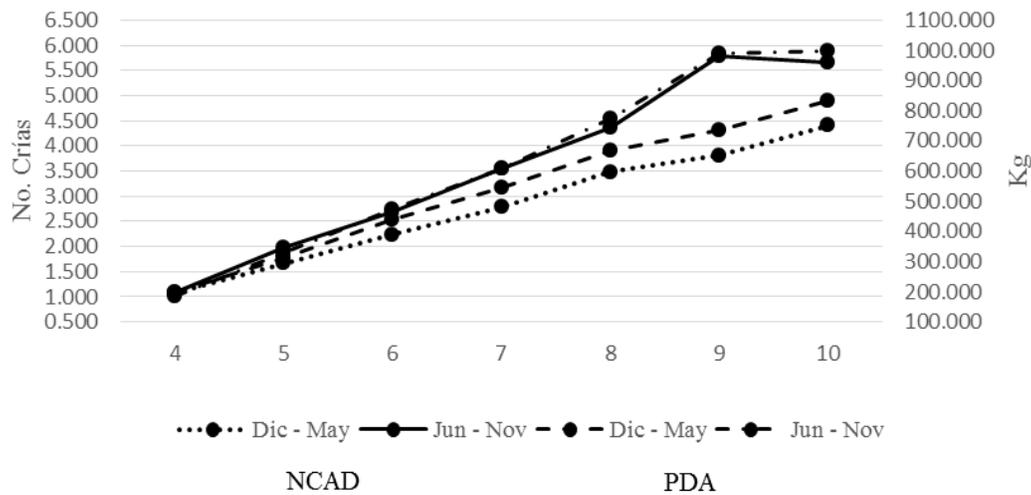


Figura 5. Número de crías acumulado al destete (NCAD) y peso acumulado al destete (PDA), hasta los diez años de hembras Indubrasil, por época de nacimiento a los 10 años.

Conclusiones

Se concluye que la fertilidad y el comportamiento productivo de las vacas Indubrasil dependieron significativamente de la edad. Las tasas de gestación parto y destete, así como los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre presentaron un comportamiento cuadrático, teniendo las vacas su máximo desempeño a los 5 años de edad. La magnitud del parámetro de escala (ρ) indica que la probabilidad de desecho se incrementó con la edad de la vaca. La principal causa de desecho fueron los problemas reproductivos. La evaluación de la producción acumulada de crías destetadas y el peso al destete acumulado hasta los 10 años de edad de las vacas revela que los efectos ambientales de año y época de nacimiento de las vacas son de poca importancia en el comportamiento a través de su vida productiva. Las vacas Indubrasil a los diez años de edad producen en promedio no más de cinco crías con un peso acumulado promedio al destete de 900 kg.

Literatura citada

Lasley, J. F. 1978. Page 429 in Genetics of Livestock Improvement. 3rd ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

Magaña, J. G. y J. C. Segura. 2006. Body weights at weaning and 18 months of Zebu, Brown Swiss, Charolais, and crossbred heifers in south-east Mexico. J. Anim. Breed. Genet. 123:37-43.

- Rendel, J. M. and A. Robertson. 1950. Some aspects of longevity in dairy cows. *Emp. J. Exp. Agric.* 18:49-56.
- Ríos-Utrera, Á., V. D. Hernández-Hernández, E. Villagómez Amezcua-Manjarres y J. P. Zárate-Martínez. 2013. Heredabilidad de características productivas de vacas Indubrasil. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):293-300.
- Snelling, W. M., B. L. Golden and R. M. Bourdon. 1995. Within-Herd analyses of stayability of beef females. *J. Anim. Sci.* 73:993-1001.
- Vega, M. V. E., A. Ríos U. y B. M. Montaña. 2001. Productividad hasta los 11 años de vacas *Bos indicus* y *Bos taurus* x *Bos indicus*. p.148. In: *Memorias de la XXXVII Reunión de Nacional de Investigación Pecuaria*, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Vega, M. V. E., A. Ríos U y B. M. Montaña. 2000. Vida productiva de vacas Brahman y cruza *Bos taurus* x *Bos indicus*. p. 140. In: *Memorias de la XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Sonora 2000.
- Vega, M. V. E. 1999. Herd life, stayability and lifetime production in beef cattle. Ph.D. Dissertation. University of Nebraska-Lincoln.
- Wang, T., R. I. Fernando and D. S. Kachman. 2001. MATVEC user's guide.
- Zárate-Martínez, J. P., V. D. Hernández-Hernández, J. C. Vinay-Vadillo, J. A. S. Villagómez-Cortés and Á. Ríos-Utrera. 2013. Effect of environmental factors from birth to the onset of reproductive function and management in Indo-Brazilian heifers. *Int. J. Anim. Vet. Adv.* 5(2):61-66.

EL HUEVO CRIOLLO FÉRTIL: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL

A. Vélez-Barraza¹⁹⁴, M.A. Camacho-Escobar^{195*}, M.P. Jerez-Salas¹⁹⁶, J.C. García-López¹⁹⁷, N.Y. Ávila-Serrano¹⁹⁵, E.I. Sánchez-Bernal¹⁹⁵, S.J. López-Garrido¹⁹⁵, M.M. Galicia-Jiménez¹⁹⁵ y J. Arroyo-Ledezma¹⁹⁵

Resumen

Los criterios de selección de huevo incubable, aparentemente no son adecuados para la producción de aves criollas, debido a la diversidad de tamaños que presentan estas aves y sus huevos. El objetivo del estudio fue conocer las variables físicas y de incubación del huevo fértil criollo, y determinar si los criterios de selección de huevo comercial le son aplicables. Una muestra de 1,002 huevos de gallinas criollas se evaluó: peso, eje longitudinal, diámetro de la cámara de aire, eje transversal y diámetro del polo angosto. Los huevos fueron agrupados por tamaños chicos, medianos y grandes. Se incubaron a condiciones comerciales. Entre los días 5 a 9 y al 18 de incubación, se realizó ovoscopia, para identificar mortalidad embrionaria. Los huevos separados en las ovoscopías, así como los no eclosionados, se elaboraron embriodiagnósticos. Las variables de incubación evaluadas fueron: incubabilidad, mortalidad (temprana, intermedia, tardía y total) y fertilidad. Para las variables físicas se realizó un análisis de varianza utilizando un diseño completamente al azar con tres tratamientos y se compararon las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey. Las variables de incubación, se reportaron como variables discontinuas, por lo que se utilizó el análisis de Chi-cuadrada. Se presentaron diferencias significativas en peso, largo y ecuador en huevos chicos, medianos y grandes. Respecto a la fertilidad, no se encontraron diferencias entre tamaños de huevo. En la mortalidad se encontraron diferencias significativas entre los huevos grandes y chicos. La menor mortalidad total ($P < 0.05$) la presentó el huevo grande. La eclosión fue menor ($P < 0.05$) en el huevo chico. Los huevos de gallinas criollas tienen mayor variabilidad en tamaño y peso que los de gallinas comerciales; por ello, no son adecuados los criterios de selección para incubar huevo fértil, que actualmente se aplican al huevo de líneas comerciales.

Palabras clave: Avicultura de traspatio, mortalidad embrionaria, variables físicas del huevo

¹⁹⁴ Licenciatura en Zootecnia, Universidad del Mar Campus Puerto Escondido.

¹⁹⁵ Cuerpo Académico Ciencias Agropecuarias, Universidad del Mar Campus Puerto Escondido.

¹⁹⁶ Instituto Tecnológico Valle de Oaxaca.

¹⁹⁷ Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Introducción

La avicultura tradicional es una constante cultural productiva, presente en la mayoría de las localidades rurales de Oaxaca; ésta fortalece la economía de las familias campesinas e indígenas, proporcionándoles acceso a alimentos de alto valor nutricional como carne, huevo, y en ocasiones produce excedentes que pueden ser destinados para la venta y así satisfacer otras necesidades (Vázquez, 1999). Las aves de traspatio contribuyen a la seguridad alimentaria de las familias campesinas e indígenas que las poseen, y diversifican las entradas económicas familiares. Los ingresos adicionales son usados por los productores, para abastecerse de bienes que no producen (por ejemplo, sal y aceite), y como ahorro para casos de emergencias (Villanueva et al., 2015).

La importancia zootécnica de la gallina criolla radica en producir, pollos para el reemplazo de la parvada, para autoconsumo o consumo local, o bien, la producción de aves ornamentales para sus propietarios (Durán y Perucho, 2014). Desde el punto de vista productivo, un aspecto importante para lograr una adecuada producción de aves es la incubación, la cual ayuda a la reproducción de la especie de una manera más eficiente. La incubación del huevo fértil es importante, tanto para los propietarios de parvadas pequeñas, grandes parvadas comerciales, así como para comerciantes de aves de reemplazo y reproductoras (Martínez, 2014).

Aunque el tamaño del huevo varía según la raza y edad de la gallina, se ha establecido que, para incubación artificial, el rango de peso adecuado para incubar huevos fértiles debe ser entre 52 a 66 g (Sánchez, 1999). Huevos más pequeños o más grandes no son convenientes, en condiciones normales de incubación y, por lo tanto, se consideran no incubables (Vaca, 2003). Sin embargo, una característica inherente a las gallinas criollas, es su variabilidad (Camacho-Escobar et al., 2014), por lo que el tamaño de la gallina adulta es variable, y consecuentemente el tamaño de sus huevos también lo son. Para obtener la mayor incubabilidad del huevo fértil, es necesario controlar factores físicos y ambientales como: manejo adecuado de las reproductoras, del huevo como frecuencia de recolección, selección rigurosa por calidad de cascarón y tamaño; debido a que estas variables repercuten en la calidad del pollito (Martínez, 2014). Sin embargo, como en condiciones normales los huevos fértiles de gallinas criollas no son incubados artificialmente, cuando se pretende hacerlo, los huevos incubables de las gallinas criollas son de tamaño tan variable, como lo son los diferentes fenotipos de estas aves (Camacho-Escobar et al., 2014), situación que dificulta su uso en incubación artificial. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar las características físicas del huevo incubable criollo y evaluar las características de incubación.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Genética de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, se obtuvieron 1,002 huevos de gallinas criollas provenientes de traspatio de la región costa de Oaxaca. La edad de las gallinas, conformación física, fenotipo, alimentación, tipo de manejo al que eran sometidas, así como estado sanitario y de salud, no fue considerada al momento de obtener los huevos para el presente estudio.

El material colectado se desinfectó con una solución comercial de hipoclorito de sodio al 5%, y con toallas desecantes de papel limpias. Los huevos al ser desinfectados se colocaban en charolas casilleras de plástico desechables y desinfectadas previamente. Para registrar el peso de los huevos, se utilizó una balanza analítica marca ADAM® que tiene capacidad de 250 g y una sensibilidad de 0.0001 g. Para las dimensiones del huevo, se utilizó un calibrador Vernier digital de la marca Stainless Hardened® con capacidad de 55 cm y sensibilidad de 0.01 mm. Las variables físicas del huevo que se evaluaron fueron: peso, largo (eje longitudinal), diámetro de la cámara de aire, diámetro del ecuador (eje transversal) y diámetro del polo angosto.

Los huevos fueron agrupados bajo el criterio de tamaños chicos, medianos y grandes tomando en cuenta los intervalos considerados en la Norma Oficial Mexicana-FF-079-1991.

La incubación se realizó en una maquina incubadora automática marca COF® para 120 huevos, nacedora incluida para 100 huevos, volteo y control de temperatura automáticos, sin control automático de la humedad. El área de incubación cuenta con ambiente controlado a 18°C, en esta área se almacenaban los huevos antes de meterse a incubar. Previo al inicio de la incubación, 24 h antes, la incubadora se desinfectaba con una solución de hipoclorito de sodio al 5%.

Al menos tres horas antes de comenzar la incubación, se encendió la incubadora, con la finalidad de que alcanzara una temperatura fija de 37.7°C y humedad ambiental promedio de 55%. Entre los 5 a 9 d de incubación se realizó la primera ovoscopia con la finalidad de retirar los huevos infértiles y la mortalidad temprana, al día 18 de incubación, al momento de transferir los huevos a la nacedora, se realizó otra ovoscopia, para identificar la mortalidad intermedia y evitar que algún huevo contaminado explotara dentro de la incubadora.

Los huevos separados en las dos ovoscopías realizadas durante la incubación, así como los huevos no eclosionados; se mantuvieron en refrigeración identificados con la fecha de inicio y final de la incubación, posteriormente fueron abiertos y se elaboró un embriodiagnóstico que dio pautas presuntivas de las causas de la mortalidad embrionaria en sus diferentes etapas de desarrollo. Se estimó la edad de muerte del embrión, según su desarrollo y se estableció la posible causa de la muerte del embrión (Soares, 2008; Juárez, 2012). Las variables de

incubación del huevo que se evaluaron fueron: incubabilidad (eclosión), mortalidad (temprana, intermedia, tardía y total), fertilidad e infertilidad.

Para las variables físicas se realizó un análisis de varianza por el procedimiento de GLM del paquete estadístico SAS 9.0 para Windows (SAS Institute, 2006), utilizando un diseño completamente al azar con tres tratamientos (tamaño de huevo). Posteriormente, se compararon las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey considerando diferencias $P < 0.05$ como significativas y $P < 0.01$ como altamente significativas estadísticamente. En el caso de las variables de incubación, los datos se reportaron como porcentaje (variables discontinuas), por lo que se utilizó el análisis de Chi-cuadrada utilizando el paquete estadístico SAS 9.0 (SAS Institute, 2006).

Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta los resultados obtenidos de las variables físicas del huevo criollo fértil.

Cuadro 1. Medias de las variables físicas de huevo fértil de diferente tamaño, provenientes de gallinas criollas de la Costa de Oaxaca, México.

	Chico	Mediano	Grande	Promedio
Observaciones (N)	296	504	202	1002
Peso (g)	46.09 ^a	54.59 ^b	63.79 ^c	53.93
Largo (mm)	53.06 ^a	56.15 ^b	59.07 ^c	55.82
Cámara de aire (mm)	27.24 ^a	27.60 ^a	26.81 ^a	27.33
Ecuador (mm)	39.62 ^a	41.74 ^b	43.86 ^c	41.54
Polo angosto (mm)	25.07 ^b	25.16 ^b	23.51 ^a	24.80
Índice Morfológico	74.67 ^a	74.34 ^a	74.25 ^a	74.42 ^a

^{a,b,c}Diferente literal en la misma línea significa que las medias son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Como era de esperarse se presentaron diferencias significativas en peso, largo y ecuador en huevos chicos, medianos y grandes ($P < 0.05$); sin embargo, no lo hubo en el diámetro de la cámara de aire. Los huevos grandes tuvieron menor ($P < 0.05$) diámetro del polo angosto, respecto a los otros tamaños. A pesar de la variabilidad en el tamaño de las aves criollas (Camacho-Escobar et al., 2014) el peso y dimensiones promedio del huevo de gallinas criollas de la costa de Oaxaca, están dentro de los parámetros normales para huevo fértil incubable, e incluso por arriba de lo reportado por algunos autores como Juárez-Caratachea y Ochoa (1995) y Juárez-Caratachea et al. (2010) quienes reportan pesos promedio entre 48.5 g y 50.7 g; sin embargo, otros autores reportan pesos similares e incluso mayores en un rango de 53.3 a 55.5 g (Juárez-Caratachea et al., 2008; Jerez, 2011).

En el lote de huevos estudiados, se presentó variabilidad en tamaño y peso; se identificaron diferencias de peso promedio de más de 17 g entre huevos grandes y chicos; así como 6 cm de diferencia entre el promedio de largo en los huevos grandes, respecto al promedio de largo en los huevos chicos.

Las variables de incubación, obtenidas con huevos criollos fértiles, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje de fertilidad, mortalidad embrionaria y eclosión en huevo fértil de diferentes tamaños de gallinas criollas de la costa Oaxaqueña.

	Chico	Mediano	Grande	Promedio
Observaciones (n)	296	504	202	1002
Huevo fértil (n)	216	400	158	774
Huevo infértil (n)	80	104	44	228
Huevo fértil ¹ (%)	72.97 ^a	79.37 ^a	78.22 ^a	77.25
Mortalidad temprana ² (%)	19.91 ^b	14.25 ^{ab}	6.96 ^a	14.34
Mortalidad intermedia ² (%)	3.24 ^a	2.25 ^a	1.27 ^a	2.33
Mortalidad tardía ² (%)	8.33 ^a	9.00 ^a	10.13 ^a	9.04
Mortalidad total ² (%)	31.48 ^c	25.5 ^b	18.35 ^a	25.71
Eclosión ² (%)	68.52 ^a	74.50 ^b	81.65 ^b	74.29

¹ Calculado a partir del número total de huevos de cada tratamiento.

² Calculado a partir del número de huevos fértiles de cada tratamiento.

^{a,b,c} Diferente literal en la misma línea significa que las medias son estadísticamente diferentes (P<0.01).

Respecto a la fertilidad, no se encontraron diferencias estadísticas (P<0.05) entre tamaños de huevo. Con relación a la mortalidad se encontraron diferencias significativas entre los huevos grandes y chicos, teniendo menor mortalidad temprana los huevos grandes (P<0.05). En la mortalidad intermedia y tardía, no se encontraron diferencias entre los tres tamaños de huevo (P<0.05). La menor mortalidad total (P<0.05) de los tres tamaños de huevo la presentó el huevo grande; sin embargo, el huevo mediano tuvo menor mortalidad total que el huevo pequeño, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

La eclosión fue estadísticamente menor (P<0.05) en el huevo chico, con respecto a los otros dos tamaños de huevo. Considerando que se trata de huevo fértil de gallina criolla, los parámetros productivos son adecuados a los que señalan otros autores. Juárez-Caratachea et al. (2008) reportan que la eclosión puede ser muy variable desde cero hasta 90%. La fertilidad del huevo de gallina criolla es 60.6% (Campos et al., 2010), empero Juárez-Caratachea et al. (2008) reportan que la fertilidad puede variar entre 60% y 70%. Juárez-Caratachea et al. (2008) proporciona la siguiente información sobre huevo criollo incubable: tamaño de la nidada 9 a 15 huevos, pollitos eclosionados 7 a 8, huevos con mortalidad

embrionaria 19.5%, huevos infértiles 11.4%, huevos contaminados 1.8%, huevos con el vitelo roto 4.5%, huevos picados no eclosionados 5.7% y peso promedio del pollito a la eclosión 36 g. En los huevos provenientes de gallinas criollas de la costa de Oaxaca se presentan mejores promedios respecto a los resultados obtenidos por otros autores, posiblemente se deba a que no se hizo una clasificación por tamaño y peso de los huevos a incubar, lo que fue benéfico para los parámetros reproductivos promedio del lote.

Conclusiones

Los huevos de gallinas criollas tienen mayor variabilidad en tamaño y peso que los de gallinas comerciales; por ello, no son adecuados los criterios de selección para incubar huevo fértil, basados en el tamaño y peso que actualmente se aplican al huevo de líneas comerciales, porque se pueden estar eliminando huevos que son completamente viables para incubación.

Literatura citada

Camacho-Escobar, M. A., M. P. Jerez-Salas, L. Rojas-Bautista y A. Vélez-Barradas. 2014. Manejo reproductivo de aves de traspatio y producción de huevo fértil en guajolotes nativos. Memorias del III Simposio Internacional Avicultura de Traspatio 2014: Una alternativa para mejorar el estado de salud y nutrición de la población [en CD]. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México, D. F., del 9-10 de octubre, p. 1-22.

Campos, T., R. Galindez y V. de Basilio. 2010. Efecto de la relación de apareamiento sobre la producción, fertilidad y calidad interna de huevos de la línea de gallinas ponedoras GDBUCV. Rev. Fac. Agron. (UCV) 36(1):34-41.

Durán, L. M. y Y. Perucho G. 2014. Caracterización fenotípica de las gallinas criollas de la provincia de Ocaña en los municipios de Cachira, Villacaro, La Esperanza, El Carmen y Gonzáles. Tesis para la obtención de título de Tecnólogo en Producción Agropecuaria. Universidad Francisco de Paula.

Jerez, S. M. P. 2011. La gallina criolla en los valles centrales de Oaxaca. Memorias del II Foro Internacional Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria [En CD]. Chapingo, Texcoco, Edo. De México, 6-8 abril.

Juárez, E., M. A. 2012. Embriodiagnóstico: Evaluación Causística del Fracaso en el Desarrollo Embrionario. Los Avicultores y su Entorno 15(84):88-98.

Juárez-Caratachea, A. y M. P. Ochoa S. 1995. Rasgos de producción de huevo y calidad de cáscara en gallinas criollas de cuello desnudo, en clima tropical. Archivos de Zootecnia 44:79-84.

Juárez-Caratachea, A., E. Gutiérrez-Vázquez, J. Segura-Correa y R. Santos-Ricalde. 2010. Calidad del huevo de gallinas criollas criadas en traspatio en Michoacán, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 12:109-115.

Juárez-Caratachea, A., R. Ortiz-Rodríguez, R. E. Pérez-Sánchez, E. Gutiérrez-Vazquez y D. Val Arreola. 2008. Caracterización y modelación del sistema de producción avícola familiar. Livestock Research for Rural Development. Volume 20, Article #25. Retrieved May 23, 2014 from <http://www.lrrd.org/lrrd20/2/juar20025.htm>

Martínez, A. P. del R. 2014. Evaluación de la incubabilidad de huevos de gallinas criollas en sistemas de producción semi intensivo y alternativo. Tesis en Ingeniería Agronómica, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.

Sánchez, Di P. R. G. 1999. Efecto de la reducción del peso corporal sobre la productividad y características del huevo fértil en reproductoras pesadas. Proyecto para obtener el grado de Ingeniero agrónomo. Zamorano Honduras.

SAS Institute Inc. 2006. Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide, Second Edition, Volumes 1, 2, 3, and 4. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Soares, R. 2008. Diagnóstico embrionario, una importante herramienta de ayuda en la planta de incubación. Consultado el 8 de junio de 2017. Disponible en línea en: <http://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2008/4/3839-diagnostico-embrionario-una-importante-herramienta-de-ayuda-en-la-planta-de-incubacion.pdf>

Vaca, A. L. 2003. Producción Avícola. Ed. Universidad Estatal a Distancia, 260 pp.

Vásquez, D. M. A. 1999. Aplicación de la escuela Xolocotziana al mejoramiento de la avicultura tradicional en Oaxaca. Disponible en: http://www.academia.edu/6805901/VASQUEZDAVILA_1999_Aplicaci%C3%B3n_de_la_escuela_xolocotziana_al_mejoramiento_de_la_avicultura_tradicional_en_Oaxaca.

Villanueva, C., A. Oliva., A. Torres., M. Rosales., C. Moscoso y E. González. 2015. Manual de producción y manejo de aves de patio. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA PRODUCTIVIDAD DE CERDAS SOMETIDAS A UNA DIETA ADICIONADA CON NOPAL EN LACTANCIA

Rosa Elena Pérez Sánchez^{198*}, Gerardo Ordaz Ochoa¹⁹⁹, Aureliano Juárez Caratachea¹⁹⁹ y Ruy Ortiz Rodríguez²⁰⁰

Resumen

Se determinó la productividad, costos de producción y costo-beneficio de dos esquemas de alimentación (EA) de cerdas lactantes: 1) alimentación convencional (EAC) y, 2) alimentación convencional más nopal (EAN). Se evaluaron 119 partos de cerdas híbridas (Yorkshire x Landrace x Pietrain): 58 partos de cerdas sometidas al EAC y 61 partos de cerdas bajo el EAN, el número de partos fue con un inventario de 17 cerdas EA⁻¹. Se evaluó: consumo de alimento diario (CA^{d-1}), pérdida de peso corporal (PPC), intervalo destete-estro (IDE), porcentaje de servicios repetidos (PSR), días no productivos (DNP) y productividad: tamaño de camada (TC), lechones nacidos vivos (LNV) y lechones destetados (LD). El análisis estadístico se realizó mediante los Modelos de efectos fijos y la evaluación económica fue bajo la metodología del análisis costo-beneficio. Se encontró efecto ($P < 0.001$) de EA, sobre las variables analizadas. El CA^{d-1} fue mayor en las cerdas del EAN ($5.3 \pm 0.08 \text{ kgd}^{-1}$) con respecto al EAC: $4.7 \pm 0.06 \text{ kgd}^{-1}$ ($P < 0.05$). La mayor PPC fue para el EAC (11.7%) ($P < 0.05$). Las cerdas del EAN mostraron menor ($P < 0.05$) IDS (6.0 días), PSR (12.4%) y DNP (36.0 días) y mayor TC ($P < 0.05$): 11.2 vs 9.8 lechones del EAC. El costo de producción lechón⁻¹ destetado fue de: \$532.29^{MN} para el EAN y \$583.27^{MN} para EAC. La ganancia por lechón⁻¹ vendido fue de \$213.98^{MN} y \$166.73^{MN} para EAN y EAC, respectivamente. El consumo de nopal propició mayor CA^{d-1}, lo cual se reflejó en la reducción del IDE, PSR y DNP e incrementó TC. Los resultados obtenidos sugieren que la implementación del EAN es económicamente más redituable debido al menor costo de producción por LD⁻¹.

Palabras clave: Opuntia, lechón, rentabilidad

¹⁹⁸Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. rosa_elenap@yahoo.com

¹⁹⁹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.

²⁰⁰Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.

Introducción

El objetivo de cualquier actividad pecuaria es minimizar los costos de producción para maximizar los ingresos obtenidos por unidad producida (FAO, 2016); para ello, es esencial determinar que indicadores inciden en mayor grado para lograr el mínimo costo de producción (Sorensen et al., 2006). Dentro de los sistemas de producción porcina, el indicador contribuye con mayor grado sobre el costo por kilogramo de cerdo producido es el costo de producción del lechón al destete ($R^2=0.31$) (Santomá y Pontes, 2011). Por ello, es importante desarrollar estrategias que minimicen el costo de este indicador para garantizar mayor rentabilidad (Boulot et al., 2013). Entre las estrategias que se han implementado se encuentra maximizar el consumo de alimento de las cerdas durante la lactancia. Puesto que, un déficit en el consumo de alimento en dicha fase propicia pérdida de condición corporal (Murillo et al., 2013), misma que se asocia de manera negativa con la eficiencia productiva de la cerda y su camada, en: 1) menor peso de los lechones al destete y su posterior relación con el incremento de los días para obtener el peso a sacrificio y, 2) menor número de lechones destetados cerda⁻¹ (Yoder et al., 2012) repercutiendo de esta manera en mayores costos de producción para el sistema (Bobadilla et al., 2013). Se ha observado, que la fibra dietética de algunos alimentos incluido el nopal (*Opuntia* spp.) favorece el consumo de alimento al reducir los niveles de glucosa sanguínea en dicha fase (Ordaz et al., 2017). Por lo que, el consumo de nopal podría incrementar el consumo de alimento de las cerdas lactantes, mejorar la productividad de la cerda y de esta manera podría incidir de manera positiva sobre la rentabilidad del sistema. Por ello, el objetivo fue, evaluar la productividad de cerdas alimentadas con una dieta complementada con nopal (*Opuntia ficus-indica*) durante la fase de lactancia y con los datos obtenidos realizar un análisis costo-beneficio de dicha productividad.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Sector Porcino de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (FMVZ-UMSNH), ubicada en el km 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro, Michoacán, México. Para el análisis productivo, costos de producción y costo-beneficio lechon⁻¹ destetado se evaluaron 119 partos provenientes de 34 cerdas (17 cerdas EA⁻¹) híbridas (Yorkshire x Landrace x Pietrain) en un periodo de 24 meses. Las cerdas fueron servidas por monta natural con sementales híbridos (Yorkshire x Pietrain). Durante la gestación, las cerdas permanecieron en corral durante 108 días, en

dicho periodo, las cerdas fueron alimentadas con 2.0 kg día (d^{-1}) de alimento comercial (Cuadro 1) durante los primeros dos tercios de gestación, el último tercio, se les suministró 2.5 kg d^{-1} , dividido en dos porciones: 8:00 y 14:00 h. El suministro de agua fue a ad libitum a través de bebedero automático.

Cuadro 1. Composición nutricional de las dietas.

Indicador	Dieta gestación	Dieta lactancia	
		Grupo control	Grupo experimental ^a
Energía Metabolizable, Mcal kg^{-1} ^b	3.3	3.3	3.3
Proteína cruda, %	12.5	17.5	17.3
Grasa cruda, %	3.7	4.5	4.4
Fibra, %	3.1	4.3	4.7
Humedad, %	12.0	12.0	12.8
Cenizas, %	10.0	10.0	10.9
Calcio, % ^b	0.75	0.75	0.76
Fosforo, % ^b	0.60	0.60	0.59
Lisina, % ^b	0.52	0.95	0.94
Met-Cist, % ^b	0.43	0.59	0.59

^a Para determinar la composición nutrimental de la dieta con nopal, se adiciono 1% de nopal a la muestra de alimento comercial previo análisis bromatológico.

^b Concentración química calculada usando los valores de la NRC (1998).

Una semana previa a la fecha probable de parto, las cerdas fueron seleccionadas al azar para conformar cada uno de los esquemas de alimentación (EA) establecidos en el diseño experimental: 1) esquema de alimentación convencional (EAC) y, 2) esquema de alimentación convencional más adición de nopal (EAN). En el EAC se evaluaron 58 partos provenientes de 17 cerdas; mientras que, en el EAN se monitorearon 61 partos provenientes de 17 cerdas. Durante los 21 días de lactancia, las cerdas fueron alimentadas ad libitum con una dieta convencional (Tabla 1). La única variante en la alimentación fue la adición de nopal (*O. ficus-indica*) en base fresca (BF) al EAN (Tabla 1): alimento comercial más 1% de nopal (de acuerdo al peso corporal de la cerda preparto). Debido a la variedad de nopal (carece de espinas), para su suministro, los cladodios únicamente fueron fragmentados en trozos de 3x2 cm aproximadamente y adicionado a las 8:00 h en conjunto con la ración de alimento correspondiente. Las variables evaluadas cerda⁻¹ EA⁻¹ fueron: 1) Consumo de alimento diario (CA d^{-1}); 2) Pérdida de peso corporal (PPC); 3) Intervalo destete-estro (IDE); 4) Días no productivos (DNP); 5) Porcentaje de servicios repetidos (PSR) y 6) Productividad: tamaño de camada (TC), lechones nacidos vivos (NV) y lechones destetados (LD). Con la información recabada se elaboró una base de datos para su análisis estadístico. Para ello se utilizó la metodología de los efectos fijos (MIXED) (Littell et al., 1998). Los datos de CA d^{-1} de las

cerdas se analizaron usando ANOVA para medidas repetidas, con cerda como el objeto del efecto aleatorio de tiempo (días de lactancia) y, como efectos fijos: EA, número de parto y la anidación número de parto dentro de EA. La PPC, IDE, PSR, DNP, TC, NV y LD se estimaron utilizando EA, número de parto y la anidación número de parto dentro de EA. Las diferencias entre las medias fueron mediante el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans) con un $\alpha=0.05$. Para el desarrollo del análisis económico, se utilizó la información contable de las variables previamente descritas de ambos EA (EAC y EAN), mismas que se analizó mediante la metodología propuesta por Rouco y Muñoz (2006), modificada por Bobadilla et al. (2013).

Resultados

Comportamiento productivo y reproductivo de las cerdas

Se encontró efecto de EA ($P<0.001$), número de parto ($P<0.001$) y de la anidación número de parto dentro de EA ($P<0.001$) sobre el consumo de alimento promedio diario (CAd^{-1}). El CAd^{-1} fue mayor en las cerdas que consumieron la dieta que contenía nopal (5.3 ± 0.08 kg d^{-1}) respecto a las cerdas alimentadas convencionalmente: 4.7 ± 0.06 kg d^{-1} ($P<0.05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados para indicadores productivos y reproductivos de las cerdas de acuerdo al esquema de alimentación.

Variable	Media general	
	EAC	EAN
Consumo de alimento (CA), kg	$4.7^{1}\pm 0.06$	$5.3^{2}\pm 0.08$
Consumo de nopal (CN) BF, kg	--	1.7 ± 0.02
Consumo de nopal (CN) BS, kg	--	0.20 ± 0.01
Peso preparto (PPP), kg	$213.2^{1}\pm 6.1$	$207.2^{1}\pm 6.1$
peso post-destete (PPD), kg	$187.0^{1}\pm 0.9$	$192.6^{2}\pm 1.0$
pérdida de peso corporal (PPC), %	11.7 ± 0.21	6.0 ± 0.22
Intervalo destete-estro (IDE), días	$6.0^{1}\pm 0.05$	$5.1^{2}\pm 0.05$
Porcentaje de servicios repetidos (PSR), %	$17.1^{1}\pm 0.10$	$12.4^{2}\pm 0.13$
Días no productivos (DNP)	$50.0^{1}\pm 2.21$	$36.0^{2}\pm 2.18$
Tamaño de camada (TC)	$9.8^{1}\pm 0.10$	$11.2^{2}\pm 0.13$
Lechones nacidos vivos (LNV)	$9.1^{1}\pm 0.12$	$10.2^{2}\pm 0.12$
lechones destetados (LD)	$8.2^{1}\pm 0.14$	$9.5^{2}\pm 0.13$

EAC=esquema de alimentación convencional; EAN=esquema de alimentación adicionado con nopal; BF=base fresca; BS=base seca.

^{1,2} Numerales diferentes indican diferencia estadística ($P<0.05$) para media general entre EAC y EAN.

De acuerdo al efecto de número de parto, las cerdas alimentadas con el EAN no presentaron diferencias en el CA^{d-1} ($P>0.05$); mientras que, las cerdas alimentadas convencionalmente sí presentaron diferencia en el CA^{d-1} de acuerdo al número de parto ($P<0.05$), siendo las hembras de 1^{er} parto las que consumieron menos alimento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados para indicadores productivos y reproductivos de acuerdo al esquema de alimentación y numero de parto de las cerdas.

	Parto 1		Parto 2		Parto 3		Parto 4	
	EAC	EAN	EAC	EAN	EAC	EAN	EAC	EAN
CA, kg	3.7 ^a ±0.10	5.1 ^b ±0.15	4.7 ^c ±0.14	5.2 ^b ±0.11	4.3 ^d ±0.13	5.3 ^b ±0.11	4.8 ^e ±0.15	5.5 ^b ±0.13
CN BF, kg	--	1.3 ^a ±0.05	--	1.7 ^b ±0.04	--	1.8 ^{bc} ±0.04	--	1.9 ^c ±0.05
CN BS, kg	--	0.15 ^a ±0.01	--	0.20 ^b ±0.01	--	0.21 ^{bc} ±0.01	--	0.24 ^c ±0.01
PPP, kg	175.9 ^a ±6.2	189.5 ^a ±6.2	201.9 ^b ±6.2	195.3 ^b ±6.2	238.7 ^c ±6.1	211.1 ^d ±6.2	236.2 ^c ±6.2	232.9 ^c ±6.2
PPD, kg	157.8 ^a ±1.5	168.7 ^b ±2.2	166.1 ^b ±2.1	197.5 ^c ±1.7	210.5 ^c ±2.0	205.3 ^c ±1.7	213.6 ^d ±2.0	220.7 ^e ±2.4
PPC, %	11.3±0.33	6.5±0.39	12.0±0.46	5.2±0.38	13.8±0.44	4.9±0.37	9.8±0.44	7.4±0.49
IDE, días	6.4 ^a ±0.08	4.8 ^b ±0.12	7.2 ^c ±0.11	5.0 ^b ±0.10	5.5 ^d ±0.12	5.7 ^{de} ±0.09	4.8 ^b ±0.11	5.1 ^b ±0.13
PSR, %	15.2 ^a ±0.21	12.3 ^b ±0.24	13.4 ^b ±0.19	12.9 ^b ±0.21	16.7 ^a ±0.20	13.5 ^b ±0.24	10.2 ^c ±0.19	9.1 ^c ±0.22
DNP	48.4 ^a ±3.31	35.9 ^{bc} ±2.9	46.9 ^a ±3.19	36.4 ^b ±3.21	49.6 ^a ±3.32	39.8 ^b ±2.87	44.4 ^b ±2.43	33.4 ^c ±2.65
TC	8.6 ^a ±0.19	8.3 ^a ±0.20	8.7 ^b ±0.18	10.0 ^c ±0.35	9.8 ^c ±0.17	11.0 ^d ±0.24	8.8 ^b ±0.21	11.5 ^{de} ±0.17
LNV	7.6 ^a ±0.21	7.3 ^a ±0.22	8.4 ^b ±0.16	10.0 ^c ±0.19	8.8 ^b ±0.16	10.0 ^c ±0.21	8.5 ^b ±0.19	10.5 ^c ±0.16
LD	6.6 ^a ±0.23	6.8 ^a ±0.22	7.4 ^b ±0.15	9.8 ^c ±0.20	7.8 ^b ±0.15	9.0 ^d ±0.21	7.4 ^b ±0.18	9.5 ^c ±0.15

EAC=esquema de alimentación convencional; EAN=esquema de alimentación adicionado con nopal; CA=consumo de alimento; CN=consumo de nopal; BF=base fresca; BS=base seca; PPP=peso preparto; PPD=peso post-destete; PPC=pérdida de peso corporal; IDE=intervalo destete-estro; PSR=porcentaje de servicios repetidos; DNP=días no productivos; TC=tamaño de camada; LNV=lechones nacidos vivos; LD=lechones destetados.

^{1,2} Numerales diferentes indican diferencia estadística ($P<0.05$) para media general entre EAC y EAN.

^{a,b,...,f} Literales diferentes indican diferencia estadística ($P<0.05$) dentro de fila.

En relación al efecto del EA ($P<0.001$) sobre la PPC, los resultados determinaron mayor PPC (11.7%) en las cerdas alimentadas convencionalmente, respecto a las cerdas que consumieron nopal ($P<0.05$) (Cuadro 1). La anidación número de parto dentro de EA estableció que, independientemente del número de parto, la PPC fue menor ($P<0.05$) en las cerdas del EAN en cada parto evaluado (Cuadro 3). Para el IDE, PSR y DNP se encontró efecto de EA ($P<0.001$), número de parto ($P<0.001$) y de la anidación número de parto dentro de EA ($P<0.001$). Las diferencias entre EA determinaron que, las cerdas que consumieron nopal durante la lactancia presentaron menor IDE (5.1±0.05 días) con respecto a las cerdas alimentadas convencionalmente ($P<0.05$) (Cuadro 2). De acuerdo a la anidación número de parto dentro de EA, las cerdas de 2^{do} parto del EAC mostraron el IDE mayor ($P<0.05$) en

comparación con al resto de los partos evaluados (Cuadro 2). Mientras que, en el EAN el IDE de acuerdo al número de parto fue constante (Cuadro 3). Con respecto al PSR y DNP dichos indicadores presentaron el mismo comportamiento que el IDE, siendo mayores en el EAC (Tabla 1). La anidación número de parto dentro de EA determino que ambos indicadores fueron menores ($P < 0.05$) en el EAN en cada uno de los partos analizados (Cuadro 3).

De acuerdo al comportamiento productivo (TC, LNV y LD) de las cerdas se encontró efecto de EA ($P < 0.001$), número de parto ($P < 0.001$) y de la anidación número de parto dentro de EA ($P < 0.001$) para los tres indicadores (Cuadros 2 y 3). El mayor TC fue para las cerdas que provenían del EAN (11.2 ± 0.13 lechones) en comparación a las cerdas provenientes de un EAC: 9.8 ± 0.10 lechones ($P < 0.05$) (Cuadro 2). Respecto a los promedios de la anidación número de parto dentro de EA, únicamente las cerdas de 1^{er} parto se comportaron estadísticamente igual ($P > 0.05$) entre ambos EA analizados (Cuadro 3); puesto que, para los partos subsiguientes, las cerdas que provenían del EAN presentaron mayor TC ($P < 0.05$) (Cuadro 2). El comportamiento de LNV y LD fue igual al que presento el TC, siendo las cerdas que provenían del EAN las que presentaron mejor comportamiento en ambos indicadores ($P < 0.05$; Cuadro 3).

Análisis económico de acuerdo a la productividad expresada en número de lechones destetados

De acuerdo al análisis económico de cada EA y su productividad, expresada en LD cerda⁻¹ año⁻¹, se encontró que, el EAN mejoro el comportamiento productivo (LD cerda⁻¹ año⁻¹) de las cerdas en el parto subsiguiente, ello en contraste a las cerdas alimentadas convencionalmente (EAC) (Cuadro 3); lo cual originó mayor producción de LD totales año⁻¹ en el sistema que se implementó el EAC (355.3 lechones) con respecto al EAC (306.7 lechones) independientemente de que ambos sistemas contaban con una piara reproductiva de 17 cerdas en producción.

Referente a los costos de producción obtenidos para cada EA, la alimentación representó la mayor inversión de los costos de producción en ambos esquemas, siendo de 73.97% (\$114,227.10^{MN}) para el sistema que implemento el EAN, mientras que, para el sistema en el cual se implementó el EAC fue de 74.42% (\$104,429.44^{MN}). Los valores de amortización cerda⁻¹ fueron de: \$1,651.00 vs \$ 1,723.00^{MN} para EAC y EAN, respectivamente. Esta diferencia se basa en el activo fijo tangible (cerda), mismo que presentó variación en su vida útil dentro de cada EA, valores que se comportaron relativamente iguales en ambos EA, al igual que la amortización del semental puesto que su valor inicial y vida útil fueron igual ambos EA.

Los costos de producción LD⁻¹ fueron de: \$583.27^{MN} en EAC y de \$ 532.29^{MN} en EAN, lo cual generó ganancia de \$166.73 y \$213.98^{MN} pesos por lechón vendido para EAC y EAN,

respectivamente. Así mismo, el costo marginal fue de \$314.78 y \$344.88^{MN} pesos para EAN y EAC, respectivamente. Respecto al punto muerto o umbral de rentabilidad en base a número de LD, fue menor en el sistema que se implementó el EAN (Cuadro 3). Y la relación costo beneficio fue superior en el EAN (\$0.11) en contraste al EAC (Cuadro 4). Lo cual implica que, por cada peso invertido EA⁻¹ se generó una ganancia de \$0.41 para el sistema con EAN vs \$0.30 para el sistema con EAC.

Cuadro 4. Análisis de costos de producción, ingresos y ganancias (\$^{MN}) por lechón destetado.

Concepto	EAC	EAN	Diferencia
Costos fijos	166.72	119.99	-46.73
Costos variables	438.22	412.31	-25.91
Costos totales	583.27	532.29	-50.98
Ingresos totales	750.00	750.00	--
Ganancia neta	166.73	213.98	50.98
Costo marginal	314.78	344.88	22.91
Punto muerto (Nº LD)	149.16	137.72	-11.44
Relación C/B	1.30	1.41	0.11

EAC=esquema de alimentación convencional; EAN=esquema de alimentación convencional más la adición de nopal; LD=lechones destetados; C/B=costo/beneficio.

Discusión

De acuerdo al CAd⁻¹ de las cerdas durante la lactancia se ha reportado (Mosnier et al., 2010) que, es afectado por diferentes indicadores, entre los más importantes y difíciles de manipular se encuentra la edad (número de parto) y fisiología metabólica de la cerda durante la lactancia (Pére y Etienne, 2007). Sin embargo, las cerdas que recibieron el EAN no presentaron diferencia en el CAd⁻¹ de acuerdo al número de parto (Cuadro 3) lo que indica que la ingesta promedio de nopal (1.7±0.02 kg d⁻¹) contrarrestó los efectos negativos asociados al incremento de glucosa sanguínea (Ordaz et al., 2017), debido al incremento de insulina que propicia el consumo de nopal (Newsholme et al., 2005) lo cual propicio mayor CAd⁻¹ (Cuadro 1). El mayor consumo de alimento que presentan las cerdas del EAN, incidió de manera positiva en indicadores como lo es la PPC, ello en contraste a las cerdas que fueron alimentadas de manera convencional (Cuadros 2 y 3). Es posible que el nopal mejore los procesos digestivos de las cerdas lactantes; se ha observado mayor ganancia de peso en animales alimentados con dietas complementadas con nopal, ello asociado al alto contenido de carbohidratos (53.9%) solubles (Chen et al., 2014).

La reducción del IDE de las cerdas del EAN se asocia a concentraciones elevadas de sustratos glucogénicos (Viñoles et al., 2008), concentraciones que está aportando extra el nopal, debido a su alto contenido de carbohidratos estructurales (13.0 MJ kg^{-1}) (Nefzaoui y Ben Salem, 2002), lo cual pudo afectar positivamente la dinámica folicular de los ovarios (Sakly et al., 2013). Efecto que se vio reflejado en reducción del PSR (4.7%) y por lo tanto reducción en los DNP (Cuadro 3).

Con respecto al mejor rendimiento productivo (TC; Cuadro 3). Es posible que el efecto del nopal sobre mayor síntesis de insulina (Newsholme et al., 2005) no sólo se hayan reflejado sobre mayor consumo de alimento, menor PPE y menor IDE (Cuadros 2 y 3). Puesto que, la insulina juega un rol importante en la regulación de los procesos reproductivos de la cerda (Soede et al., 2011). Una mayor síntesis de insulina está asociada con mayor liberación de factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I), mismo que regula la producción de hormonas gonadotrópicas, esenciales para la producción, maduración, reclutamiento y ovulación de los folículos (Ptak et al., 2004). Por lo tanto, el efecto que tiene el nopal sobre la ruta glucolítica pudiera estar fungiendo como modulador en la respuesta reproductiva de las cerdas de manera favorable, al propiciar una reactivación ovárica más temprana, que se ve reflejada en menor IDE, PSR, DNP y mayor TC.

Con relación a la evaluación económica, se ha establecido que la alimentación es el rubro que incide en mayor grado sobre los costos de producción: entre 65 y 95% (AHDB 2014); rubro que concuerdan con los costos de alimentación encontrados en cada EA. De acuerdo al menor costo total LD^{-1} en el EAN (Cuadro 4) está en función de los LD cerda $^{-1}$ indicador que fue mayor en el EAN: 9.5 ± 0.13 vs 8.2 ± 0.14 lechones del EAC. Lo cual pondero mayor cantidad de lechones año $^{-1}$ (48.6 lechones), mismos que originaron reducción en costos de producción. La mayor ganancia neta obtenida fue para EAN (Cuadro 4), debido a: 1) costos fijos más bajos y; 2) mayor número de LD año $^{-1}$ (355.3 vs 306.7 lechones). Resultados atribuibles al efecto del nopal en la lactancia previa y su posterior efecto sobre la regulación metabólica (Ordaz et al., 2017).

De acuerdo a la relación coto beneficio estimada (Cuadro 4), investigaciones previas (Bobadilla et al., 2013) han reportado relaciones costo beneficio en rango de 1.04 a 2.11%; dicho rango, implicó que los sistemas analizados, tienen una gran variación estructural tanto técnica como económica. No obstante, cualquier sistema de producción pecuaria se considera rentable cuando su relación costo beneficio es $\geq 1.15\%$ (Bobadilla et al., 2013), característica que presentan ambos EA analizados.

Conclusiones

La adición de 1% de nopal a la dieta de cerdas lactantes propicia mayor consumo de alimento, lo cual se refleja en una reducción del intervalo destete-estro, porcentaje de servicios repetidos y días no productivos, así mismo, mejora el desempeño productivo de las cerdas, al presentar mayor tamaño de camada y lechones destetados cerda⁻¹ año⁻¹. Por ello, se puede sugerir que, la implementación del esquema de alimentación: alimento convencional más nopal, durante la lactancia, es económicamente viable, puesto que reduce el costo de producción por lechón destetado.

Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UMSNH por las facilidades prestadas para la realización de la presente investigación. Y al CONACYT por el financiamiento otorgado.

Literatura citada

Agriculture & Horticulture Development Board (AHDB) 2014. Latest Cost of Pig Production Report -2014- Welcome to the 2014 edition of AHDB Pork's report on pig production costs in selected countries.

Bobadilla, S. E. E., R. O. S. Rebollar, Y. A. Rouco y C. F. E Martínez. 2013. Cost production determination of piglets' farms. *Revista Mexicana Agronomía* 32:268-279.

Boulot, S., Y. Despres, B. Badouard, E. Sallé. 2013. Characterization of "second parity syndrome" profiles and associated risk factors in French sow herds. *J. de la Rech. Porc. en France* 45:79-80.

Chen, X. B., L. Q. Mao, B. Che, J. Yu, J. He y G. Q. Yu. 2014. Impact of fiber types on gut microbiota, gut environment and gut function in fattening pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 195:101-111.

FAO. 2016. Boletín de agricultura familiar para América Latina y el Caribe. ISSN: 2312-1610.

Hoving, L. L., N. M. Soede, Ea. M. Graat, H. Feitsma, and B. Kemp. 2011. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. *Livest. Sci.* 140:124-130.

Koketsu, Y. 2005. Six component intervals of nonproductive days by breeding-female pigs on commercial farms. *J. Anim. Sci.* 83:1406-1412.

Littell, R. C., P. R. Henry and C. B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Anim. Sci.* 76:1216-1231.

Mosnier, E., M. Etienne, P. Ramaekers and M. C. Péré. 2010. The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake and the metabolism of the lactating multiparous sow. *Livest. Sci.* 127:127-136.

Murillo, A. A., R. J. Álvarez, M. D. Villalba y L. G. Cano. 2013. La composición de las dietas de las cerdas lactantes y la producción láctea. Curso de especialización FEDNA. Madrid. p. 113-145.

Nefzaoui, A. and H. Ben Salem. 2002. Supplementation of *Acacia cyanophylla* Lindl diets based foliage with barley or shrubs in arid zones (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in sheep. *J. Anim. Feed Sci. Tec.* 96:15-30.

Newsholme, P., L. Brennan, B. Rubi and P. Maechler. 2005. New insights into aminoacid metabolism, beta-cell function and diabetes. *Clin. Sci.* 108:185-194.

Ordaz, O. G., C. A. Juárez, and S. R. E. Pérez, B. R. M. Román and R. R. Ortiz. 2017. Effect of spineless cactus intake (*Opuntia ficus-indica*) on blood glucose levels in lactating sows and its impact on feed intake, body weight loss, and weaning-estrus interval. *Trop. Anim. Health Prod.* 49:1025-1033.

Péré, M. C. and Etienne, M. 2007. Insulin sensitivity during pregnancy, lactation, and postweaning in primiparous gilts. *J. Anim. Sci.* 85(1):101-109.

Ptak, A., Kajta, M., Gregoraszczuk, E. L. 2004. Effect of growth hormone and insulin-like growth factor-I on spontaneous apoptosis in cultured luteal cells collected from early, mature, and regressing porcine corpora lutea. *Anim. Rep. Sci.* 80:267-279.

Rouco, Y. A. y Muñoz, A. 2006. Análisis de costes. In: *Producir carne de cerdo en el siglo XXI, generando un nuevo orden zootécnico*. Muñoz, L. A. Acalanthis (ed.). Madrid, España. p. 525.

Sakly, C., Rekik, M., Ben Salem, I., Lassoued, N., Gonzalez, A.B., Ben Salem, H. 2013. Reproductive response of fat-tailed Barbarine ewes subjected to short-term nutritional treatments including spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 98:43-49.

Santomá, G. and Pontes, M. 2011. ¿Qué medidas nutricionales tomar ante da productividad de la cerda actual? 1ª Parte. Curso de especialización FEDNA. Madrid. p. 169-225.

Soede, N. M., Langendijkb, P. and Kempa, B. 2001. Reproductive cycles in pigs. Anim. Rep. Sci. 124:251-258.

Sørensen, J. T., Edwards, S., Noordhuizen, J. and Gunnarsson, S. 2006. Animal production systems in the industrialized world. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 25(2):493-503.

Yoder, D. L., Schwab, C. R., Fix, J. S., Duttlinger, V. M. and Baas, T. J. 2012. Lactation feed intake in purebred and F1 sows and its relationship with reproductive performance. Livest. Sci. 150:187-199.

DIGESTIBILIDAD IN SITU de *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* Y BAGAZO DE CÍTRICOS EN CORDEROS PELIBUEY

María Fernanda Vázquez Carrillo^{201*}, Epigmenio Castillo Gallegos²⁰², Cristino Cruz Lazo²⁰², Luis Corona Gochi²⁰¹ y Octavio Alonso Castelán Ortega²⁰³

Resumen

En las zonas tropicales de México existen abundantes recursos alimenticios cuya calidad nutricional actualmente se desconoce total o parcialmente, asimismo comprender el aprovechamiento de los nutrimentos es un paso indispensable para evaluar y definir las necesidades de los mismos a fin de facilitar la obtención de estándares de alimentación para animales. Es por ello importante evaluar la digestibilidad de los ingredientes para conocer sus beneficios en la alimentación animal. El proyecto se realizó en el Módulo de Producción Ovina El Cenzontle del CEIEGT, FMVZ, UNAM. Los tratamientos fueron: T1) heno de *Brachiaria* spp.; T2) heno de *Brachiaria* spp.+20% de heno de *C. argentea*+10% bagazo de cítricos; y T3) heno de *Brachiaria* spp.+30% alimento comercial, con base en materia seca (MS). Se realizó una prueba de digestibilidad in situ utilizando 3 ovinos Pelibuey fistulados al rumen de 39.5 ± 8.5 kg peso vivo (PV) inicial promedio, alojados en jaulas individuales. Previo al experimento se generaron alícuotas de ingredientes de cada uno de los tratamientos ofrecidos a los corderos: *Brachiaria* spp.; *C. argentea*, bagazo de cítricos y alimento concentrado; dichas muestras (0.8g) se incubaron en bolsas de nylon dentro del rumen del animal correspondiente a diferentes tiempos: 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas; obteniendo los siguientes resultados para la digestibilidad in situ de la MS de los ingredientes: la fracción rápidamente degradable ('a') fue superior ($P \leq 0.05$) para el alimento concentrado con respecto al bagazo de cítricos, la leguminosa y *Brachiaria* spp. La fracción lentamente degradable ('b') del porcentaje bagazo de cítricos fue superior ($P \leq 0.05$) a la de *Brachiaria* spp. y el concentrado, siendo estos últimos iguales ($P > 0.05$) pero superiores ($P \leq 0.05$) a *C. argentea*. A pesar de tener el bagazo de cítricos una alta digestibilidad no coincidió con la

²⁰¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, CP 04510, Ciudad de México. mvz.mafervazquez@gmail.com

²⁰² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Km 7.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, CP 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

²⁰³ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario No. 100, Colonia Centro. CP 50000, Toluca, Estado de México.

curva de digestibilidad de la leguminosa y la gramínea, no siendo aprovechable la proteína para el animal.

Palabras clave: degradación efectiva, tasa de pasaje, nitrógeno

Introducción

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. La digestibilidad de un forraje se encuentra definida por la degradabilidad potencial del material, la velocidad de degradación de esta fracción potencialmente degradable, y su tiempo de residencia en el rumen (degradación efectiva), además de la digestión ocurrida después de la fermentación en el rumen (Orskov et al., 1980), dichos procesos de digestión y pasaje pueden ser descritos por modelos matemáticos en los cuales cada fase representa un proceso distinto (Rosero et al., 2007).

Existen diferentes pruebas para determinar la degradabilidad de los alimentos, entre ellas la técnica in vivo que históricamente ha sido utilizada para determinar la degradabilidad aparente de los alimentos, sin embargo, no permite cuantificar qué fracción del alimento ha sido degradada en el rumen y cuál en el sistema digestivo posterior (Rosero et al., 2007). Es así como la técnica in situ o in sacco es utilizada para estudiar la degradación de los forrajes, los efectos del ambiente ruminal y se puede realizar el modelaje de la cinética de degradación de la materia seca (MS), de nitrógeno (N) y de algunos constituyentes de la pared celular, pudiendo ser descrita a través de modelos no lineales. El modelo propuesto por Orskov y McDonald (1979) ha sido uno de los más utilizados (Macedo et al., 2011).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la digestibilidad in situ de la materia seca y proteína cruda de: *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos, ingredientes utilizados en dietas experimentales de corderos Pelibuey estabulados.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el Módulo de Producción Ovina El Cenzontle del CEIEGT, de la FMVZ, UNAM, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, en el estado de Veracruz, sobre la Carretera Federal 129, a 5.5 km de la ciudad de Martínez de la Torre. Su situación geográfica es 20°02'05" latitud norte, 97°06' 22" longitud oeste y una altura que varía de 105 a 124 msnm.

Se utilizaron 3 ovinos de raza Pelibuey fistulados al rumen de 39.5 ± 8.5 kg PV inicial promedio. Los corderos se alojaron en jaulas metabólicas individuales. Los tratamientos formulados con base en MS fueron los siguientes: 1) 100% de heno *Brachiaria* spp.; 2) 70% de heno de *Brachiaria* spp.+20% de *C. argentea*+10% de bagazo de cítricos; y 3) 70% de heno de *Brachiaria* spp.+30% de alimento concentrado. Las dietas se ofrecieron diariamente, dos veces al día, a razón del 4% del PV (kg) de los animales. Previo al estudio se realizó una prueba de digestibilidad in vivo, donde se muestrearon diariamente los ingredientes utilizados en las dietas experimentales, generando dos muestras por ingrediente correspondiente a cada dieta experimental. Éstas se secaron, molieron y almacenaron hasta su uso en la prueba de digestibilidad in situ. Dicha prueba se realizó en 30 días, divididos en 3 periodos de 10 días cada uno, los primeros 7 días de adaptación a la dieta y en los restantes tres se prosiguió con la incubación ruminal, la cual se realizó en seis tiempos: 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas (Orskov y McDonald, 1979); se pesó 0.8 g de cada ingrediente (16 mg/cm^2 de área de bolsa) y se colocaron dentro de bolsas de nylon de 10 cm x 5 cm (Mehrez y Orskov, 1977), para posteriormente ser incubadas en el rumen del animal correspondiente a los diferentes tiempos, 2 muestras de ingrediente por animal por tiempo. Al finalizar la prueba, se obtuvo el residual de cada una de las bolsas por animal, para generar una alícuota y analizar el contenido de proteína (PC = $[\text{N}] \times 6.25$, %) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984).

Para analizar los datos, se utilizó el modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979):

$$Y = a + b(1 - e^{-(c \cdot t)})$$

Dónde: 'Y' es la materia seca degradada al tiempo 't'; 'a' es la ordenada al origen; 'b' es la diferencia entre 'a' y la asíntota; 'c' es la tasa fraccional constante de degradación de 'b'; 't' es el tiempo de incubación. Los datos se analizaron mediante el Software PadPrism V 6.0®

Resultados y discusión

Las medias de los parámetros del modelo de Orskov y McDonald (1979) fueron diferentes para los ingredientes, no así para las dietas homogenizadas (Cuadro 1), se encontró que el heno de *C. argentea* tuvo menor digestibilidad en comparación con la gramínea, bagazo y alimento concentrado; Wilson y Lascano (1997) realizaron un estudio con diferentes niveles de inclusión de *C. argentea*, utilizando cuatro tratamientos diferentes, utilizando heno de *B. dictioneura* con la leguminosa, siendo: 100, 90:10, 80:20, 60:40 donde concluyeron que la digestibilidad in vitro de la materia seca de las dietas experimentales disminuyó al incrementar el porcentaje de inclusión de la leguminosa, atribuido a su alto contenido de lignina y fibras, lo que coincide con Correa y Niño-Mariño (2010), quienes realizaron una evaluación de diferentes métodos de conservación (fresco, ensilaje, heno y harina) de *C.*

argentea, donde encontraron que la proteína ligada a FDN y FDA aumentó en un 19 y 31.9 %, respectivamente, en el heno con respecto a su tratamiento control.

La digestibilidad in situ de la MS (48 h) de *Brachiaria* spp. y *C. argentea*, respectivamente, fue similar a la reportada por González (2014) para *B. arrecta* de 53.2% y 56.8%; y por Fragoso (2016) para *B. brizantha* 57.3% y 54.1% *C. argentea*. Mientras que los valores para las fracciones 'a', 'b' y 'c' de: 20.0, 34.1 y 0.02% respectivamente (1.0 R²) de la veranera resultan similares a los obtenidos por Valles-De la Mora et al. (2014) de: 25.0, 37.8 y 0.07 para dichas fracciones (0.94 R²) en época de lluvias a las 15 semanas de edad, mismas variables para la leguminosa utilizada en el presente estudio.

Cuadro 1. Medias de los parámetros de la ecuación exponencial de Orskov, grado de ajuste y degradación efectiva a tres tasas de pasaje (2.0, 2.5 y 3.0 %/h) de las dietas experimentales e ingredientes.

Trat ²	Parámetros			Ajuste de la ecuación		Tasas de pasaje (%/ h)		
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)	2.0	2.5	3.0
T1	8.0	49.9	0.05	0.98	2.20	43.7	41.4	39.3
T2	10.4	48.1	0.05	0.98	2.28	45.0	42.8	40.8
T3	10.1	49.5	0.05	0.99	1.78	44.0	41.5	39.4
EEM	3.0	3.2	0.01	0.005	0.36	4.8	4.8	4.8
Ingredientes								
BAG ³	22.5 ^{b1}	76.3 ^a	0.14 ^a	0.96	4.4 ^a	88.4 ^a	86.3 ^a	84.3 ^a
BCH	9.5 ^c	49.2 ^b	0.05 ^b	0.98	2.1 ^c	44.2 ^c	41.9 ^c	39.9 ^c
CON	41.1 ^a	51.5 ^b	0.06 ^{ab}	0.97	2.9 ^b	80.1 ^b	77.9 ^b	76.0 ^b
CRA	20.0 ^b	34.1 ^c	0.02 ^b	0.99	1.0 ^d	38.7 ^d	36.7 ^d	35.2 ^d
EEM ³	3.0	3.2	0.01	0.01	0.36	4.8	4.8	4.8

¹Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a P≤0.05. ²Trat: Tratamiento; T1 *Brachiaria* spp; T2 *Brachiaria* spp+*Cratylia argentea*+bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* spp+concentrado comercial. ³BAG = bagazo de cítricos; BCH = *Brachiaria* spp; CON = concentrado; CRA = *Cratylia argentea*.

⁴ EEM = error estándar de la media.

En la Figura 1 se pueden apreciar que las curvas de degradación de la proteína cruda fueron diferentes para el bagazo de cítricos, la leguminosa y la gramínea. Mismas que son explicadas a detalle en el Cuadro 2. A pesar de la alta digestibilidad del bagazo de cítricos su curva de digestibilidad no coincidió con el heno de *C. argentea* y *Brachiaria* spp., lo cual lo cual sugiere la baja eficiencia en la utilización de N amoniacal asociado a una indisponibilidad de energía (Wilson y Lascano 1997); lo cual se verá reflejado en bajos índices productivos de los animales.

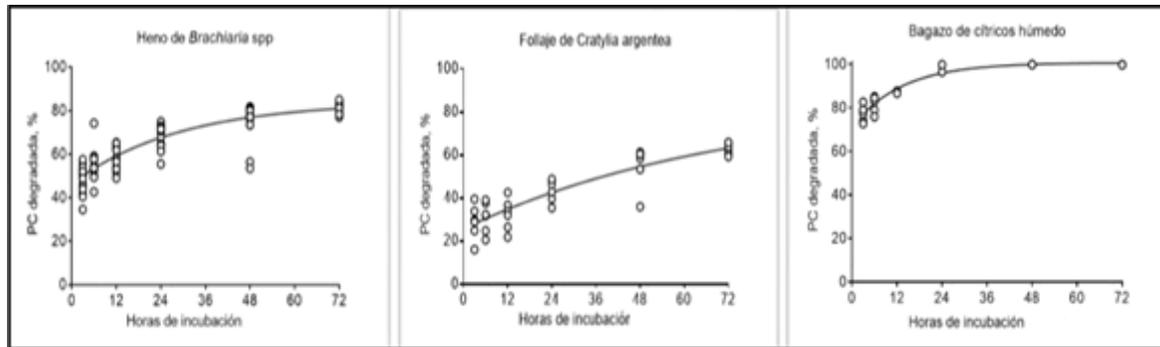


Figura 1. Degradabilidad de la proteína cruda de *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos.

Cuadro 2. Parámetros de la ecuación exponencial de Orskov y grado de ajuste para la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda de los ingredientes: *Brachiaria* spp., *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos.

Ingr ¹	Parámetros			Ajuste de la ecuación	
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)
BAG	71.0	29.6	0.1	0.91	3.0
BCH	46.3	37.7	0.03	0.80	5.8
CRA	25.8	59.0	0.03	0.79	6.9

¹ Ingr = Ingrediente; BCH = *Brachiaria* spp; CRA = *Cratylia argentea*; BAG = bagazo de cítricos.

Asimismo, se analizó el efecto de las dietas sobre la digestibilidad de la materia seca de *Brachiaria* spp., sin embargo, no existió diferencia ($P > 0.05$) para los efectos del periodo y tratamiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los parámetros de la ecuación exponencial de Orskov, grado de ajuste del efecto de la dieta sobre la digestibilidad de la materia seca de *Brachiaria* spp.

Factor	Parámetros			Ajuste de la ecuación	
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)
Tratamiento					
1	8.0	49.9	0.05	0.98	2.2
2	10.4	48.1	0.05	0.98	2.3
3	10.1	49.5	0.05	0.99	1.8
EEM	1.0	1.0	0.005	0.005	0.3

No hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre dietas para ninguna de las variables.

Acorde a estudios previos se conoce que el bagazo de cítricos y *C. argentea* son buenos complementos alimenticios para los rumiantes, en las zonas tropicales; ya que el uso del bagazo puede sustituir la fibra y parcialmente el concentrado de dietas tradicionales a un mismo porcentaje de inclusión, manteniendo tasas de crecimiento y rendimiento similares (Caparra et al., 2007; Piquera et al., 2009; Oni et al., 2008; Volanis et al., 2006), y el uso de la

leguminosa permite mantener la producción láctea y cárnica durante la época seca, así como en épocas de lluvia cuando el exceso de humedad no permite el pastoreo de los animales, pudiendo reemplazar parcialmente el uso de los concentrados comerciales (Holmann et al., 2003). Es por lo anterior que se necesitan realizar más estudios encaminados al análisis de la calidad nutritiva y disponibilidad de los ingredientes para el rumiante, con la finalidad de realizar con mayor eficacia las dietas de los animales.

Conclusiones

1. La digestibilidad in situ de la MS del alimento concentrado y bagazo de cítricos fue mejor que el de los ingredientes fibrosos: *Brachiaria* spp. y *C. argentea*.
2. Las curvas de digestibilidad de cada uno de los ingredientes no coincidieron, haciendo ineficiente el uso de proteína de la leguminosa al no haber energía disponible para su aprovechamiento.

Literatura citada

- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 13 ed. Association of Analytical Chemists, Inc. Virginia.
- Caparra, P., F. Foti, M. Scerra, M. Sinatra and V. Scerra, V. 2007. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. *Small Ruminant Research* 68(3):303-311.
- Correa, P. T. Y. y M. S. Niño-Mariño. 2010. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* sometida a diferentes métodos de conservación, en el piedemonte llanero. Tesis Licenciatura. Universidad de La Salle, Bogotá. 70 p.
- Fragoso, I. A. 2016. Consumo voluntario y digestibilidad de *Brachiaria* spp. con *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp., en bovinos Cebú x Holstein. Tesis de Maestría. FMVZ-UNAM, CdMx, México. 43 p.
- González, A. M. N. 2014. Consumo de *Cratylia argentea* por bovinos infectados y no infectados con nematodos gastrointestinales en Veracruz, México. Tesis de Maestría. FMVZ-UNAM. CdMx, México. 89 p.
- Holmann, F., E. Lascano C. y C. Plazas. 2003. Evaluación ex-ante de *Cratylia argentea* en sistemas de producción de doble propósito en el Piedemonte de los llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 24(2):2-11.

- Macedo-Barragán, R., N. I. López-Poblete, V. Arredondo-Ruiz y R. Rodríguez-Ramírez. 2011. Precision of an equation to estimate dry matter degradability of *Clitoria ternatea*. *Tropical subtropical agroecosystems* 14(3):943-947.
- Mehrez, A. R. and E. R. Orskov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science Cambridge*. 88:645-650.
- Oni, A., C. Onwuka, O. Oduguwa, O. Onifade and O Arigbede. 2008. Utilization of citrus pulp based diets and *Enterolobium cyclocarpum* (JACQ. GRISEB) foliage by West African dwarf goats. *Livestock Science* 117(2-3):184-191.
- Orskov, E. R., F. D. DeB Hovell and F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* 5(3):195-213.
- Orskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 92:499-503.
- GraphPad Prism 7 Software. 2016. Version 7.01 for Windows. GraphPad Prism 7 Software. Inc. USA.
- Piquera, O., L. Ródenasb, C. Casadob, E. Blasb and J. J. Pascual. 2009. Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal parameters. *Small Ruminant Research* 83:14-21.
- Rosero, R.N. and S. Posada O. 2007. Modeling of ruminant food degradation kinetics. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20:174-182.
- Valles-De la Mora, B., E. Castillo-Gallegos, E. Ocaña-Zavaleta y J. Jarillo-Rodríguez. 2014. *Cratylia argentea*: un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles. rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y estaciones climáticas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. XX(2):277-293.
- Volanis, M., P. Zoiopoulos, E. Panagou and C. Tzerakis. 2006. Utilization of an ensiled citrus pulp mixture in the feeding of lactating dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 64(1-2):190-195.
- Wilson, Q.T. y E. Lascano C. 1997. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Pasturas Tropicales*. 19(3):2-8.

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA INTERNA DE CASETA SOBRE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS DEL POLLO DE ENGORDA

Carlos Alberto Luna Espinosa²⁰⁴, Aureliano Juárez Caratachea^{204*}, Ernestina Gutiérrez Vázquez²⁰⁴ y Ruy Ortiz Rodríguez²⁰⁵

Resumen

El objetivo fue analizar el efecto de la temperatura interna de caseta sobre los indicadores productivos del pollo de engorda. Para ello, se recopiló la información de dos ciclos productivos consecutivos, durante los meses de noviembre a febrero, con una duración de 42 días cada uno. Se utilizaron 26,500 aves ciclo⁻¹ (50% machos y 50% hembras ciclo⁻¹) confinados en casetas con una densidad de 10 pollos/m² y separados por sexos. El alimento y agua fueron suministrados ad libitum. En cada ciclo se evaluó: la temperatura (°C) interna de la caseta (TIC), Peso (kg) corporal semanal (PC), Consumo (kg) de alimento (CA) fase⁻¹ y Mortalidad (%) diaria (Md). El análisis de la TIC y PC se realizó bajo la metodología de modelos de efectos fijos y medias de mínimos cuadros a un $\alpha = 0.05$. El comportamiento de la TIC fluctuó ($P < 0.05$) a lo largo de cada ciclo, principalmente durante las fases de Preinicio e inicio, en las cuales se registró una TIC de 27.6 ± 0.22 y 26.9 ± 0.10 °C, respectivamente durante el ciclo uno vs 24.9 ± 0.22 y 23.7 ± 0.10 °C para el ciclo dos. El CA ave⁻¹ fue mayor ($P < 0.05$) en las casetas del ciclo dos: 4.600 kg ave⁻¹ respecto al ciclo uno: 4.299 kg ave⁻¹. El PC ave⁻¹ fue superior ($P < 0.05$) tanto en machos ($2.665 \pm 0.18.3$ kg ave⁻¹) como en hembras ($2.391 \pm 0.18.3$ kg ave⁻¹) del ciclo uno, durante cada una de las fases productivas. El Md entre los ciclos y sexos se mantuvo $< 5\%$. Tanto el CA como el PC mejoran cuando las TIC se mantienen entre los 27.6 , 26.9 , 25.4 y 22.2 °C durante las fases de preinicio, inicio, desarrollo y finalización, respectivamente; lo cual, mejora la eficiencia productiva (T/pie producidas) a los 42 días de producción.

Palabras clave: producción de carne, avicultura, tecnología

²⁰⁴ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (UMSNH).

²⁰⁵ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Aurelianojuarez@hotmail.com

Introducción

Los avances en la avicultura durante la última década, específicamente en las áreas de la genética, han generado líneas productivas con un potencial de crecimiento de hasta 2.8 kg de peso vivo, en tan solo 42 días de edad; con ganancias de peso dia^{-1} de 60 g y conversiones alimenticias de 1.7:1 kg/kg (Dottabio y Di Masso, 2010; Ross, 2012). No obstante, entre los factores que limitan dicho potencial genético, se encuentran principalmente los factores ambientales y, entre ellos, destaca la temperatura interna de caseta donde se alojan los pollos (Arantes et al., 2016).

La temperatura interna de caseta es determinante en el crecimiento de las aves, para que la energía consumida en el alimento se canalice al crecimiento del ave y no hacia la activación de los mecanismos homeostáticos para contrarrestar los efectos estresantes por temperaturas inadecuadas dentro de las casetas (Olanrewaju, 2010). Por ello, se ha establecido que, las temperaturas de crianza, dentro de la zona de confort o termoneutralidad, de los pollos de engorda es de 32, 30 y 28°C, durante las primeras tres semanas de vida y de 26 a 22°C después de los 21 días de edad y hasta el final del ciclo de producción (Ross, 2010).

Entre los principales cambios fisiológicos que se han observado en aves sometidas a temperaturas de crianza inadecuadas (mayores o menores a la zona de confort), es la modificación en la regulación del apetito (Hai et al., 2000; Song et al., 2012) y cambios en la morfología intestinal y la absorción de los nutrientes del alimento (Arantes et al., 2016). Así, por ejemplo, los pollos de engorda sometidos a bajas temperaturas, activan mecanismos para incrementar la producción de calor metabólico (Zhang et al., 2016) y, ello lo logra, incrementando ($\geq 4\%$) el consumo de alimento (May y Lott, 2001). Dichos factores tienen la capacidad de modificar la conversión alimenticia y el desarrollo corporal durante el ciclo de producción, ocasionando pérdidas económicas en la industria (Pérez et al., 2014). Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la temperatura interna de caseta sobre los indicadores productivos del pollo de engorda.

Material y métodos

La información recabada para el análisis de la temperatura interna de la caseta y su efecto sobre los indicadores productivos de los pollos de engorda se obtuvo de un sistema de producción comercial de aves localizado en el estado de Michoacán, México; en las coordenadas 19°45' de latitud norte y 101°03' de longitud oeste, a una altitud de 1,900 m, con un clima boscoso y temperaturas ambiente entre los 4.5 a 36.4°C a lo largo del año (INEGI, 2013).

Se utilizaron 26,500 pollos de engorda por ciclo (50% machos y 50% hembras) los cuales fueron separados por sexo y confinados en casetas (densidad de 10 pollos/m²) de ambiente semicontrolado. En cada caseta, las aves se monitorearon en dos ciclos consecutivos de producción: ciclo uno (noviembre-diciembre) y ciclo dos (enero-febrero). Así mismo, cada ciclo se conformó por cuatro fases de producción: pre-inicio, inicio, desarrollo y finalización, en las cuales el alimento y agua fueron suministrados ad libitum.

En el sistema de producción el control de la temperatura interna de las casetas se realizó manualmente (cerrando o abriendo manualmente las cortinas internas y externas) y se utilizaron campanas radiantes (criadoras) a gas programadas de forma manual como fuentes de calor. Ambos mecanismos se utilizaron para mantener la temperatura de confort de los pollos de engorda, de acuerdo a la edad de los mismos. En cada ciclo productivo se evaluó: la temperatura (°C) interna de la caseta (TIC), Peso (kg) corporal semanal (PC), Consumo (kg) de alimento (CA) fase⁻¹ y Mortalidad (%) diaria (Md). Para el registro de la TIC se tomaron como referencia cuatro áreas dentro de cada caseta de producción (Figura 1); la selección de dichas áreas fue como sigue: tres áreas se seleccionaron en función de la distribución de las criadoras (2 campanas/área) (Figura 1) y la cuarta área correspondió al centro de la caseta, eliminando como punto de monitoreo de la TIC el área de las campanas radiantes (Figura 1). El registro, por área, de las temperaturas diarias (d⁻¹) se tomaron con un termómetro laser (marca GB Model-TN438L0/precisión ±0.1°C) y el registro de la temperatura d⁻¹ al centro de la caseta se realizó con un termómetro digital, el cual registro las temperaturas máximas y mínimas diariamente en periodos de 24 horas (Figura 1).

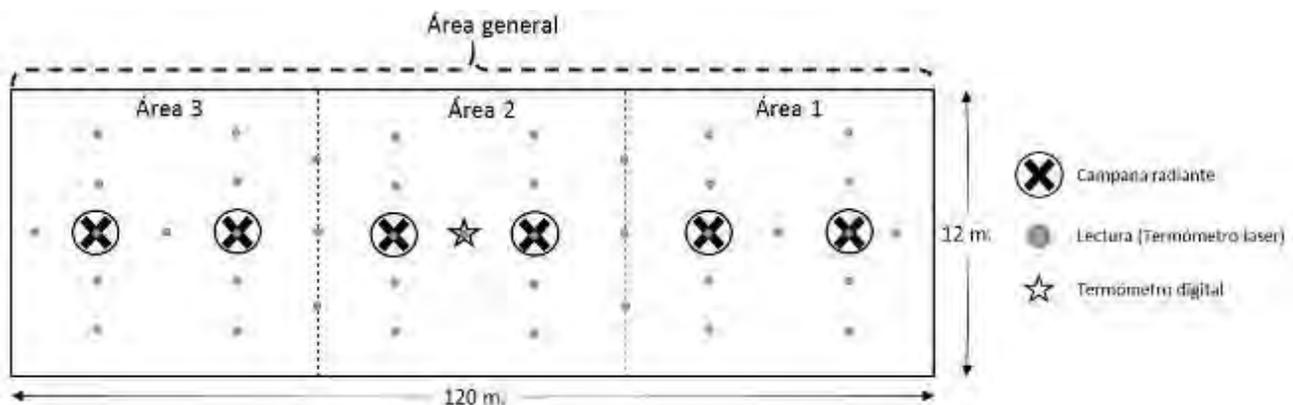


Figura 1. Distribución de la toma de lecturas de la temperatura interna de caseta (TIC) en el sistema de producción.

El cálculo para el tamaño de la muestra se realizó con una precisión del 5% asumiendo un CV del 20% y un nivel de confianza del 99% (Segura y Honhold, 2000), lo cual determinó una muestra de 106 aves semana⁻¹. En este sentido, para efectos prácticos, se seleccionaron al azar 40 aves área⁻¹ (120 aves en total) semana⁻¹. Por lo que, al finalizar cada ciclo de

producción se pesaron 720 aves por caseta. Cada ave fue pesada con una báscula digital (Bch-5000/Metrology) con capacidad para 5.0 ± 0.001 kg. El CA fase⁻¹, se calculó en relación al total del alimento proporcionado fase⁻¹ al total de las aves presentes en la caseta, menos el sobrante de cada fase y dividido entre las aves vivas en el momento del cálculo y la mortalidad d⁻¹ (%) se registró diariamente a lo largo de cada ciclo.

La información recabada se analizó estadísticamente mediante: correlaciones de Pearson, coeficientes de la regresión lineal, no lineal y ANOVA, bajo la metodología de modelos de efectos fijos (Littell et al., 2006), mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + FS_j + SM_k + SX_l + (C*FS*SX)_{ijl} + (C*SM*SX)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Variable respuesta: TIC, peso corporal (PC), consumo de alimento (CA), mortalidad (Md).

μ = Constante que caracteriza la población.

C_i = Efecto fijo del j-ésimo ciclo ($i = 1^{er}, 2^{do}$).

FS_j = Efecto fijo de la j-ésima fase ($j =$ Preinicio, inicio, desarrollo y finalización).

SM_k = Efecto fijo de la j-ésima semana ($k = 1, 2, 3, 4, 5$ y 6).

SX_l = Efecto fijo del j-ésimo sexo de las aves ($l =$ macho y hembra).

$(C*FS*SX)_{ijl}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo ciclo con la j-ésima fase y el j-ésimo sexo.

$(C*SM*SX)_{ijk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo ciclo con la j-ésima semana y el j-ésimo sexo.

ε_{ijkl} = Efecto aleatorio asociado a cada observación ($\sim NID=0, \sigma^2_e$).

La determinación de las diferencias entre sexos o ciclo se realiza a través de la metodología de medias de mínimos cuadros a un $\alpha = 0.05$ (Littell et al., 2002).

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados se pudo establecer que el promedio general de la TIC fue mayor ($P < 0.05$) durante el ciclo uno ($25.9 \pm 2.4^\circ\text{C}$) respecto al ciclo dos ($23.5 \pm 1.2^\circ\text{C}$) (Cuadro1). Esta diferencia, posiblemente se debió a: i) infraestructura tecnológica para el control de la TIC en el sistema analizado, ii) deficiente manejo las cortinas de las casetas para el control de la TIC. Ello en relación con los resultados de la temperatura ambiente obtenidos a partir del monitoreo de los ciclos y fases productivos. Durante los meses noviembre-diciembre

(ciclo uno) la temperatura ambiente fue de $18.0 \pm 7.3^{\circ}\text{C}$, temperatura superior a la obtenida durante el ciclo dos, correspondiente a los meses de enero-febrero ($14.3 \pm 8.6^{\circ}\text{C}$) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados para Temperatura interna de la caseta ($^{\circ}\text{C}$) de acuerdo a la semana, ciclo y sexo.

Fase	Día	TIC (Confort)	Machos		Hembra	
			Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos
			$\bar{x} \pm \text{E.E.}$	$\bar{x} \pm \text{E.E.}$	$\bar{x} \pm \text{E.E.}$	$\bar{x} \pm \text{E.E.}$
Pre-inicio	7	32	$27.8^{\text{a}} \pm 0.29$	$24.9^{\text{b}} \pm 0.29$	$27.4^{\text{1}} \pm 0.29$	$24.9^{\text{2}} \pm 0.29$
Inicio	14	30	$28.9^{\text{a}} \pm 0.20$	$24.3^{\text{b}} \pm 0.20$	$27.7^{\text{1}} \pm 0.20$	$23.5^{\text{2}} \pm 0.20$
	21	28	$26.3^{\text{a}} \pm 0.17$	$24.1^{\text{b}} \pm 0.17$	$25.6^{\text{1}} \pm 0.17$	$23.0^{\text{2}} \pm 0.17$
Desarrollo	28	26	$26.4^{\text{a}} \pm 0.14$	$23.5^{\text{b}} \pm 0.14$	$25.7^{\text{1}} \pm 0.14$	$22.7^{\text{2}} \pm 0.14$
	35	24	$25.2^{\text{a}} \pm 0.13$	$23.0^{\text{b}} \pm 0.13$	$24.6^{\text{1}} \pm 0.13$	$22.6^{\text{2}} \pm 0.13$
Finalización	42	22	$22.3^{\text{a}} \pm 0.12$	$22.2^{\text{a}} \pm 0.12$	$22.3^{\text{1}} \pm 0.12$	$22.2^{\text{1}} \pm 0.12$

Literales a, b= diferencia significativa ($P < 0.05$) entre Machos dentro de fila.

Literales 1,2= diferencia significativa ($P < 0.05$) entre Hembras dentro de fila.

De acuerdo con el Cuadro 1, se puede establecer que el personal del sistema no fue capaz de mantener constante la TIC de acuerdo a los valores establecidos para cada una de las fases, específicamente donde se requiere de un mayor control: fase de Preinicio e inicio. Al respecto, la importancia de la TIC radica en mantener el confort del pollo de engorda puesto que si los mecanismos de homeostasis se activan, en respuesta al estrés térmico implica el incremento o disminución del consumo de alimento para compensar el gasto energético metabólico (Zhang et al., 2016); en este sentido se observó que las aves sometidas a un TIC inferior (ciclo dos) mostraron un consumo de alimento mayor ($4.600 \text{ kg ave}^{-1}$) respecto a las aves del ciclo uno ($4.299 \text{ kg ave}^{-1}$) (Cuadro 2), incrementando los costos de producción.

Quintana (2011) estableció que la TIC afecta el CA y, el consumo de alimento (en última instancia), tienen la capacidad de supeditar el crecimiento del pollo de engorda, específicamente el peso corporal. Al respecto, se observó diferencia ($P < 0.05$) en el PC ave^{-1} entre los ciclos evaluados (Cuadro 2), registrándose los mejores pesos, a lo largo de cada fase de producción, en el ciclo uno, con un PC ave^{-1} de $2.529 \text{ kg ave}^{-1}$ a los 42 días de edad (Cuadro 2), lo que incrementó el rendimiento productivo hasta por de 9.1 toneladas de kg/pie producidos (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan (Özkan et al., 2010; López et al., 2013; Arantes et al., 2016) con el efecto de las TIC sobre el peso final de los pollos de engorda, puesto que se ha demostrado que el desarrollo del pollo mejoró bajo temperaturas de 24 a 26°C ($2.785 \text{ kg ave}^{-1}$), mientras que dicha variable es afectada negativamente ($0.271 \text{ kg menos ave}^{-1}$) cuando las temperaturas descienden a los 17°C . Por el contrario, cuando las TIC exceden los 30°C , el peso corporal del ave puede disminuir hasta en $0.362 \text{ kg ave}^{-1}$.

Cuadro 2. Temperaturas y parámetros productivos de acuerdo al ciclo, fase y semana de producción.

Variables	Fase/Semana de producción						Promedio
	Pre-inicio	Inicio		Desarrollo		Finalización	
	1	2	3	4	5	6	
Ciclo uno	$\bar{X} \pm E.E.$	$\bar{X} \pm E.E.$	$\bar{X} \pm E.E.$	$\bar{X} \pm E.E.$	$\bar{X} \pm E.E.$	$\bar{X} \pm E.E.$	
TA (°C)	20.7±0.8	20.7±0.6	19.6±0.5	18.9±0.4	16.3±0.4	17.1±0.3	18.9±1.9
TIC (°C)	27.6±0.2	28.3±0.1	25.9±0.1	26.0±0.1	24.9±0.1	22.2±0.1	25.9±2.4
Md (%)	0.10±0.01	0.10±0.01	0.08±0.01	0.06±0.001	0.07±0.001	0.06±0.001	3.4*
PC ave ⁻¹ (kg)	0.144±0.036	0.388±0.026	0.771±0.021	1.223±0.018	1.731±0.016	2.528±0.015	2.529*
CA ave ⁻¹ (kg)	0.144	0.463		1.000		1.309	4.299*
Producción (T)	--	--		--		--	64.7*
Ciclo dos							
TA (°C)	14.9±0.8	14.9±0.6	16.4±0.5	13.0±0.4	17.4±0.4	19.9±0.3	16.3±2.6
TIC (°C)	24.8±0.2	23.8±0.1	23.5±0.1	23.1±0.1	22.8±0.1	22.2±0.1	23.4±1.2
Md (%)	0.13±0.01	0.11±0.01	0.09±0.01	0.10±0.001	0.10±0.001	0.11±0.001	4.4*
PC ave ⁻¹ (kg)	0.137±0.036	0.356±0.026	0.745±0.021	1.111±0.018	1.682±0.016	2.192±0.015	2.192*
CA ave ⁻¹ (kg)	0.155	0.496		1.069		1.401	4.600*
Producción (T)	--	--		--		--	55.6*

*= valor acumulado al final del periodo de evaluación (42 días).

Conclusiones

En los sistemas de producción de pollo de engorda que carecen de un sistema automático para el control de la TIC y en consecuencia manejan dicha temperatura a través del manejo de cortinas de forma manual, las temperaturas ideales para estos sistemas en las diferentes fases para obtener el mejor desempeño en el peso corporal son: 27.6, 26.9, 25.4 y 22.2°C durante las fases de Preinicio, inicio, desarrollo y finalización, respectivamente.

Agradecimientos

Se agradece al grupo de productores avícolas por las facilidades prestadas para la realización de la presente investigación. Así como, al CONACyT por el financiamiento otorgado a esta investigación y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH).

Literatura citada

- Arantes, de Sousa L.F., L. E. Pegoraro., E. Alves de Almeida., R. Lunedo., L. F. Furlan and M. Macari. 2016. How heat stress (continuous or cyclical) interferes with nutrient digestibility, energy and nitrogen balances and performance in Broilers. *Livestock Science* 192:39-43.
- Dottavio, A. M. y J. Di Masso R. 2010. Mejoramiento avícola para sistemas productivos semi-intensivos que preservan el bienestar animal. *Journal of Basic and Applied Genetics* 21(2):article 12.
- Hai, L., D. Rong. and Y. Z. Zhang. 2000. The effect of environment on the digestión of broilers. *Journal Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 83:57-64.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2013. Gobierno del estado de Michoacán, México.
- Littell, C. R., G. A. Milliken, W.W. Stroup, R. D. Wolfinger and O. Schabenberger. 2006. *SAS® for Mixed Models. Second Edition.* Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 733-735.
- Littell, C. R., W. W. Stroup and R. J. Freund. 2002. *SAS® for Linear Models, Fourth Edition.* Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 191-194.
- López, N., Y. Oliveros., V. De Basillo., I. Machado y J. Marquina. 2013. Condiciones ambientales y respuesta productiva en pollo de engorda en unidad de ambiente semicontroladas. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias* 22(2):120-125.
- May, J. D. and D. B. Lott. 2001. Relating weight gain and feed: gain of male and female broilers to rearing temperature. *Poultry Science* 80:581-584.
- Olanrewaju, H. A., L. J. Purswell., D. S. Collier and L. S. Branton. 2010. Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. *Poultry Science* 89:2668-2677.
- Özkan, S., C. Takma, S. Yahav, B. Soğut, L. Turkmüt, H. Erturun and A. Cahaner A. 2010. The effects of feed restriction and ambient temperature on growth and ascites mortality of broilers reared at high altitude. *Poultry Science* 8(9):974-985.
- Pérez, S. F., E. Figueroa H., J. A. García S. y L. Godínez M. 2014. Aportaciones en ciencias sociales/economía y humanidades: La avicultura en México: retos y perspectivas. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo.
- Quintana L. J. A. 2011. *Avitecnia, manejo de las aves domésticas más comunes.* Editorial Trillas, 4ta ed. México. p. 1-40.

Ross 308. 2012. Manual de objetivos de rendimiento broiler Ross.

Ross. 2010. Manual de manejo del Pollo de carne. Sección 4: Naves y ambiente. p. 51-66.

Segura, C. J. C. y N. Honhold. 2000. Métodos de muestreo para la producción y salud animal. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.

Song, Z., L. Liu., A. Sheikahmadi, H. Jiao y H. Lin. 2012. Effect of heat exposure on gene expression of feed intake regulatory peptides in laying hens. Journal of Biomedicine and Biotechnology Vol. 2012, Art. ID-484869, p. 1-8.

Zhang, S. S., Su H. G., Y. Zhou., Li X. M., J. H. Feng and M. H. Zhang. 2016. Effects of sustained cold and heat stress on energy intake, growth and mitochondrial function of broiler chickens. Journal of Integrate Agriculture 15(10):2336-2342.

EFFECTO DE LA ADICIÓN DEL NOPAL A LA DIETA PARA GALLINAS SOBRE COLESTEROL EN HUEVO

Maricruz Calderón González²⁰⁶, Aureliano Juárez Caratachea²⁰⁶ Rosa Elena Pérez Sánchez²⁰⁷ y Ruy Ortiz Rodríguez^{208*}

Resumen

El objetivo fue evaluar la adición del nopal a la dieta de gallinas sobre colesterol en huevo y viabilidad del pollito. Para ello se seleccionaron al azar 14 gallinas Plymouth Rock Barradas de 50 semanas de edad, con las cuales se formaron dos grupos (G): GControl (n=7), grupo que recibió alimento[®] ad libitum y, GExperimental (n=7), al cual se les ofreció alimento[®] ad libitum más 24 g de nopal en base fresca (BF) ave⁻¹ día⁻¹. Ambos grupos fueron monitoreados durante diez semanas en las cuales se evaluó: colesterol total en huevo (CT), incubabilidad del huevo (total de pollitos nacidos), índice de calidad del pollito (cierre del ombligo, deshidratación, peso corporal, apariencia, patas y dedos, cloaca, ojos, abdomen y mortalidad). La información recabada se analizó mediante la metodología de modelos lineales generalizados y modelos categóricos, Las diferencias entre grupos se obtuvieron a través de medias de mínimos cuadrados o por medio de X^2 , dependiendo del tipo de variable analizada. Se encontró efecto de grupo (P<0.05) sobre CT en huevo. En el GExperimental el CT fue de 322.0 ± 65.6 mg huevo⁻¹ y en GControl de 262.7 ± 44.7 mg de CT huevo⁻¹. Los resultados sobre los indicadores de viabilidad del pollito indicaron que estos fueron mayores (P<0.05) en GExperimental con respecto a GControl: 85.3 vs 70.3% de pollitos con ombligos bien cerrados, 68.7 vs 55.6% de pollitos con peso corporal superior a 42 g; 91.0 vs 79.6% con patas y dedos normales y, el índice de calidad fue de: 186 vs 175 puntos, para GExperimental y GControl, respectivamente. La adición de 24 g de nopal a la dieta de las gallinas incrementa el colesterol total en huevo y este incremento mejora los indicadores de viabilidad del pollito.

Palabras clave: O. ficus-indica, avicultura, incubación, calidad del pollito

²⁰⁶ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF)

²⁰⁷ Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"

²⁰⁸ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. ruyortiz@hotmail.com

Introducción

En México la avicultura es una actividad pecuaria altamente dinámica (Medina et al., 2012; Hernández y Padilla, 2015). Esta industria se ha mantenido, debido a que se encuentra estructurada como una cadena de producción, distribución y transformación de productos, donde su principal eslabón se enfoca en la incubación artificial (Hernández y Vázquez, 2009). En este sentido, el área de la incubación es determinante para mantener el inventario de reproductoras (Barrientos, 2003; Arce et al., 2011). No obstante, los principales factores que intervienen en el cumplimiento de los objetivos en las granjas de incubación son: calidad del huevo, temperatura, humedad y volteo en el proceso de incubación. En lo referente a la calidad de huevo, los principales retos son cubrir los estándares del cascarón y de las características internas del huevo; ello, sin menoscabar el contenido nutricional del mismo (Barrientos, 2003). Puesto que, durante la incubación, el embrión se nutre y obtiene la energía necesaria principalmente de la proteína de la clara y la lipoproteína de la yema (Hernández et al., 2005). Es decir, los embriones de pollo usan las grasas presentes en la yema (saco vitelino); en especial, el colesterol y los fosfolípidos para sus funciones estructurales en el desarrollo neural y las membranas celulares (Meijerhof, 2009).

Desde el punto del área de la nutrición, la alimentación es un factor que puede modificar las características fisicoquímicas del huevo (Carrillo et al., 2008), Por lo que, la adición de un insumo en la dieta de las gallinas, como el nopal, puede modificar el estado metabólico del ave y repercutir en la calidad del huevo. Sin embargo, dicha cactácea puede ser una alternativa nutricional por su contenido de calcio ($17.9-34.4 \text{ mg g}^{-1}$) y contenido energético ($27-37 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$) (Medina et al., 2006; Hernández et al., 2011). Que podrían coadyuvar en la calidad del cascarón y en el aporte energético hacia la formación del huevo (Hernández et al., 2005). Sin embargo, se ha establecido que el consumo de nopal provoca efecto hipocolesterolémico (Torres et al., 2015). Lo que en aves podría provocar ante una menor cantidad de colesterol circulante una compensación de este metabolito en el huevo (Yin et al., 2008). Si esto es así, los pollitos nacidos de huevos con alto contenido de colesterol podrían mostrar una mayor viabilidad al nacimiento. Por ello, el objetivo fue evaluar la adición del nopal a la dieta de gallinas sobre colesterol en huevo y viabilidad del pollito.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en las instalaciones del sector avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, localizadas en el km 9.5 de la carretera Morelia Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro,

Michoacán, México, durante los meses de marzo a junio de 2016. En la región el clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano y precipitación pluvial anual de 754.8 mm, la temperatura oscila entre 2.5 y 25.1°C. La altitud es de 1920 msnm (INEGI, 2010).

Para el experimento se utilizaron 14 gallinas Plymouth Rock Barradas con una edad promedio de 50 semanas. Con las cuales se formaron dos grupos (G): GControl (n=7), grupo el cual recibió alimento[®] ad libitum; el GExperimental (n=7) grupo que se sometió a una dieta (alimento comercial) a la cual se le adicionó 24 g de nopal ave⁻¹ día⁻¹. Cada gallina, de ambos grupos, se confinó en una jaula individual. El alimento comercial fue suministrado ad libitum en ambos grupos. Para el GExperimental, el nopal se ofreció finamente picado y en base fresca (BF) todos los días a las 8:00 am previo retiro y pesaje del alimento sobrante del día anterior. La composición fisicoquímica de la dieta ofrecida a las aves mostró un 16.8% de proteína cruda para el alimento comercial y 16.3% de proteína cruda para la dieta del GExperimental (alimento comercial + nopal) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis bromatológico de dieta de grupo control y experimental.

Determinación muestra	Alimento comercial en BS ^{&}	Alimento comercial + 24g de nopal en BS ^{&}
Humedad g %	7.0	10.0
Materia seca g%	93.0	90.0
extracto etéreo (grasa) g%	6.88	5.44
Fibra cruda g%	12.56	13.52
Proteína cruda g%	16.8	16.3
Cenizas (minerales) g %	13.51	17.64
E. L. N. (carbohidratos) g %	50.30	53.47

[&]=Base seca.

Los cladodios de *O. ficus indica* se obtuvieron de la parcela de la FMVZ-UMSNH; dichos cladodios fueron seleccionados del tercer nivel de la planta (de abajo hacia arriba), mismos que en promedio poseían una edad de 90 días. Inmediatamente después de recolectarse los cladodios estos fueron picados finamente y posteriormente se pesó la cantidad total del producto picado y se dividió en siete porciones de 24 g cada una para suministrarse a cada gallina del GExperimental. Esta operación se realizó diariamente hasta culminar la fase experimental. Los 24 g de nopal picado representó el 20% del consumo diario (d⁻¹), de alimento comercial calculado ave⁻¹. La fase de suministró de las dietas a ambos grupos fue de diez semanas previa semana de adaptación a las mismas.

Para determinar la incubabilidad de los huevos puestos por las gallinas de ambos grupos, se procedió a colocar en jaulas colectivas a ras de piso tres gallinas por un gallo (primer grupo del GExperimental) y cuatro gallinas por un gallo (segundo grupo del GExperimental). De la

misma forma se procedió con el GControl. Los machos utilizados en esta etapa experimental fueron de la misma edad y raza de las gallinas. El tiempo que permanecieron las gallinas con los gallos fue de cinco días tiempo suficiente para la fertilización de los huevos. Una vez finalizado este tiempo las gallinas fueron nuevamente confinadas en jaulas individuales para la recolección del huevo fértil gallina⁻¹ grupo⁻¹ manteniendo las dietas (alimento comercial y alimento comercial + nopal) asignadas a cada grupo. Se utilizó el total de huevos producidos gallina⁻¹ grupo⁻¹ durante seis días consecutivos. Estos huevos fueron identificados, desinfectados e incubados (21 días). Para la incubación se utilizó una incubadora® automática con capacidad de 270 huevos. El manejo durante la incubación se realizó de acuerdo con Cobb Vantress (2013).

Las variables evaluadas; fueron colesterol total en huevo (CT) y viabilidad del pollito determinada a través de los siguientes indicadores: cierre del ombligo, deshidratación, peso corporal, apariencia, patas, cloaca, ojos, patas y dedos, abdomen y mortalidad (Quintana, 2011). La cuantificación de colesterol total en huevo se realizó con tres huevos gallina⁻¹ grupo⁻¹ producidos al final de la fase experimental; determinación realizada conforme al procedimiento descrito por Olgun et al. (2013) y, a través de espectrofotometría (Espectrofotómetro® UNICO V200).

La información recabada se analizó mediante la metodología de modelos lineales generalizados (GLM, siglas en inglés) (Faraway, 2006) y modelos categóricos (CATMOD, siglas en inglés) (Agresti, 2007). Las diferencias entre grupos se obtuvieron a través de medias de mínimos cuadrados (Littell et al., 1998) o por medio de χ^2 dependiendo del tipo de variable analizada.

Resultados y Discusión

Se encontró efecto de grupo ($P < 0.05$) sobre contenido de colesterol total en huevo. Al respecto, los huevos provenientes de gallinas que consumieron 24 g nopal BF día⁻¹ tuvieron mayor contenido de colesterol en huevo (Cuadro 2). En relación al colesterol total en yema se pudo observar que el GExperimental presentó 19.5 ± 3.0 mg g⁻¹ yema⁻¹ y en el GControl la yema de huevo contenía 16.2 ± 2.5 mg g⁻¹ yema⁻¹; ambos promedios diferentes entre sí ($P < 0.05$). Valores menores a lo reportado por Canogullari et al. (2009): 20.27 mg de colesterol g⁻¹ yema⁻¹ en huevo de gallinas Hy-line White. Sin embargo, mayores a lo observado por Martínez et al. (2012) y Mattioli et al. (2016): 14.9 mg g⁻¹ yema⁻¹ en gallinas de la raza White Leghorn y 11.8 mg g⁻¹ yema⁻¹ en gallinas White Leghorn respectivamente. de acuerdo con esta información el contenido de colesterol en yema posiblemente este asociado a las dietas suministradas a las gallinas. Por lo que, en esta investigación se puede

establecer que el nopal como parte de las dietas de las gallinas provoca un incremento de dicho metabolito (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados para colesterol en huevo mg g^{-1} yema⁻¹ de acuerdo al grupo.

Indicador	Grupo	
	Control	Experimental
	$\bar{X} \pm \text{D.E.}$	$\bar{X} \pm \text{D.E.}$
Colesterol total mg g^{-1} yema ⁻¹	16.2 ^a \pm 2.5	19.5 ^b \pm 3.0
Colesterol total mg huevo^{-1}	262.7 ^a \pm 44.7	322.0 ^b \pm 65.6

Literales ^{a, b} = diferencias estadísticas (P<0.05) dentro de fila.

Con respecto a la calidad del pollito los resultados determinaron que el índice de calidad del pollito fue mayor (P<0.05) en el GExperimental (Cuadro 3) en donde se encontró mayor contenido de colesterol en huevo (Cuadro 2). Índice que fue favorecido por el mayor porcentaje de pollitos con ombligo bien cerrado (85.3%), pollitos con peso corporal mayor a 42 g (68.7%), pollitos con mejor conformación de patas y dedos (91%) y pollitos con mayor calidad de abdomen (75.4%).

Cuadro 3. Porcentaje de los principales indicadores que conforman el índice de calidad de pollito de acuerdo al grupo.

Indicador	Clasificación	Grupo		
		Control	Experimental	Diferencia
Ombligo	bien cerrado	70.3	85.3	15.0
	entreabierto	27.6	13.7	14.0
	abierto sin plumón	2.0	0.9	1.1
Peso corporal	>42 g	55.6	68.7	13.1
	38 a 42 g	33.8	26.0	7.8
	<38 g	10.4	5.2	5.2
Patas y/o dedos	normales	79.6	91.0	11.4
	ligeramente torcidos	20.4	9.0	11.4
	francamente torcidos	---	---	---
Abdomen	suave y reducido	56.1	75.4	19.3
	medio abultado	43.2	24.6	18.6
	abultado y duro	0.7	0.0	0.7
Índice de calidad		175.9 ^a	186.0 ^b	---

Literales ^{a, b} = diferencias estadísticas (P<0.05) dentro de fila.

El mejor índice de calidad de los pollitos del GExperimental posiblemente puede relacionarse con el incremento de colesterol en huevo (Cuadro 2). Puesto que, el desarrollo del embrión,

como del pollito durante los primeros días de vida, dependen del colesterol disponible en la yema y en el saco vitelino, respectivamente (Soler et al., 2011). Además, es posible que las concentraciones de calcio presentes en el nopal y su contenido energético (27-37 kcal 100 g⁻¹; Medina et al., 2006) pudieron contribuir en una mejora en la estructura (conformación ósea) y viabilidad del pollito (Arce et al., 2003).

Conclusión

La dieta complementada con 24 g de nopal ave⁻¹ día⁻¹ para gallinas productoras de huevo fértil, es una alternativa viable para la industria de la incubación puesto que al incrementar el contenido de colesterol total en huevo mejora el índice de calidad en los pollitos al nacimiento.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por el apoyo brindado para llevar a cabo la presente investigación.

Literatura citada

Agresti, A. 2007. An Introduction to Categorical Data Analysis. Second edition. Chi-Squared Test of Independence. Wiley Series in Probability and Statistics. p. 34-40.

Arce, G. M. A., Le, T. D., T. Morales., C. Camacho M., E. Avello., F. I. Peña R., E. Tandrón. 2011. Comparación de los indicadores de incubabilidad artificial entre huevos de gallinas camperas y semirústicas en la provincia de Villa Clara, Cuba. Revista Electrónica de Veterinaria 12(12):1-8.

Arce, M. J., C. López C., E. Ávila G. 2003. Efecto de la línea genética y edad de las reproductoras pesadas sobre los parámetros productivos del pollo de engorda. Veterinaria México 34(1):97-102.

Barrientos, O. R. A. 2003. Evaluación del huevo fértil no apto para incubación. Tesis de licenciatura. Universidad de Zamorano. p. 12.

- Canogullari, S., M. Karaman, Z. Erdogan, M. Baylan, A. Kucukgul, V. Duzguner and A. Ozugur. 2009. Effect of garlic powder on egg yolk and serum cholesterol and performance of laying hen. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 53:515-519.
- Carrillo, D. S., E. Ávila G., D. Barkin, M. Rosas, B. Fuente G., A. Núñez, L. Solano and R. F. Pérez G. 2008. Verdolaga (*Portulaca oleracea*): recurso potencial en la alimentación de gallinas ponedoras. Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zuribán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Cobb-Vantress. 2013. Guía de manejo de la incubadora.
- Faraway, J. J. 2006. Extending the Linear Model with R Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Chapter 6 Generalized Linear Models. *Texts in Statistical Science*. p. 126-148.
- Hernández, M. M. C. y M. A. Vázquez, R. 2009. Industrias Bachoco: estrategias de localización y competitividad ante el nuevo escenario avícola. *Región y Sociedad* 21(46):27-51.
- Hernández, S. J., M. Cuca G., A. Martínez, M. González A., C. Becerril, P. 2005. Nivel óptimo biológico y económico del calcio en gallinas Leghorn de segundo ciclo de postura. *Agrociencia* 40:49-57.
- Hernández, T. J. M. y R. Padilla H. 2015. Evolución reciente de la producción y consumo de huevo en México. *Mundo Siglo XXI* 37(11):75-87.
- Hernández, U. M. I., E. Pérez T. and M. E. Rodríguez G. 2011. Chemical analysis of nutritional content of prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) at varied ages in an organic harvest. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8:1287-1295.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. p. 45-50.
- Littell, R. C., R. P. Henry and B. C. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal Animal Science* 76:1216-1231.
- Martínez, Y., M. Valdivié, G. Solano, M. Estarrón, O. Martínez. and J. Córdova. 2012. Efecto de la harina de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*) en el colesterol total y ácidos grasos de los huevos de gallinas ponedoras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 46(1):73-78.

Mattioli, S., A. Dal Bosco, M. Martino, S. Ruggeri, S. Marconi, V. Sileoni, B. Falcinelli, C. Castellini and P. Benincasa. 2016. Alfalfa and flax sprouts supplementation enriches the content of bioactive compounds and lowers the cholesterol in hen egg. *Journal of Functional Foods* 22:454-462.

Medina, C. J. C., M. J. Rejón, A. y E. R. Valencia H. 2012. Análisis de rentabilidad de la producción y venta de pollo en canal en el municipio de Acachen, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 16(30):909-919.

Medina, M. R, E. Tirado G., I. Mejia H., I. Camarillo S. y C. Cruz V. 2006. Digestibilidad in situ de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 41:1173-1177.

Meijerhof, R. 2009. Incubation principles: what does the embryo expect from us? *Proceedings of the 20th Australian Poultry Science Symposium*. Sydney Australia. p. 106-110.

Olgun, O., O. Yazgan and Y. Cufadar. 2013. Effect of supplementation of different boron and copper levels to layer diets on performance, egg yolk and plasma cholesterol. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 27:132-136.

Quintana, L. J. A. 2011. *Avitecnia Manejo de las Aves Domésticas más Comunes*. Editorial Trillas. 4ta edición. México p. 200-202.

Soler, S. M. D., C. Garcés N. y J. I. Barragán, C. 2011. La alimentación de la ponedora y la calidad del huevo. Departamento de Producción Animal, Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria de la Universidad CEU Cardenal Herrera.

Torres, P. R. L., D. Morales C., M. L. Ballinas, C. y G. V. Nevárez, M. 2015. El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimento y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(5):1129-1142.

Yin, J. D., X. G. Shang, D. F. Li, F. L. Wang, Y. F. Guan and Z. D. Wang. 2008. Effects of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks from different breeds of layers. *Poultry Science* 87:284-290.

EFECTO DE *Cratylia argentea* - *Brachiaria brizantha* SOBRE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE VACAS F1

Ramírez García Maricela^{209*}, Ocaña Zavaleta Eliazar²¹⁰, Corona Gochi Luis²⁰⁹, Sandoval Castro Carlos Alfredo²¹¹ y Castillo Gallegos Epigmenio²¹⁰

Resumen

Se evaluó el efecto de la asociación *Brachiaria brizantha*-*Cratylia argentea* sobre la producción y composición fisicoquímica de leche de vacas F1 (Holstein x Cebú) en pastoreo. La evaluación se realizó en el Módulo de doble propósito del CEIEGT (FMVZ, UNAM), utilizando 12 vacas F1, con un peso promedio inicial de 500 kg, más de 3 partos, 90 d de lactancia y producción de leche de 8.5 kg vaca⁻¹ d⁻¹. Además, se utilizaron cuatro novillas fistuladas en el rumen. Los animales se asignaron aleatoriamente a cuatro grupos que se alojaron en cuatro potreros de 1.6 ha cada uno, correspondientes a las cuatro combinaciones de dos tratamientos con dos repeticiones. El pastoreo fue rotacional, con 5 d de ocupación y 25 d de recuperación; los tratamientos fueron: *Brachiaria brizantha* + *Cratylia argentea* (T1) e *Insurgente* solo (T2). El estudio se realizó en tres periodos de evaluación, cada uno de 25 d de adaptación y 5 d finales de muestreo, para un total de 90 d (fase experimental). Peso vivo (PV), condición corporal (CC) y producción de leche (PL) fueron similares ($P>0.05$) en ambos tratamientos. Con respecto a las variables de calidad de leche: pH, grasa, proteína y sólidos totales, tampoco se encontraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$). Se estimó el consumo de materia seca (CMS) utilizando Cr_2O_3 , se evaluó la composición química de las heces y se midió la biomasa seca presente (BSP) antes y después del pastoreo, sin encontrar diferencia entre tratamientos ($P>0.05$).

El valor nutritivo de los forrajes tampoco fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos, pero se encontraron diferencias ($P<0.05$), en la calidad del forraje a la entrada y salida en las variables: materia seca (MS) en la salida del T2, proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y digestibilidad (DIG), en la salida del T1

²⁰⁹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Circuito Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, 04510, Ciudad de México. *Autor por correspondencia: marichela_rg@hotmail.com

²¹⁰ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Km 7.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, CP 93600, Martínez de la Torre, Veracruz, México.

²¹¹ Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Mérida – Xmatkuil Km. 15.5, CP 97100.

(gramínea asociada). La asociación no incrementó la producción láctea individual, de lo que se infiere que la leguminosa contribuyó en grado reducido a mejorar la dieta debido a su bajo consumo por las vacas, el cual pudo deberse a factores intrínsecos de la planta.

Palabras clave: Leguminosa, pastoreo, doble propósito, composición fisicoquímica de leche bovina, digestibilidad

Introducción

La ganadería en México es una actividad agropecuaria importante, ocupando más del 50% del territorio nacional, la cual mantiene a 3,417,740 millones de cabezas de ganado bovino productor de carne y leche (SIAP-SAGARPA, 2015). Durante el 2015, la producción de leche ascendió a 11,394,663 miles de litros y la de carne a 1,845,236 t (SIAP-SAGARPA, 2015). Los sistemas con bovinos de doble propósito son una de las actividades productivas más diseminadas en el medio rural de las zonas tropicales de México (seca y húmeda). Esta región comprende aproximadamente el 25% del territorio nacional (INEGI, 2008). Dentro de la región del trópico húmedo se encuentra el estado de Veracruz, el cual ocupó el primer lugar en producción de carne bovina a nivel nacional en el 2015, con 249,222.52 t (OIEDRUS, 2015a) y 695,762.15 t de leche (OIEDRUS, 2015b). En los sistemas de doble propósito, se produce simultáneamente leche y carne, por lo cual se utilizan tipos raciales que combinen características deseables del bovino europeo y del Cebú, entre los cuales se encuentran los cruces F1 ($\frac{1}{2}$ Holstein- $\frac{1}{2}$ Cebú) que, por tener un potencial productivo alto, son más exigentes en su alimentación (Holmann y Lascano, 1997). La alimentación en estos sistemas de producción es a base de forrajes, principalmente pastos tropicales, los cuales no tienen una producción constante durante todo el año (estacional), llegando a disminuir su producción y calidad, ya que presentan bajo contenido de proteína cruda, teniendo como consecuencia una baja en la producción (leche-carne). Existen varias alternativas de suplementación con el objetivo de cubrir estas limitaciones nutricionales, las cuales aumentan los costos de producción, por esa razón es importante encontrar alternativas a bajo costo. Una buena alternativa son las leguminosas forrajeras arbustivas, dentro de las cuales se encuentra *Cratylia argentea*, arbusto nativo del sur de la cuenca del río Amazonas (Argel y Lascano, 2002), que se adapta bien a suelos ácidos, conservando la mayor parte de su follaje durante la época seca, debido al buen desarrollo de las raíces, que llegan a medir hasta 2 m de profundidad (Rincón et al., 2007). Esta leguminosa tiene un alto valor nutritivo (18-25% de PC), por lo que es usada como fuente y/o suplemento de proteína (Argel y Lascano, 2011). Esta se puede asociar a *Brachiaria brizantha*, gramínea forrajera ampliamente difundida en las áreas tropicales, la cual tiene raíces profundas, lo que le

permite sobrevivir bien durante períodos prolongados de sequía. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la asociación *Cratylia argentea*-*Brachiaria brizantha*, sobre la producción y composición fisicoquímica de leche de vacas F1 (Holstein x Cebú) en pastoreo rotacional, en el trópico húmedo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el módulo de doble propósito del CEIEGT (FMVZ, UNAM), localizado en el km. 5.5, de la carretera federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Veracruz. Se utilizó un total de 16 animales F1 (Holstein x Cebú), 12 vacas en producción, de 3 partos en adelante, que se encontraban entre los 50-70 días de lactancia, con una producción promedio de 8.5 kg de leche d^{-1} y un peso promedio de 550 ± 50 kg, las cuales se asignaron aleatoriamente a cuatro grupos de pastoreo. Además, se utilizaron cuatro vaquillas F1, fistuladas en el rumen, para realizar una prueba de digestibilidad in situ; estas no estaban en producción y se asignaron una por cada grupo de pastoreo.

Se contó con una superficie de 6.4 ha, dividida en dos repeticiones de campo de 3.2 ha cada una, a su vez divididas en dos áreas de 1.6 ha, donde se alojaron los siguientes tratamientos: *Brachiaria brizantha* + *Cratylia argentea* (T1) y *Brachiaria brizantha* en monocultivo (T2). El pastoreo fue rotacional con 5 d de ocupación y 25 d de recuperación, con una carga animal de 2.5 UA ha^{-1} . En cada repetición (R1, R2), se aplicó un diseño permutable reversible para dos tratamientos, con un período extra para estimar el efecto residual del tratamiento previo, en el cual el grupo de vacas fue la columna y el período la hilera.

La fase experimental comprendió tres períodos, cada período constó de 25 d iniciales de adaptación a los tratamientos y 5 d finales de medición de las variables, para un total de 90 d, iniciando el 30 de marzo de 2015, y finalizando el 27 de junio de 2015.

Las variables medidas fueron: producción diaria de leche vaca $^{-1}$, peso vivo (kg) y condición corporal en una escala de 1 a 5 (Lowman et al., 1976), al inicio y término de cada período. En leche se midió pH, grasa, proteína y sólidos totales (%), con un analizador ultrasónico (Lactoscan®). Se estimó el consumo de materia seca ($g/PV^{0.75}$), utilizando el Cr_2O_3 . En heces se determinó cenizas (CEN, %), proteína cruda ($PC = [N] \times 6.25\%$) por el Método de Kjeldahl (AOAC, 1984), fibra en detergente ácida (FDA, %), fibra en detergente neutra (FDN, %) y lignina- H_2SO_4 (LIG, %), de acuerdo a Van Soest et al. (1991), utilizando un analizador de fibras ANKOM^{200®}. En forrajes se evaluó la cantidad de materia seca presente (MSP, $kg\ ha^{-1}$), antes y después del pastoreo, por el método de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw, 1975) y su calidad nutritiva, mediante la determinación (% de la MS) de: proteína cruda ($PC = [N] \times 6.25\%$) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984), fibra en detergente neutro

(FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %) y lignina-H₂SO₄ (LIG, %), de acuerdo a Van Soest et al. (1991), utilizando un analizador de fibras ANKOM^{200®}. La prueba de digestibilidad in situ se realizó mediante la técnica de la bolsa de nylon (Ørskov y McDonald, 1979).

Resultados y discusión

El peso vivo, condición corporal y producción de leche fueron similares ($P>0.05$) en ambos tratamientos. En pH, grasa, proteína y sólidos totales tampoco se encontraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$). No se encontró diferencias entre tratamientos en consumo de materia seca y composición química de las heces ($P>0.05$) (Cuadros 1 y 2). El valor nutricional de los forrajes tampoco fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos, pero se encontraron diferencias ($P<0.05$) en materia seca (MS) en la salida del T2, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad (DIG) en la salida del T1 (gramínea asociada) (Cuadro 3).

Cuadro 1. Medias (\pm error estándar) de peso vivo, condición corporal, producción y calidad de leche y consumo de materia seca ($\text{g animal}^{-1} \text{d}^{-1}$), de vacas que pastaron dos pasturas experimentales: T1, asociación *C. argentea* – *B. brizantha*; y T2, *Brachiaria brizantha*, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

Variable de respuesta	Tratamiento		
	T1 (Asociación)	T2 (Gramínea sola)	EE
Producción animal			
Peso Vivo (kg/vaca)	533 ^a	536 ^a	11.5
Condición Corporal (escala 1-5)	3.5 ^a	3.5 ^a	0.06
Producción de leche (kg/vaca/día)	6.3 ^a	6.1 ^a	0.22
Calidad de la leche			
pH	6.7 ^a	6.7 ^a	0.02
Grasa (%)	5.2 ^a	5.2 ^a	0.13
Proteína (%)	2.6 ^a	2.6 ^a	0.03
Sólidos totales (%)	11.6 ^a	11.5 ^a	0.18
Consumo MS (g MS/animal/día)	13850 ^a	13990 ^a	0.6

Dentro de la hilera, medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P\leq 0.05$). EE = Error estándar. pH = Potencial hidrógeno.

La asociación *C. argentea* – *B. brizantha* no produjo un incremento en la producción láctea individual, durante la época seca. No obstante, se ha informado que la suplementación con esta leguminosa llega a incrementar la producción de leche individual. En un trabajo realizado por Argel et al. (2010) se compararon diferentes alimentos para complementar

vacas y se encontró que al suplementar con *Cratylia argentea* fresca hubo una producción de 10.9 kg vaca⁻¹ d⁻¹, en tanto que con *Cratylia* ensilada, la producción fue de 10.7 kg vaca⁻¹ d⁻¹. Por su parte, Sánchez y Ledin (2006) realizaron un estudio en donde se suplementó con *Cratylia argentea* en diferentes niveles, encontrándose incrementos de 1.2 a 1.73 kg vaca⁻¹ d⁻¹. De esto se deduce que en el presente experimento la leguminosa no contribuyó a mejorar la dieta, debido al bajo consumo de esta por las vacas, lo cual pudo estar asociado a la madurez del follaje.

La asociación de *C. argentea* con *B. brizantha* no alteró la calidad de la leche, manteniendo sus valores dentro de los rangos normales que se presentan durante la época de secas. Argel et al. (2010) reportaron los siguientes valores: Grasa, 3.7%; proteína, 3.2%, sólidos totales, 12.5%. Sánchez y Ledin (2006) evaluaron estas mismas variables obteniendo los siguientes resultados: Grasa, 4%; proteína, 3.6%; sólidos totales, 12.4%. Lo anterior permite afirmar que el suministro de *Cratylia argentea* como suplemento en pesebre o bien ramoneada, no disminuye o aumenta los parámetros de calidad de la leche.

El consumo de materia seca no fue afectado por el tratamiento de la asociación de *C. argentea* - *B. brizantha* en comparación con el tratamiento de gramínea sola, sin embargo, se observó un mayor consumo en el tratamiento del monocultivo. Valles et al. (2016) realizó un trabajo en Veracruz, donde evaluó la ganancia de peso vivo de terneras F1, las cuales se alimentaron con la asociación *Cratylia argentea* - *Brachiaria brizantha* y el monocultivo de la gramínea (*Brachiaria brizantha*) pasto Toledo, bajo condiciones de pastoreo, obteniéndose consumos de 4.09 y 4.32 kg MS d⁻¹, siendo estos consumos mayores a los obtenidos. Con esto, se deduce que los consumos fueron mayores, debido al alto porcentaje de proteína en los tratamientos, ya que se mejoran las condiciones para la actividad microbiana y, por ende, se aumenta el consumo de materia orgánica.

Cuadro 2. Medias (\pm error estándar) para materia seca (%), proteína cruda (%), fibra en detergente neutro (%), fibra en detergente ácido (%) y lignina (%) de las heces producidas, por las vacas que pastaron en los dos tratamientos T1, asociación *C. argentea* – *B. brizantha*; y T2, *Brachiaria brizantha*).

Tratamiento	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)
T1 (Asociada)	13.4 ^a	11.4 ^a	62.3 ^a	37.3 ^a	15.5 ^a
T2 (Gramínea sola)	13.6 ^a	11.0 ^a	62.3 ^a	36.9 ^a	14.9 ^a
EE	0.22	0.15	0.31	0.31	0.31

Dentro de la hilera, medias \pm errores estándar seguidos de letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). EE = Error estándar. MS = Materia seca. PC = Proteína cruda. FDN = Fibra en detergente neutro. FDA = Fibra en detergente ácido. LIG = Lignina.

Al evaluar la composición química de las heces en ambos tratamientos, no se encontró ninguna diferencia ($P > 0.05$) en las variables. El valor del nitrógeno en este trabajo fue mayor

al obtenido por Valles et al. (2016) que reporta los siguientes porcentajes: Asociación (C. argentea - B. brizantha) fue de 2.06% y para el monocultivo (B. brizantha) de 2.03%. Con respecto a las demás variables los valores fueron los siguientes, tanto para la asociación y el monocultivo: FDN no se determinó, FDA 48.62–50.67% y LIG 23.91–26.09, siendo estos porcentajes menores a los obtenidos en este estudio. Esto se pudo deber a la edad de la planta, debido a que al ser más madura se acumulan más paredes celulares, las cuales hacen menos disponibles los compuestos del forraje.

Cuadro 3. Medias (\pm error estándar) para materia seca (%), proteína cruda (%), fibra en detergente neutro (%), fibra en detergente ácido (%), lignina (%) y digestibilidad in situ (%), de los componentes forrajeros de los dos tratamientos T1, asociación C. argentea – B. brizantha; y T2, Brachiaria brizantha) a la entrada y salida del pastoreo.

Tratamiento	Entrada/ Salida	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	DIG (%)
T1 (gramínea asociada)	Entrada	24.86 ^a	8.39 ^a	73.05 ^a	38.60 ^a	5.93 ^a	74.67 ^a
	Salida	26.18 ^a	7.11 ^b	75.00 ^b	40.81 ^b	6.61 ^a	70.75 ^b
T1 (leguminosa)	Entrada	29.12 ^a	20.77 ^a	60.29 ^a	34.96 ^a	17.32 ^a	64.50 ^a
	Salida	30.92 ^a	20.24 ^a	59.36 ^a	35.12 ^a	17.46 ^a	62.17 ^a
T2 (gramínea sola)	Entrada	26.23 ^a	8.08 ^a	75.34 ^a	39.00 ^a	6.10 ^a	73.00 ^a
	Salida	29.64 ^b	7.16 ^a	75.31 ^a	39.70 ^a	6.35 ^a	70.58 ^a
EE		0.52	0.74	0.87	0.40	0.64	0.71

Dentro de la hilera, medias \pm errores estándar seguidos de letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). EE = Error estándar. MS = Materia seca. PC = Proteína cruda. FDN = Fibra en detergente neutro. FDA = Fibra en detergente ácido. LIG = Lignina. DIG = Digestibilidad.

La calidad nutritiva de una planta forrajera depende de su composición química, digestibilidad y consumo voluntario (Argel y Lascano, 2011). Al determinar la calidad del forraje en ambos tratamientos, no se encontró alguna diferencia, sin embargo, estas se observaron al evaluar el forraje a la entrada y salida del pastoreo. Valles et al. (2016) realizaron un trabajo bajo condiciones de pastoreo, donde evaluaron la composición química de la leguminosa forrajera arbustiva *Cratylia argentea*, antes y después del pastoreo, registrando los siguientes valores: PC 27.0 – 27.1%, FDN 58.7 – 58.0%, FDA 39.3 – 39.0%, LIG 20.4 – 19.3% y DIG 72.0 %. Para la gramínea asociada, se obtuvieron los siguientes porcentajes: PC 11.0 – 11.2%, FDN 73.8 – 71.8%, FDA 43.7 – 43.0%, LIG 9.0 – 8.7% y DIG 73.5%. Por último, se evaluó la gramínea *Brachiaria brizantha* – Toledo en monocultivo, teniendo los siguientes resultados: PC 11.3 – 11.8%, FDN 74.5 – 75.1%, FDA 41.3 – 43.3%, LIG 8.3 – 9.0% y DIG 72.3%. La mayoría de los resultados obtenidos en las diferentes variables evaluadas presentan promedios menores a los reportados en este trabajo. Esto se pudo deber principalmente por la época del muestreo, ya que cambian las condiciones climáticas y la edad del forraje,

debido a que con el paso del tiempo se comienzan a acumular las paredes celulares, siendo estos los factores que afectan principalmente la calidad nutritiva del forraje.

Conclusiones

La inclusión de *Cratylia argentea* en la dieta de bovinos de doble propósito en pastoreo durante la época de secas, no incrementó la producción de leche, pero si permitió mantener los valores de calidad dentro de los rangos esperados para este tipo de sistema de producción, además que mantuvo al ganado sin perder peso ni condición corporal.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto: “Evaluación de la calidad, consumo y digestibilidad de *Brachiaria brizantha*-*Cratylia argentea*, como estrategia alimenticia para rumiantes en el Trópico Mexicano”, con clave PAPIIT IN215312.

Literatura citada

A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 1984. 13 ed., Association of Analytical Chemists, Inc., Virginia.

Argel, P. J., P. M. Lobo, F. Romero, J. González, C. E. Lascano, P. C. Kerridge and F. Holmann. 2010. Silage of *Cratylia argentea* as dry season feeding alternative in Costa Rica. FAO Electronic Conference on Tropical Silage 161:65-67.

Argel, P. J. y C. E. Lascano. 2002. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *Pasturas Tropicales* 20(1).

Argel, P. J. y C. E. Lascano. 2011. *Cratylia argentea*: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, FAO.

Haydock, K. P. and N. H. Shaw. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:663-670.

Holmann, F. y C. Lascano. 1997. Efecto de la suplementación con *Cratylia argentea* cv. Veraniega fresca y ensilada sobre la producción de leche en vacas en sistemas doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Consorcio Tropicoleche.

INEGI. 2008. [Página web en internet]. Regiones Naturales y Biogeografía de México. [Citado el 12 de noviembre del 2014]. Disponible en: URL: http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/1-GEOGRAFIADEMEXICO/MANUAL_REGNATBIOGEOG_VS_ENERO_29_2008.pdf.

Lowman, B.G., N. A. Scott and S. M. Somerville. 1976. Condition Scoring beef cattle. The east of Scotland College of Agriculture. Bulletin (6).

OIEDRUS. 2015a. [Página web en internet]. Leche de Bovino, Producción Anual 2015. [Citado el 25 de noviembre del 2016]. Disponible en: URL: http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx/principal/anio_pecuario?productos=Leche+de+bovino&indicadores=pec_produccion&example_length=5

OIEDRUS. 2015b. [Página web en internet]. Carne en Canal de Bovino, Producción Anual 2015. [Citado el 25 de noviembre del 2016]. Disponible en: URL: http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx/principal/anio_pecuario?productos=Carne+en+canal+de+bovino&indicadores=pec_produccion&example_length=5

Orskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agr. Sci.* 92:499-503.

Rincón, A., O. Pardo, J. L. Parra, O. J. Cerinza, S. M. Pinzón, W. A. Correal y A. Rojas. 2007. Establecimiento, manejo y uso de la leguminosa arbustiva forrajera *Cratylia argentea* cv Veranera en el Piedemonte Llanero. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. p. 1-24.

Sánchez, N. R. and I. Ledin. 2006. Effect of feeding different levels of foliage from *Cratylia argentea* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and milk composition. *Trop. Anim. Health. Prod.* 38:343-351.

SIAP-SAGARPA. 2015. [Página web en internet]. Resumen Nacional Producción, Precio, Valor, Animales Sacrificados y Peso 2015. [Citado el 10 de noviembre del 2016]. Disponible en: URL: http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/ResumenNacional.do

Valles, B., E. Castillo, M. A. Alonso, E. Ocaña, J. Jarillo. 2016. Live-weight gains of Holstein x Zebu heifers grazing a *Cratylia argentea*/Toledo-grass (*Brachiaria brizantha*) association in the Mexican humid tropics. *Agroforest System*.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

EVALUACIÓN DE LA SEROCONVERSIÓN EN CABRAS VACUNADAS CON DIFERENTES CEPAS CONTRA BRUCELOSIS EN VERACRUZ, MÉXICO

Baldomero Molina Sánchez²¹², David I. Martínez Herrera^{212*}, Violeta T. Pardío Sedas²¹², Ricardo Flores Castro²¹³, José F. Morales Álvarez²¹³, Joaquín Murguía González²¹⁴, Carlos R. Cerdán Cabrera²¹⁵ y José Alfredo Santiago Villagómez Cortés²¹²

Resumen

La vacunación contra brucelosis, permite proteger el inventario pecuario y disminuir el riesgo de contagio al humano. Las vacunas autorizadas para proteger a hembras susceptibles, son Rev – 1 y RB51 (Villa et al., 2008). La RB51 es segura y no genera confusión diagnóstica en pequeños rumiantes, debido a que carece de cadenas laterales de lipopolisacáridos tipo O (Martínez et al., 2010). En la actualidad, se han generado nuevas cepas vacunales como la RB51 – SOD (Superóxido Dismutasa), que ha sido evaluada en modelos murino (Vemulapalli et al., 2000). El presente trabajo tiene como propósito identificar anticuerpos contra *Brucella* spp. para establecer la seroprevalencia en rebaños caprinos y determinar la seroconversión en animales vacunados con RB51 – SOD, Rev-1 y RB51 para comparar interferencia diagnóstica y de forma indirecta, conocer la protección conferida en hembras susceptibles vacunadas. Se utilizaron 216 hembras con serología negativa en rebaños infectados; se aplicaron 2 mL de vacuna por vía subcutánea en el lado izquierdo del cuello. Antes y después de la vacunación, se tomaron muestras serológicas de todas las hembras de los rebaños que participaron en el estudio para evaluar la seroprevalencia inicial de los rebaños y luego, para conocer la seroconversión a los 30, 60, 90 días después de la vacunación; para ello, se realizaron pruebas en serie con el uso de la aglutinación con de Rosa de Bengala al 3% (RBPT) como tamiz y la de Inmunodifusión Radial Simple (SRD) como confirmatoria. Se encontró una seroprevalencia general de 1.28% (IC_{95%} 0.5 -2.7) y que confirma la exposición de los rebaños a *Brucella* spp. Al final del periodo de observación; es decir, a los 90 días post-vacunación, se observó que 2.7% (IC_{95%} 0.49 – 14.1) de las hembras que se vacunaron con cepa Rev – 1 de *Brucella melitensis* se les confirmó seroconversión con la prueba de

²¹² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. dmartinez@uv.mx

²¹³ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Microbiología (CENID-Microbiología), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

²¹⁴ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Córdoba, Ver.

²¹⁵ Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver.

SRD; en contraste las que se vacunaron con las cepas RB51 y RB51 – SOD, no presentaron reacción a la prueba serológica confirmatoria.

Palabras clave: *Brucella* spp., vacunación, cepas, RB51 – SOD, seroprevalencia

Introducción

La brucelosis es una zoonosis de distribución mundial y alta contagiosidad. La Organización Mundial de la Salud (OMS), la considera dentro de las 10 zoonosis olvidadas, y con ello favorece la permanencia en el humano (Arenas-Gamboa et al., 2016). Es causada por bacterias del género *Brucella*, organismos Gram negativos, intracelulares facultativos, la mayoría aerobios estrictos. Cuentan con cadenas de lipopolisacáridos complejos que las hacen más virulentas que otras bacterias (Gul y Khan, 2007). La enfermedad se presenta en unidades de producción de ganado bovino, ovino y caprino, donde esta última es la más importante debido a la posibilidad de transmisión a humanos (Blasco et al., 2011). En los pequeños rumiantes se caracteriza por disminución en la producción de leche, abortos, pérdida de peso, muerte fetal, retención placentaria, crías débiles y orquitis aguda (El Idrissi et al., 2001). Las personas pueden infectarse por ingestión de alimentos contaminados con la bacteria, como leche no pasteurizada o sus derivados elaborados con ésta, y por interacción directa con animales infectados o por inhalación (Gul y Khan, 2007). Una alternativa para controlar la enfermedad en los animales es la vacunación de las hembras; y evita consecuencias económicas y médicas de brucelosis en animales y el humano. En zonas endémicas de Brucelosis en pequeños rumiantes, la vacunación intensiva se realiza con la cepa Rev – 1 de *B. melitensis*, en hembras jóvenes y adultas. El principal indicador de la reducción de la brucelosis en los animales es la disminución concomitante de casos humanos que se alcanza gracias a la vacunación (Villa et al., 2008). No obstante, la eficacia de la cepa Rev – 1, esta provoca la confusión diagnóstica hasta en 75% de los animales vacunados a partir de la segunda semana post-vacunación y alcanza su máximo entre la segunda y la sexta, que tiende a disminuir hasta llegar a cero en 14 semanas (El Idrissi et al., 2001). En México la cepa RB51 fue aprobada desde 1998 para ser usada en ganado bovino, misma que ha sido evaluada en cabras y ovejas en condiciones controladas y de campo con buena protección contra el desafío experimental con *B. melitensis*, aunque se especula que la protección conferida pudiera ser menor que la obtenida con la cepa Rev – 1, pero tiene la ventaja indiscutible de que no produce interferencia diagnóstica post-vacunación en la serología convencional (Villa et al., 2008; Martínez et al., 2010). Debido a la necesidad de contar con alternativas para controlar la enfermedad en las zonas endémicas, se busca

desarrollar cepas de sobreexpresión de antígenos específicos para inducir una respuesta inmunitaria mayor y más eficaz; así, se ha demostrado que la sobreexpresión de Cu/Zn SOD (Superóxido dismutasa) en modelos murinos, manifestó una mejor protección frente a la infección experimental por *B. abortus*, con una protección igual o mejor que la inducida por Rev-1, contra la infección por *B. melitensis* (Shurig et al., 2002; Solorio-Rivera et al., 2007); no obstante, no se cuenta con información del uso de la cepa en animales domésticos sobre la seroconversión y eficacia, entonces el objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia de *Brucella* spp. en rebaños caprinos y determinar la seroconversión en animales vacunados con Rev-1 (*B. melitensis*), RB51 y RB51-SOD (*B. abortus*) para estimar seroconversión inducida y de forma indirecta, nivel de protección conferido en las hembras susceptibles.

Materiales y Métodos

El estudio es un ensayo clínico de fase III, realizado de septiembre a diciembre de 2016 para evaluar la seroprevalencia y seroconversión de rebaños caprinos positivos a brucelosis en la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México, por las vacunas Rev - 1 de *Brucella melitensis*; RB51 y RB51 - SOD de *Brucella abortus*. Para ello, se estimó el número de animales con el programa Win Episcopy Ver. 2.0, para una prevalencia para Veracruz notificada por Roman et al. (2017) de 0.52% en cabras, un intervalo de confianza de 95% y un error del 5%. El tamaño mínimo de muestra fue de 72 cabras por bloque y cepa; cada bloque estuvo integrado por grupo vacunal (36) y grupo control (36). Los grupos se integraron por cabras mayores de 3 meses, seronegativas a brucelosis y nunca vacunadas; los animales positivos a brucelosis se mantuvieron en los rebaños para exposición permanente al resto. A las hembras de los grupos vacunados de cada bloque, se les aplicaron 2 mL de la vacuna por vía subcutánea en el lado izquierdo del tercio medio del cuello. El primer bloque la cepa Rev - 1 de *Brucella melitensis* a dosis de $1 - 2 \times 10^9$ UFC; el segundo la cepa RB51 de *Brucella abortus*, recibió 3×10^8 a 3×10^9 UFC y el tercero con RB51 - SOD de *Brucella abortus* a dosis de 3×10^8 a 3×10^9 UFC. Cada bloque tuvo su grupo control que recibieron 2 mL de Solución Salina Fisiológica, vía subcutánea en la región del cuello. Se realizó muestreo inicial para identificar la seroprevalencia de los rebaños y después de seguimiento a los 30, 60 y 90 días post-vacunación, a través de muestra sanguínea colectada de la vena yugular de cada uno de los animales con tubos vacutainer sin anticoagulante (BD Vacutainer Oxford, UK); después, se colocaron en hielera con refrigerantes para mantenerlos a temperatura de 4°C y transportarlos al laboratorio. Las muestras se centrifugaron a 1000 g x por 10 minutos a temperatura ambiente. Por último, los sueros se colocados en viales

Eppendorf y se congelaron a -20°C para su posterior análisis. La seroprevalencia inicial de los rebaños, así como la seroconversión en los tres bloques utilizados se hizo con pruebas diagnósticas en serie; aglutinación con Rosa de Bengala al 3% (RBPT) como tamiz e Inmunodifusión Radial Simple (SRD) como confirmatoria (Garín–Bastuji et al., 2006; Rahman y Baek, 2008). El análisis se calculó por epidemiología descriptiva (seroprevalencia de brucelosis inicial y seroconversión producida durante el periodo de observación). Las diferencias entre grupos y la significancia de asociación, se realizó por análisis de datos categóricos (χ^2) y el grado de asociación por Riesgo Relativo (RR) (Thrusfield, 2005).

Resultados y discusión

El Cuadro 1, muestra la seroprevalencia inicial de Brucelosis en Xaltepec que corresponde a los tres bloques, con prueba RBPT, que resultó 22.1, 26.1 y 16% ($\text{IC}_{95\%}$ 16.5 – 28.9, 19.9 – 33.2 y 11.1 – 22.3, respectivamente), pero al confirmarse por SRD, se redujo a 0.5, 1.1 y 2.2% ($\text{IC}_{95\%}$ 0.3 – 3.4, 0.1 – 4.3 y 0.7 – 5.9), respectivamente; y así la prevalencia general fue 1.2% ($\text{IC}_{95\%}$ 0.5 – 2.7).

Cuadro 1. Seroprevalencia de Brucelosis en rebaños caprinos de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México.

Bloque/Cepa	Muestra	RBPT			SRD		
		Positivo	Prevalencia (%)	$\text{CI}_{95\%}$	Positivo	Prevalencia (%)	$\text{CI}_{95\%}$
Rev – 1	185	41	22.1	16.5 – 28.9	1	0.5	0.3 – 3.4
RB51	180	47	26.1	19.9 – 33.2	2	1.1	0.1 – 4.3
RB51 – SOD	181	29	16.0	11.1 – 22.3	4	2.2	0.7 – 5.9
Total	546	117	21.4	18.1 – 25.1	7	1.2	0.5 – 2.7

RBPT, Prueba de Rosa de Bengala al 3%. SRD, Prueba de Inmunodifusión Radial simple.

El Cuadro 2, muestra los datos de seroconversión en cabras vacunadas a los 30, 60 y 90 días post-vacunación. Con la cepa Rev – 1 a los 30 días fue de 77.7% ($\text{IC}_{95\%}$ 61.9 – 88.2); a los 60 y 90 días, de 72.2% ($\text{IC}_{95\%}$ 56.0 – 84.1) y 63.8% ($\text{IC}_{95\%}$ 47.5 – 77.5), respectivamente; pero a las 12 semanas pos-vacunación más del 50% de los animales vacunados permanecían positivos a la prueba RBPT. Las hembras vacunadas con RB51 y RB51 – SOD, durante el periodo de evaluación solo uno y dos animales fueron positivos, respectivamente a RBPT ($\text{IC}_{95\%}$ 0.4 – 14.1 y 1.5 – 18.1, respectivamente).

Cuadro 2. Seroconversión a RBPT en cabras después de la vacunación en Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México.

Cepa/Grupo	N	Tiempo post-vacunación (días)								
		30	60	90						
		Positivo	Seroconversión (%)	IC _{95%}						
Rev 1										
Vacunado	36	28	77.7	61.9 - 88.2	26	72.2	56.0 - 84.1	23	63.8	47.5 - 77.5
Control	36	4	11.1	4.4 - 25.3	4	11.1	4.4 - 25.3	4	11.1	4.4 - 25.3
RB51										
Vacunado	36	1	2.7	0.4 - 14.1	1	2.7	0.4 - 14.1	1	2.7	0.4 - 14.1
Control	36	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
RB51 – SOD										
Vacunado	36	2	5.5	1.5 - 18.1	2	5.5	1.5 - 18.1	2	5.5	1.5 - 18.1
Control	36	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0

RBPT, Prueba Rosa de Bengala al 3%

Cuadro 3. Seroprevalencia de Brucelosis con SRD en cabras vacunadas en Xaltepec, Perote, Veracruz, México.

Cepa/Grupo	N	Tiempo post-vacunación (días)								
		30	60	90						
		Positivo	Seroprevalencia (%)	IC _{95%}						
Rev 1										
Vacunado	36	1/28	2.7	0.49 - 14.1	1/26	2.7	0.49 - 14.1	1/23	2.7	0.49 - 14.1
Control	36	0/4	0.0	0.0	0/4	0.0	0.0	0/4	0.0	0.0
RB51										
Vacunado	36	0/1	0.0	0.0	0/1	0.0	0.0	0/1	0.0	0.0
Control	36	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0
RB51 – SOD										
Vacunado	36	0/2	0.0	0.0	0/2	0.0	0.0	0/2	0.0	0.0
Control	36	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0	0/0	0.0	0.0

SRD, Inmunodifusión Radial Simple.

Los animales no vacunados resultaron negativos a las pruebas serológicas. Los sueros positivos a RBPT, fueron confirmados con la prueba SRD a los 30, 60 y 90 días post-vacunación; así de los vacunados con cepa Rev – 1 a los 30, 60 y 90 días, solo se confirmó un animal, y eso representó 2.7% (IC_{95%} 0.4 – 14.1) de las cabras vacunadas; en cambio, todos los vacunadas con RB51 y RB51- SOD fueron negativas (Cuadro 3). 1(2.75%) de las cabras vacunadas con Rev – 1, se infectó durante el estudio. Un animal vacunado con cepa RB51 y dos con la cepa RB51 – SOD, expresaron anticuerpos que fueron identificados por RBPT, pero fueron descartados por SRD.

La seroprevalencia general de Brucelosis en los rebaños en estudio fue 21.4% (IC_{95%} 18.1 – 25.1) con prueba RBPT como tamiz y con prueba confirmatoria SRD fue 1.2% (IC_{95%} 0.5 – 2.7), que son prevalencias similares a las encontradas por Román – Ramírez et al. (2017) en 14 municipios de la zona centro del estado de Veracruz de 18.18% y 0.59%, respectivamente; y es mayor a la señalada para rebaños caprinos del estado de Michoacán, México, donde la seroprevalencia a nivel animal fue del 9.8% (IC_{95%} 8.8 – 10.7) (Solorio – Rivera et al., 2007). Lo anterior muestra que los rebaños ubicados en la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México son animales expuestos a la brucelosis y las condiciones de manejo generan oportunidad para la permanencia de la infección; también es necesario valorar la cepa vacunal que se utiliza en los programas de erradicación de la brucelosis, porque demuestra que más del 20% de animales reaccionaron a la prueba tamiz, pero no son animales infectados (Blasco y Molina- Flores, 2011; Coelho et al., 2013; Ali et al., 2015). Al evaluar la seroconversión, los animales vacunados con cepa Rev – 1 mostraron 77.7% (IC_{95%} 61.9 – 88.2), 72.2% (IC_{95%} 56.0 – 84.1) y 63.8% (IC_{95%} 47.5 – 77.5), a los 30, 60 y 90 días post – vacunación; esto coincide con lo reportado por Blasco et al. (2011) quienes señalan que la vacunación con dosis completa (1×10^9 UFC) provoca interferencia diagnóstica y dificulta la aplicación de la vacunación como única alternativa en programas de erradicación de brucelosis en los rebaños caprinos. Los sueros positivos a RBPT se sometieron a confirmación con SRD, donde solo un animal resultó positivo, que representa 2.7% (IC_{95%} 0.4 – 14.1), y puede indicar que la vacuna no lo protegió o bien que el animal estaba infectado antes de la vacunación, a pesar de que resultó negativo a la prueba inicial. Los animales vacunados no fueron desafiados a una dosis controlada de *Brucella melintesis*, el desafío fue por exposición natural en los rebaños infectados; y representa que los animales seroreactores pueden procesar el agente y mantener una condición de animal reaccionante a pruebas serodiagnósticas, pero no infectado de brucelosis (Martínez et al., 2005; Román – Ramírez et al., 2017). Dentro de los grupos de cabras vacunadas con las cepas RB51 y RB51 – SOD, 2.7% (IC_{95%} 0.4 – 14.1) y 5.5% (IC_{95%} 1.5 – 18.1) reaccionaron a RBPT durante el periodo de la evaluación, respectivamente; pero al someterse a SRD, resultaron negativas. La cepa RB51 se usa oficialmente para la vacunación solo de hembras

bovinas, es una cepa mutante rugosa, no induce respuesta de anticuerpos anti-LPS, permite el uso de pruebas serológicas convencionales para el diagnóstico de brucelosis en los animales, y se considera que su uso es seguro en pequeños rumiantes (Yang et al., 2013). La cepa RB51 – SOD, se obtuvo para generar la sobreexpresión de una proteína periplásmica del antígeno protector conocido como Cu/Zn SOD (Superoxido dismutasa), que provoca la respuesta celular inmune por linfocitos T cooperadores tipo Th1 y la protección contra la cepa de *B. abortus* 2308, que se ha demostrado en modelos murinos (Oñate et al., 2003). De las hembras vacunadas con esta cepa, dos de las 36 (5.5%; IC_{95%} 1.5 – 18.1) seroconvirtieron según la RBPT, pero al someterse a SRD también resultaron negativos, esto es indicativo de que los animales fueron capaces de procesar la *Brucella* spp. y establecieron una respuesta inmune que generó la producción de inmunoglobulinas contra la cepa de campo que se pudieron identificar por la prueba tamiz (Dorneles et al., 2015), pero la RB51 – SOD indujo en efecto la activación de macrófagos a través de los linfocitos Th1 que protegieron a las cabras. Olsen et al, (2009) realizaron la evaluación de la cepa RB51 – SOD en bisontes, que resultó menos eficaz que la RB51 para protección contra el aborto y la infección uterina en esa especie (Goodwin y Pascual, 2016).

En el estudio que aquí se describe, para el caso de las cepas RB51 y RB51 – SOD, que son cepas de *B. abortus*, algunos animales resultaron positivos solo a la prueba tamiz, lo que pudo descartarse mediante prueba de SRD, identificándose como negativos a brucelosis. En respuesta al objetivo de la evaluación de las cepas, se destaca que la seroconversión de la cepa Rev – 1 en rebaños infectados, es similar a lo obtenido por otros autores (Blasco y Molina – Flores 2011), mayor de la que resultó con las cepas RB51 y RB51 – SOD y representa que se tengan que realizar pruebas confirmatorias a 45.3% de los animales integrantes de la muestra durante el periodo de la evaluación, e incrementa el costo del diagnóstico (Dorneles et al., 2015; Goodwin y Pascual, 2016).

Las vacunas de ingeniería representan el futuro para el control de la brucelosis, una de las zoonosis de mayor importancia; no obstante, se necesitan estudios para desarrollar y evaluar su comportamiento sobre las vacunas actuales en términos de seguridad, eficacia y otras características deseables a nivel de campo.

Conclusiones

La caprinocultura de la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México es afectada por la Brucelosis, con una seroprevalencia de 1.2%.

La expresión de la seroconversión en los animales vacunados con cepa Rev-1 de *B. melitensis*, fue mayor al 50% durante las primeras 12 semanas post-vacunación; superior a la

mostrada por los animales vacunados con RB51 y RB51 – SOD de *B. abortus*, lo que pone en ventaja a estas últimas sobre la primera, porque la seroconversión genera confusión diagnóstica con las pruebas serológicas convencionales y consideradas como oficiales para la Campaña Nacional contra la Brucelosis. Con los resultados obtenidos, es necesario continuar con la evaluación de la seroconversión y eficacia vacunal de las cepas durante el tiempo útil de las cabras.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias; el proyecto PRODEP “Apoyo a la integración de Redes Temáticas de colaboración Académica”; al CONACYT, al CENID – Microbiología del INIFAP y al Virginia Polytechnic Institute and State University; además a los caprinocultores de la comunidad de Xaltepec, Perote, Veracruz, México, al Comité para Fomento y Protección Pecuaria del estado de Veracruz y al Sistema Producto Caprino Veracruzano, por las facilidades otorgadas.

Literatura citada

Ali, S., Akhter, S., Neubauer, H., Melzer, F., Khan, I., Ali, Q. et al. 2015. Serological, cultural, and molecular evidence of *Brucella* infection in small ruminants in Pakistan. *J. Infect. Dev. Countr.* 9(5):470-75.

Arenas-Gamboa, A. M., Rossetti, C. A., Chaki, S. P., García-González, D. G., Adams, L. G. and Ficht, T. A. 2016. Human Brucellosis and Adverse Pregnancy Outcomes. *Curr. Trop. Med. Rep.* 3:164-72.

Blasco, J. M. y Molina-Flores, B. 2011. Control and eradication of *Brucella melitensis* infection in sheep and goats. *Vet. Clin. N. Am-Food A.* 27(1):95-104.

Coelho, A. M., Díez, J. G. y Coelho, A.C. 2013. Brucelosis en pequeños rumiantes: efecto de la aplicación de un programa especial de vacunación en masa con REV-1. *Rev Electron Vet.* 14(12):1-16.

Dorneles, E. M., Sriranganathan, N. and Lage, A. P. 2015. Recent advances in *Brucella abortus* vaccines. *Vet. Res.* 46(1):76.

- El Idrissi, A. H., Benkirane, A., El Maadoudi, M., Bouslikhane, M., Berrada, J. and Zerouali, A. 2001. Comparison of the efficacy of *Brucella abortus* strain RB51 and *Brucella melitensis* Rev. 1 live vaccines against experimental infection with *Brucella melitensis* in pregnant ewes. *Rev. Sci. Tech. OIE*. 20(3):741-744.
- Fosgate, G. T., Adesiyun, A. A., Hird, D. W., Johnson, W. O., Hietala, S. K., Schurig, G. G. et al. 2003. Evaluation of brucellosis RB51 vaccine for domestic water buffalo (*Bubalus bubalis*) in Trinidad. *Prev. Vet. Med.* 58(3):211-25.
- Garin-Bastuji, B., Blasco, J. M., Marín, C. and Albert, D. 2006. The diagnosis of brucellosis in sheep and goats, old and new tolos. *Small Ruminant Res.* 62:63-70.
- Goodwin, Z. I. and Pascual, D. W. 2016. Brucellosis vaccines for livestock. *Vet. Immunol. Immunop.* 181:51-58.
- Gul, S. T. and Khan, A. 2007. Epidemiology and epizootology of brucellosis: A review. *Pak. Vet. J.* 27:145-151.
- Martínez, H. D. I., Morales, M. J. A., Peniche, C. A. E., Molina, S. B., Rodríguez, C. M. A., Loeza, L. R. et al. 2010. Use of RB51 Vaccine for small ruminants Brucellosis prevention, in Veracruz, México. *International Journal of Dairy Science* 5:10-17.
- Martínez-Martínez, O. L., Pérez De la Rosa, R., Díaz Aparicio, E., Snyderlaar Hardwicke, A. C., Hernández Andrade, L. y Suárez Güemes, F. 2005. Estudio de la eliminación en la leche de la cepa Rev 1 de *Brucella melitensis* en cabras vacunadas con dosis reducida. *Tec. Pec. Mex.* 43(3).
- Olsen, S. C., Boyle, S. M., Schurig, G. G. and Sriranganathan, N. N. 2009. Immune responses and protection against experimental challenge after vaccination of bison with *Brucella abortus* strain RB51 or RB51 overexpressing superoxide dismutase and glycosyltransferase genes. *Clin. and Vaccine Immunol.* 16(4):535-540.
- Oñate, A. A., Céspedes, S., Cabrera, A., Rivers, R., González, A., Muñoz, C. et al. 2003. DNA vaccine encoding Cu, Zn superoxide dismutase of *Brucella abortus* induces protective immunity in BALB/c mice. *Infect Immun.* 71(9):4857-61.
- Rahman, S. and Baek, B. K. 2008. Diagnostic efficacy of *Brucella abortus* strain RB51 in experimentally inoculated Sprague-Dawley rats using western blot assay. *J. Infect. Dev. Countr.* 2(5):384-88.

Román-Ramírez, D. L., Martínez-Herrera, D. I., Villagómez-Cortés, J. A. J., Peniche-Cardaña, Á. E., Morales-Álvarez, J. F. y Flores-Castro, R. 2017. Epidemiología de la brucelosis caprina en la Zona Centro del Estado de Veracruz. *Gaceta Médica de México* 153(1):26-30.

Schurig, G. G., Sriranganathan, N. and Corbel, M. J. 2002. Brucellosis vaccines: past, present and future. *Vet. Microbiol.* 90(1):479-96.

Solorio-Rivera, J. L., Segura-Correa, J. C. and Sánchez-Gil, L. G. 2007. Seroprevalence of and risk factors for brucellosis of goats in herds of Michoacan, Mexico. *Prev. Vet. Med.* 82(3):282-90.

Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology*. 3ra ed. Blackwell Science Oxford, UK.

Vemulapalli, R., He, Y., Cravero, S., Sriranganathan, N., Boyle, S. M. and Schurig, G. G. 2000. Overexpression of protective antigen as a novel approach to enhance vaccine efficacy of *Brucella abortus* strain RB51. *Infect. Immun.* 68(6):3286-89.

Villa, R., Perea, M., Aparicio, E. D., Mobarak, A. S., Andrade, L. H. and Güemes, F.S. 2008. Abortions and stillbirths in goats immunized against brucellosis using RB51, rfbK and Rev 1 vaccines. *Tec. Pec. Mex.* 46(3).

Yang, X., Skyberg, J. A., Cao, L., Clapp, B., Thornburg, T. and Pascual, D. W. 2013. Progress in *Brucella* vaccine development. *Front. Biol.* 8(1):60-77.

PRUEBA DE DESAFÍO EN UN HATO DE LECHERÍA TROPICAL CON GANADO SUIZO EN PASTOREO

Juárez Reyes Pedro Iván²¹⁶, Morales Culebro Víctor Uzziel²¹⁶; Romero Figueroa Maximino Zito^{216*},
Fernández Figueroa José Antonio²¹⁶, Tadeo Cruz Pablo²¹⁶, Acar Martínez Nayib Bechara²¹⁶

Resumen

Con el objetivo de explorar el potencial genético para la producción de leche de vacas Suizo Americano se realizó el presente trabajo en Sayula de Alemán, Ver., en un rancho de lechería tropical. El hato se alimentó de Brachiarias en pastoreo rotacional intensivo, más 2 kg de concentrado por ordeño, el que se realizó dos veces al día; de noviembre a junio, las vacas recibieron 5 kg de silo de maíz; de las vacas que parieron de marzo a mayo de 2016, se escogieron las que registraron 12 o más kg de leche producida, para suplementarlas con 1 kg adicional de concentrado por cada 2 kg de leche a partir de los 12 kg. La producción se registró cada semana; con esta información se ajustó la cantidad extra de alimento. Las variables evaluadas fueron producción por lactancia (PL; kg), producción por día de lactancia (PDL; kg), días de lactancia (DL) y las mismas variables ajustadas a 305 días (PL305 y PDL305), para vacas primas y multíparas. Los resultados indican que de 22 vacas que parieron durante el período de estudio, el 50% registró 12 kg o más de leche y participaron en la prueba de desafío, 32% eran primas y 18% multíparas. De las 11 vacas que entraron a la prueba de desafío, el 73% registraron picos de producción dentro del rango de 15-20 kg; 18% dentro del rango de 20-25 kg. En primas, los resultados encontrados fueron los siguientes: 3,405 kg, 10.5 kg y 325 d para PL, PDL y DL, respectivamente. Cuando se ajustó la producción, PL305 fue 3,297 kg y PDL305 fue 10.8 kg; para las multíparas, se obtuvieron 4,926 kg, 14 kg y 350 d para PL, PDL y DL, respectivamente; la producción ajustada fue de 4,471 kg para PL305, y de 14.7 kg para PDL305. Se supera la producción promedio reportada para ranchos con alto nivel de tecnología en el trópico. Se concluye que la suplementación en función de la producción se debe implementar en los hatos de lechería tropical para conocer el potencial productivo de los animales.

Palabras clave: Potencial genético, primas, multíparas

²¹⁶ FISPA-UV. *romero.maximino@yahoo.com.mx

Introducción

La producción de leche es el resultado de la interacción del medio ambiente, genética y manejo; este último abarca factores como sanidad y alimentación, entre otros; en relación con el medio ambiente, su manipulación es complicada y costosa; en el otro extremo, la genética es un factor más práctico de trabajar, por lo que es atendido tanto por programas gubernamentales como por iniciativa de los productores, de tal manera que algunos autores como Preston y Leng (1989) consideran que en algunos países de América Latina existe potencial genético para incrementar la producción de leche o carne, y que la alimentación es la limitante para que este potencial se exprese. Los modelos matemáticos indican que en el trópico el potencial de producción de leche alcanza los 24 kg con animales Holstein x Cebú (Juárez et al., 2009); sin embargo, los estudios de ganaderías comerciales aun con niveles tecnológicos altos, mencionan producciones de leche de 2,890 kg por lactancia, con 289 días de lactación y 10 kg vaca⁻¹ d⁻¹ (Aguilar et al., 2008). La calidad nutritiva de los forrajes tropicales y el suministro de concentrado en cantidades fijas por vaca entre 2 y 4 kg de concentrado, sin importar el nivel de producción, son algunos de los factores que interfieren en la expresión del potencial genético. Con el objetivo de desafiar la capacidad productiva de vacas Suizo Americano de un sistema de lechería tropical se realizó el presente trabajo.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en un hato de lechería tropical de Sayula de Alemán, Ver., compuesto de vacas Suizo Americano en pastoreo rotacional intensivo de Brachiarias, que se ordeñaron dos veces al día, a las cuales se le proporcionaron 2 kg de concentrado (21% de PC estimada) por ordeño más 5 kg de silo de maíz de noviembre a junio. De las vacas que parieron de marzo a mayo de 2016, se seleccionaron aquellas que registraron producciones iguales o superiores a 12 kg de leche d⁻¹, a partir de las cuales se les proporcionó 1 kg de concentrado extra por cada 2 kg adicionales de leche producida; la producción se registró cada semana y con la información recabada se ajustó la suplementación extra. Las variables productivas que se determinaron para las vacas primíparas y multíparas fueron las siguientes:

- ✓ Producción por lactancia (PL; kg): De los registros semanales se obtuvo un promedio que se multiplicó por los días de ordeño.
- ✓ Días de ordeño (d): Días transcurridos desde que inició hasta que terminó la lactancia.
- ✓ Producción por día de lactancia (PDL; kg): La producción por lactancia dividida entre los días de ordeño.

- ✓ Producción por lactancia ajustada a 305 días (PL305; kg): La producción acumulada a los 305 días de ordeño.
- ✓ Producción por día de lactancia ajustada (PDL305; kg): La producción ajustada entre 305 días.
- ✓ Se determinaron las funciones de producción y de costo beneficio de la alimentación (Excel 2016, Microsoft 365).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se observa que de 22 vacas que parieron en los meses mencionados, 11 registraron en los primeros días de ordeño 12 kg o más de leche d^{-1} ; de estas, 7 fueron de primer parto y 4 fueron multíparas; en consecuencia, estos 11 animales se sometieron a la prueba de desafío. El hecho de que el 50% de los animales registrara 12 kg o más de leche, indica que existe potencial genético para alcanzar producciones por lactancias importantes, y que el 32% fueran vaquillas de primer parto es el resultado de las acciones de mejoramiento genético que se han realizado.

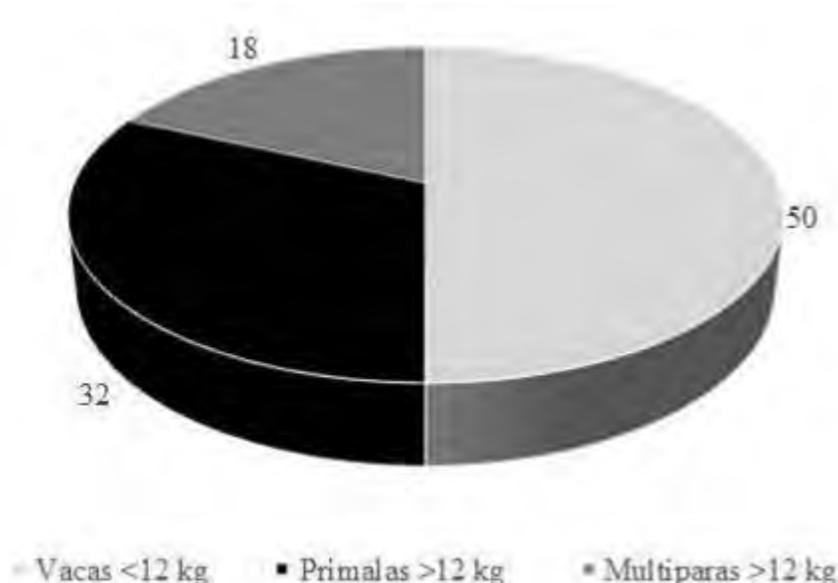


Figura 1. Proporción de vacas paridas con registros mayores y menores a 12 kg de PDL.

En la Figura 2 se observa que de los 11 animales que se sometieron a la prueba de desafío, el 18% alcanzó picos de producción iguales o superiores a los 20 $kg d^{-1}$, mientras que la gran mayoría se encontró en el rango de 15 a 20 $kg d^{-1}$; en total, el 91% de los animales alcanzaron picos de producción superiores a 15 $kg d^{-1}$.

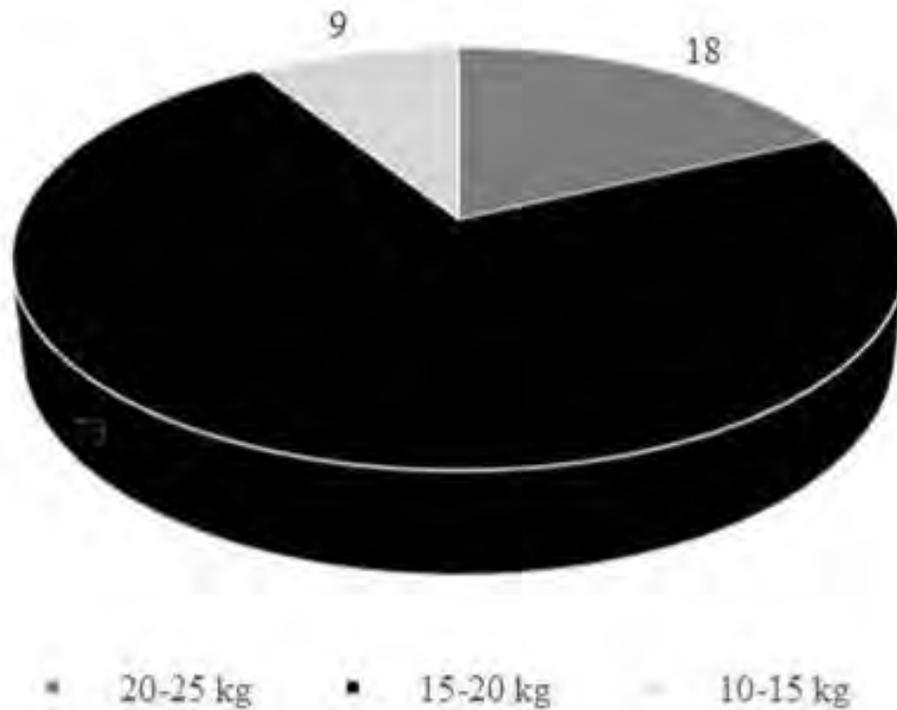


Figura 2. Proporción de rangos de producciones pico de vacas Suizo Americano en una prueba de desafío, en Sayula de Alemán, Ver.

En el Cuadro 1 se observa que en todos los casos los indicadores productivos fueron superiores a los 2,890 kg reportados para lecherías tropicales con un alto nivel de tecnología (Aguilar et al., 2008); las primaras superaron estos registros en 18%, las multíparas en un considerable 70% y en promedio 37%.

Cuadro 1. Producción de leche (kg) por lactancia y lactancia ajustada a 305 días de vacas Suizo Americano en prueba de desafío en Sayula de Aleman, Ver.

	PL	PDL	DL	PL305	PDL305
Primaras >12 kg	3401	10,5	325	3297	10,8
Multíparas >12 kg	4926	14,0	350	4471	14,7
Promedio	3955	11,8	334	3724	12.2

En este mismo hato se utilizó la hormona somatotropina (rBST), con aporte de concentrado limitado (4 kg), para incrementar la producción de leche (Cruz et al., 2015). En el Cuadro 2 se observa que el suministro de concentrado en función de la producción individual superó en 20% al testigo y en 7% a la aplicación de la hormona.

Cuadro 2: Producción ajustada a 305 d de vacas Suizo Americano en Sayula de Alemán, Ver.

Variable	Testigo (2015)	rBST (2015)	Desafío (2017)
Producción por lactancia (kg)	3,096	3,473	3,724
Promedio vaca ⁻¹ d ⁻¹ (kg)	9.97	11.30	12.21
Condición corporal	2.95	2.6	2.8

En relación a la función de producción, en la Figura 3 se observa que con 8.3 kg de alimento y 17.4 kg de leche se alcanzó la mejor relación alimento-producto.

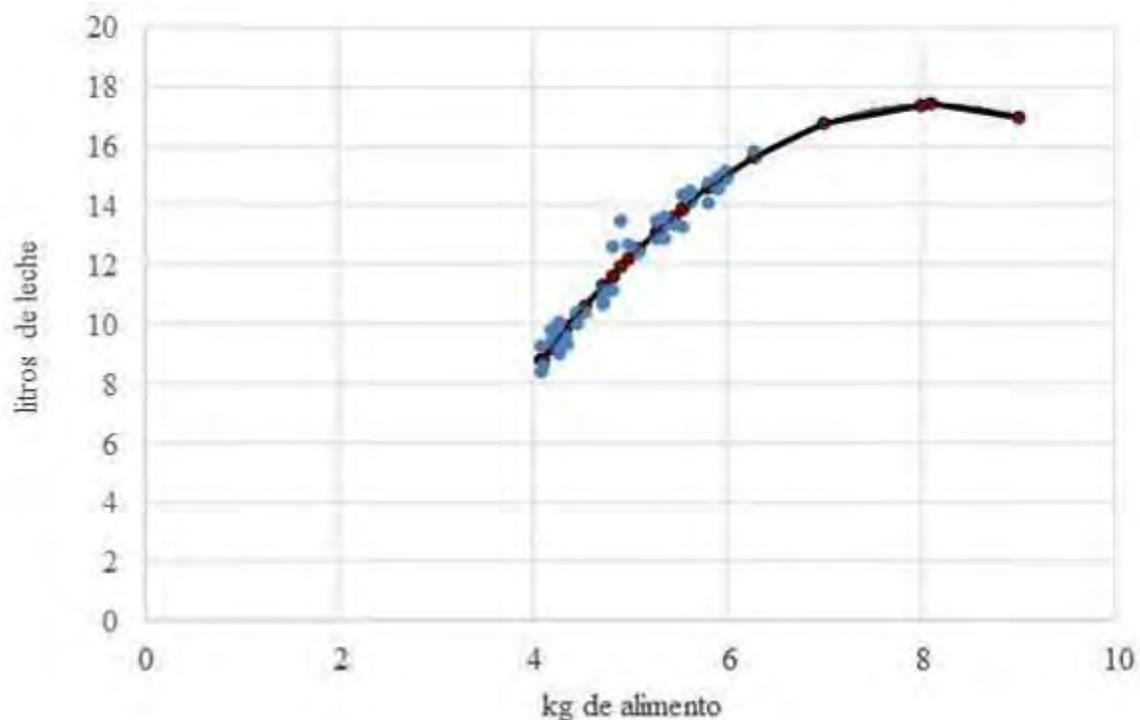


Figura 3. Producción óptima de leche por kilogramo de alimento de vacas Suizo Americano en prueba de desafío en Sayula de Alemán, Ver.

Este punto difiere ligeramente con el óptimo de costo-beneficio que se alcanza con 7.17 kg de concentrado y \$53.77 de ganancia, como se observa en la Figura 4.

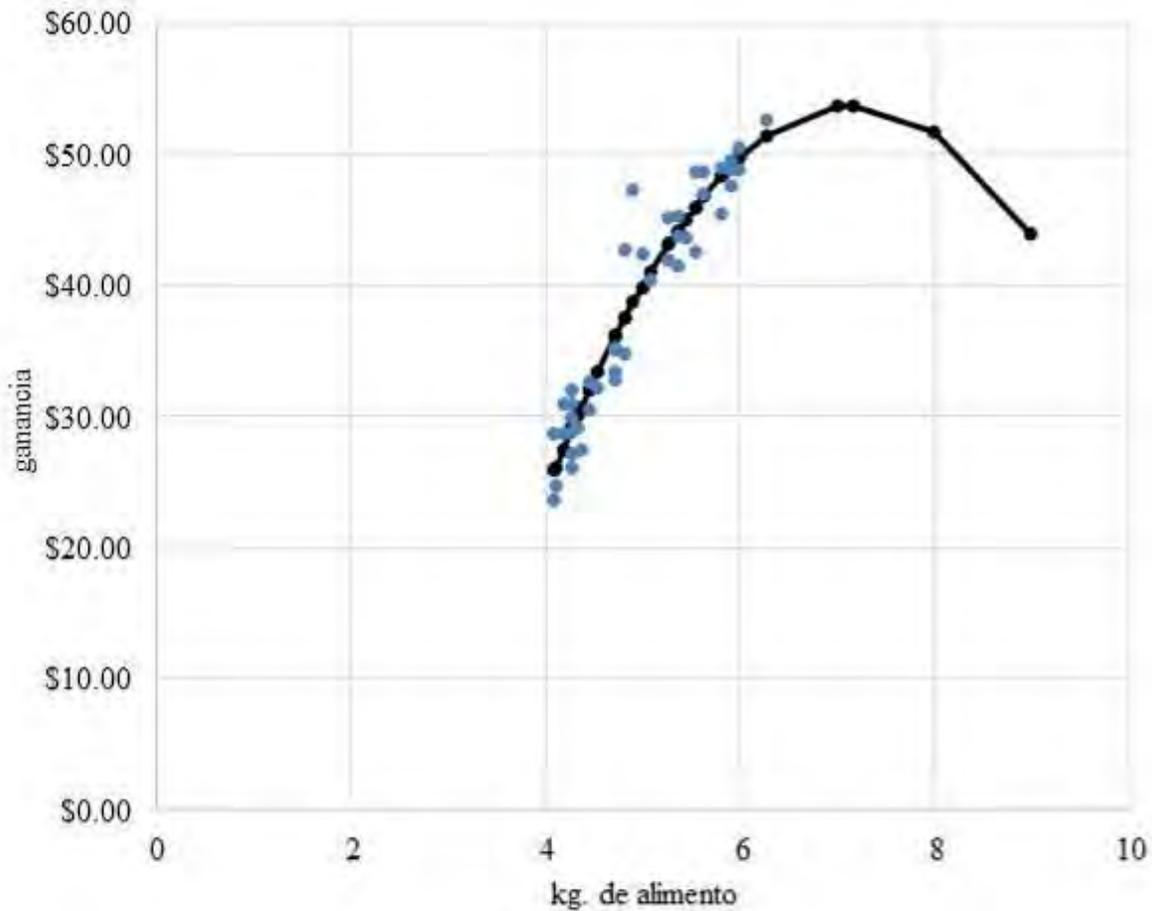


Figura 4: Relación kilogramo de alimento-ganancia de la alimentación en función de la producción de vacas Suizo Americano en prueba de desafío en Sayula de Alemán, Ver.

Conclusiones

Se concluye que la suplementación en función de la producción es una práctica que se debe implementar en los hatos de lechería tropical, para conocer el potencial productivo de los animales y que en las condiciones económicas actuales es rentable.

Literatura Citada

Aguilar, B. U., P. H. Román, G. I. López, P. T. B. García y P. S. I. Román. 2008. Impacto del uso de tecnología en la ganadería bovina de doble propósito en el estado de Veracruz. In: Avances en la investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano 2008. Libro Científico No. 5.

Cruz, M. F., O. E. O. Vásquez, F. M. Z. Romero, F. J. A. Fernández, M. N. B. Acar y R. R. J. Arieta. 2015. Efecto de la somatotropina sobre el comportamiento productivo en un hato de lechería tropical. In: I Reunión Internacional y XXVIII Reunión Científica y Tecnológica, Forestal y Agropecuaria de Veracruz. San Andrés Tuxtla, Ver.

Juárez, L. F. I., L. H. V. Barradas y J. López. 2009. Alimentación de bovinos en sistemas de doble propósito en el trópico. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito en el trópico. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Libro Técnico No 22. Veracruz, Ver. p. 93.

Preston, T. R. y A. L. Leng. 1989. Interacciones genéticas ambientales. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Edit. Ltda. Colombia. p. 20.

ENSILADO DE PESCADO DE DESCARTE EN LA LOCALIDAD DE ZAPOTITLÁN DE TATAHUICAPAN DE JUÁREZ, VER.

Luis David Valerio Bautista^{217*}, Maximino Zito Romero Figueroa²¹⁷, José Antonio Fernández Figueroa²¹⁷ y Nayib Bechara Acar Martínez²¹⁷

Resumen

La pesquería de arrastre del camarón en el Golfo de México genera importantes beneficios económicos y sociales, siendo la tercera pesquería más importante en volumen de captura y la primera por su valor económico, sin embargo, la captura de camarón es una actividad que conlleva gran desperdicio de pescado de descarte y que produce algún nivel de impacto sobre el fondo marino y por consecuencia a las comunidades costeras que viven de la pesca en las regiones en que faenan los barcos; con el objetivo de determinar que especies conforman la fauna de descarte de los camareros que laboran en la región marítima de Roca partida a Coatzacoalcos, elaborar ensilado de pescado con ellas, determinar algunas características bromatológicas y el costo por kg se realizó el presente trabajo en la comunidad costera de Zapotitlán del municipio de Tatahuicapan de Juárez, Ver. Ubicado en las coordenadas 18°30'11" latitud N, 94°47'20" longitud O y altitud de 10 m sobre el nivel del mar. Se seleccionó una muestra de pescado de descarte de un barco que laboraba frente a la costa de la comunidad, para identificar las especies y proporción de pescado que la conformaron, elaborar ensilado con tres niveles de melaza (15, 25 y 35% identificados como T1, T2 Y T3, respectivamente), y tres repeticiones, determinar proteína cruda (PC), ceniza (C), pH y los costos por kg de ensilado. Los resultados obtenidos indican que la fauna de descarte está compuesta por 7 especies principales de las que destacan *Synodus bondi* (35%), *Upeneus parvus* (23%), *Trachurus picturatus* (11.6%) y *Cynoscion parvipinnus* (10%). Respecto al ensilado de pescado los resultados para T1, T2 y T3 fueron: 18.2, 15.3 y 11.6% de PC; 6.3, 5.6 y 5.3% de C; 3.71, 5.51 y 5.75 de pH, respectivamente; en el mismo orden los costos por kg fueron: \$2.17, \$2.57 y \$2.97. Se concluye que el ensilado de pescado de descarte de los camareros es una alternativa de bajo costo que puede ser utilizado en la nutrición animal.

Palabras claves: fauna de descarte, fauna acompañante, costos

²¹⁷ Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria-Acayucan, Universidad Veracruzana. ddvalerio17@hotmail.com

Introducción

La pesquería de arrastre del camarón en el Golfo de México genera importantes beneficios económicos y sociales, siendo la tercera pesquería más importante en volumen de captura y la primera por su valor económico. La pesca de arrastre para la captura de camarón es una actividad que produce gran cantidad de pescado de descarte (Figura 1) y que produce algún nivel de impacto sobre el fondo marino y por consecuencia a las comunidades de las zonas costera que viven de la pesca. Lo anterior se encuentra relacionado con la captura incidental de especies que conforman la fauna de acompañamiento de la pesquería. Los descartes son esa porción de la captura total que es vertida o lanzada por la borda en el mar. Los descartes generalmente son considerados un desperdicio de recursos pesqueros e inconsistentes con la pesca responsable.

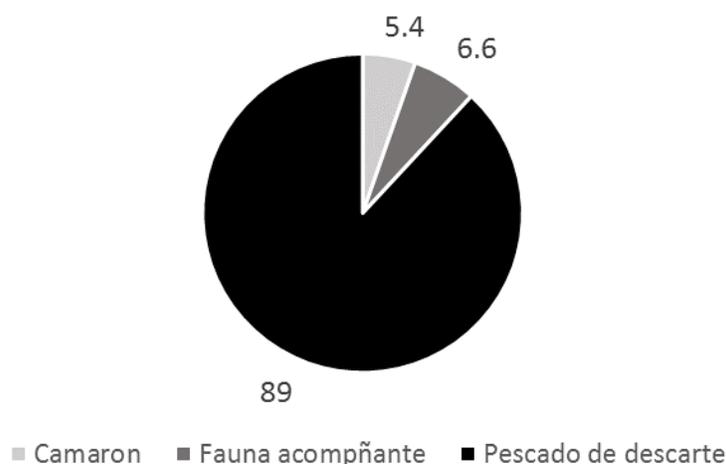


Figura 1. Conformación porcentual de la captura de camarón.

En 2008 la FAO publicó una estimación global de los descartes en las pesquerías marinas indicando que 27 millones de toneladas, o aproximadamente 27 por ciento de las capturas globales, eran descartadas anualmente. El ensilado de pescado puede definirse como un producto semi líquido obtenido a partir de la totalidad del pescado entero o partes del mismo. El ensilado de pescado puede ser una alternativa de uso pos-cosecha de los barcos camaroneros comercializándolo principalmente para utilizarlo como fuente de proteína barata en la dieta de los rumiantes; aprovechando la enorme cifra registrada de descarte anual que se desperdicia en el fondo marino donde no hay un uso específico y solo es una fuente de contaminación (FAO, 2008). Con los objetivos de: Determinar las especies y proporción de la fauna de descarte de los camaroneros que laboran frente a las costas de Zapotitlán, de elaborar ensilado biológico de pescado con 3 niveles de melaza para determinar proteína cruda, ceniza, pH y determinar los costos del mismo se realizó el presente trabajo.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la comunidad de Zapotitlán del municipio de Tatahuicapan de Juárez, Ver. Ubicado en las coordenadas 18°30'11" latitud N y 94°47'20" longitud O. Se encuentra a 10 metros sobre el nivel del mar. Para realizarlo se tomó una muestra representativa de fauna acompañante de un barco camaronero que laboró frente a las costas de Tatahuicapan. Se identificaron las especies encontradas, utilizando guías técnicas de CONAPESCA (2010), una vez clasificadas las especies de la fauna de descarte se procedió a su molido en una picadora de forrajes, posteriormente se elaboró ensilado con tres niveles de melaza (15, 25 y 35% identificados como T1, T2 y T3, respectivamente), y tres repeticiones que se dejaron en fermentación por 60 d después de los cuales se llevaron al laboratorio para determinar PC por Kjeldahl, cenizas por incineración y pH con tira reactivas; se realizó análisis de varianza para tratamientos con distribución al azar. Con los registros de gastos ejercidos se determinó el costo.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observan las especies y proporción de los pescados encontrados en la fauna de descarte, las 7 especies encontradas ya han sido reportadas por otros autores (Guerra et al., 1991) en diferentes regiones marítimas, aunque participando en otras proporciones; cabe señalar que hay especies reportadas como abundantes en otras regiones y que en este estudio no se encontraron, obviamente se debe a las condiciones específicas de las diferentes regiones marítimas.

Cuadro 1. Especies y proporción de pescado de descarte de barcos camaroneros que faenan frente a las costas de Tatahuicapan, Ver.

Especie		%
Nombre científico	Nombre común	
Synodus bondi.	Chile feo	35.0
Upeneus parvus,	Chivito	23.0
Trachurus picturatus.	Ojón	11.6
Cynoscion parvipinnis.	Trucha	10.0
Pachyurus bonariensis.	Curbina	8.3
Sardina Pilchardus.	Lacha	6.6
Lutjanus campechanus.	Huachinango	5.5

En relación al análisis de laboratorio (Cuadro 2) se encontró que con el nivel de 15% de melaza los valores de PC (18.2%) superan los reportados por Guerra et al. (1991) (13%), con una variedad mayor de especies en la fauna acompañante; mientras que en el nivel de 25% de melaza los valores de PC (13.6%) coinciden con lo reportado por el mismo autor y el nivel de 30% (11.7% de PC) fue inferior. Como se observó en resultados existe correlación entre melaza y porcentaje de proteína; por consecuencia si se desea aumentar el porcentaje de proteína se deberá reducir los niveles de melaza; una manera de lograrlo sería adicionar melaza al 15% del pescado, pero en base seca, lo que equivale a agregar el 7% de melaza al pescado fresco, en función que se determinó que la fauna acompañante tiene el 45% de materia seca. Respecto a la ceniza los valores encontrados son más bajos que los reportados por Guerra (1991), probablemente se deba a que la fauna acompañante está integrada por especies diferentes. En relación al pH esta variable es mayor a lo reportado por Bello (1994), esto probablemente se deba a que la metodología utilizada en este trabajo para determinarlo fue diferente. En este trabajo se observó el ensilado de pescado era inodoro.

Cuadro 2. Características bromatológicas del ensilado de pescado de descarte de barcos camaroneros con diferentes niveles de melaza.

	T1 (15%)	T2 (25%)	T3 (35%)
PC (%)	18,22 ^a	15,34ab	11,60b
Cenizas (%)	6,3	5,6	5,3
pH	3,71	5,51	5,75

Los resultados en cuanto a costos para elaborar el ensilado de pescado en la zona de Zapotitlán Municipio de Tatahuicapan de Juárez Ver se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Costos de producción de ensilado de pescado de descarte de barcos camaroneros con diferentes niveles de melaza.

Insumo	Costo unitario	T1 (15%)	T2 (25%)	T3 (35%)
melaza (kg)	4.00	60	100	140
frascos (pza)	10	30	30	30
gasolina picadora (l)	17	17	17	17
gasolina lancha (l)	17	11	11	11
mano de obra (jornal)	200	66	66	66
fauna de descarte (kg)	1	85	75	65
suma		269	299	329
Costos por kg ensilado (\$)		2,69	2,99	3,29

Se observa que el costo de producción es bajo en función que el costo del pescado de descarte representa solo un ingreso de rescate para el barco camaronero, también se observa que en la medida que el nivel de melaza disminuye el costo se reduce.

Conclusiones

1. El ensilado de fauna de descarte de los camareros que laboran en la zona de Zapotitlán de Tatahuicapan de Juárez Ver., es un ingrediente proteico de bajo costo que puede ser utilizado en la nutrición animal.

Literatura citada

Bello, R. A. 1994. Experiencias con ensilado de pescado en Venezuela. <http://www.fao.org/AG/aga/agap/frg/APH134/cap1.htm> [consultado el 15 de febrero de 2009].

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2010. Anuario Estadístico de Pesca 2009. México. 311 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2008. Global study of shrimp fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 475. Rome. 331 p.

Guerra, Y. J., R. A. Bello y J. J. Montilla. 1991. Evaluación del ensilado de pescado elaborado por vía microbiológica como suplemento proteínico en dietas para pollos de engorde. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 41(2):247-256.

EVIDENCIA SEROLÓGICA DE LA TOXOPLASMOSIS OVINA EN TRES REGIONES DE VERACRUZ, MÉXICO

Rafael Suazo Cortez²¹⁸, David Itzcóatl Martínez Herrera^{218*}, Violeta Trinidad Pardío Sedas²¹⁸, Carlos Ricardo Cruz Vázquez²¹⁹, José Francisco Morales Álvarez²²⁰, Gabriela Sánchez Viveros²²¹ y María Elena Galindo Tovar²²²

Resumen

La producción ovina es afectada por enfermedades infecciosas como la toxoplasmosis causada por el parásito *Toxoplasma gondii*; zoonosis que se puede adquirir entre otras causas, por el consumo de carne ovina con insuficiente cocción contaminada por quistes del protozoario y que se asocia como factor de riesgo para humanos. En México, se han encontrado seroprevalencias de toxoplasmosis ovina entre 15 y 77%; sin embargo, en Veracruz no se tiene evidencia de la situación epidemiológica de la enfermedad. Por ello, el objetivo fue estimar la seroprevalencia e identificar posibles factores de riesgo asociados a la toxoplasmosis ovina en el Estado. Se incluyeron 13 municipios de cuatro regiones de la entidad. Los animales seleccionados fueron hembras mayores de tres meses y sementales. El tamaño de muestra se determinó con el programa Win Episcopy Ver. 2.0 para una prevalencia estimada de 50 % obteniéndose un total de 414 animales. Se aplicaron dos encuestas a productores para capturar información de cada unidad de producción (UP) y animal incluido. Las muestras obtenidas por punción de la vena yugular de todos los animales en estudio, se transportaron a la Posta Zootécnica Torreón del Molino, para la separación del suero y su posterior análisis por medio de ELISA indirecta. La seroprevalencia y los factores de riesgo se calcularon con el programa en línea VassarStats. La seroprevalencia general fue de 35.9% (IC_{95%}: 31.4-40.8). De acuerdo a región Los Tuxtlas presentó la seroprevalencia más alta (41.4%), y por municipio fue Coatzacoatlán (85.7%). Se identificaron como factores de riesgo ovinos de fenotipo cruzado (RM=1.85; IC_{95%}=1.21-2.82;

²¹⁸ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Circunvalación esq. Yañez S/N, Col. Unidad Veracruzana. C.P. 91710, Veracruz, Veracruz, México. *dmartinez@uv.mx

²¹⁹ Instituto Tecnológico El Llano, México 70. C.P. 20330, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

²²⁰ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, km 15.5 carretera federal México-Toluca S/N, Col. Palo Alto. C.P. 05110, Ciudad de México, México.

²²¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria. C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.

²²² Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Peñuela Amatlán S/N, Col. Centro. C.P. 94945, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

P=0.005), el rango de 25 a 36 meses de edad (RM=1.80; IC_{95%}=1.15-2.82; P=0.01) y hembras gestantes (RM=1.69; IC_{95%}= 1.11-2.57; P=0.01). Se concluye que la seroprevalencia general es alta y diversos factores de riesgo contribuyen a su presencia.

Palabras clave: seroprevalencia, factores de riesgo, *Toxoplasma gondii*, zoonosis, ovinos

Introducción

La población ovina es de un alrededor de 8.5 millones de cabezas, donde el Estado de México, Hidalgo y Veracruz tienen los mayores inventarios; Veracruz cuenta con poco más de 600,000 ovinos y se estima un incremento de 26% respecto al periodo 2005 a 2014 (SIAP, 2015). Sin embargo, la producción ovina es afectada por enfermedades infecciosas como la toxoplasmosis causada por el protozoario *Toxoplasma gondii* (Dubey, 2009). La toxoplasmosis es una zoonosis de amplia presencia en animales de producción y humanos (Jones y Dubey, 2012), y se considera que un tercio de la población humana ha sido expuesta al parásito (Robert-Gagneux y Dardé, 2012). La transmisión puede ocurrir debido al consumo de agua y alimentos contaminados por ooquistes excretados por felinos domésticos y salvajes, y por ingerir carne con deficiente cocción que contenga quistes tisulares del protozoario (Dubey et al., 2005). En este contexto, se ha identificado y asociado la carne de ovino como una fuente de contagio de toxoplasmosis para humanos (Alvarado-Esquivel et al., 2011); por lo tanto, representa un riesgo para la salud pública. En relación con los ovinos, las ovejas son las más afectadas porque la toxoplasmosis causa reabsorción embrionaria, momificación, aborto y muerte neonatal, y como resultado hay pérdidas para los productores (Dubey, 2009). En particular, el aborto se asocia como principal signo clínico en rebaños con altas seroprevalencias de esta infección (Hill y Dubey, 2013). En México, la toxoplasmosis se ha identificado en humanos, animales domésticos y salvajes, con variaciones de la seroprevalencia en diferentes regiones del país, debido a las condiciones ambientales (Hernández-Cortazar et al., 2015). De acuerdo a estudios previos, se encontraron seroprevalencias de 23.1% en Oaxaca (Alvarado-Esquivel et al., 2013a), 32.6% para Michoacán (Alvarado-Esquivel et al., 2013b), 15.1% Durango (Alvarado-Esquivel et al., 2012) y 29.1% Colima (Caballero-Ortega et al., 2008). Por otra parte, no se han realizado estudios para conocer la situación de la toxoplasmosis en esta especie del estado de Veracruz. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la seroprevalencia e identificar los factores de riesgo asociados a toxoplasmosis ovina en Veracruz porque, puede ser un riesgo para los humanos que consumen carne de ovinos infectados.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El muestreo se realizó en 13 municipios de cuatro Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de la Delegación estatal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en Veracruz distribuidos en tres regiones del estado de Veracruz; Región Totonaca DDR 02 Tuxpan y DDR 03 con sede en Martínez de la Torre que cuenta con 6.1% de la población ovina; un rango de altitud de 20 a 180 m, y temperatura promedio que oscila entre 20.8°C y 25.5°C. Región Capital que corresponde al DDR 04 Coatepec representa 15.1% del inventario ovino en Veracruz. Cuenta con temperatura promedio de 10.0°C a 25.2°C y altitud que varía entre 180 y 2,060 msnm. Región Los Tuxtlas se encuentra en el área de influencia del DDR 09 San Andrés Tuxtla con 2.1%; cuenta con altitud que varía desde 10 hasta 340 msnm y temperatura de 23°C a 25.3°C. En estos DDR se encuentra 23% del total de los rebaños en Veracruz. (SIPROV, 2014; INEGI, 2014).

Diseño de estudio y tamaño de muestra

El tipo de estudio fue transversal polietápico y estratificado, donde las unidades de producción (UP) fueron seleccionadas al azar por conglomerados con el uso de las tablas Canon & Roe (1982) y como resultado se obtuvo un mínimo de 55 UP. El tamaño de muestra se estimó con el programa Win Episcopo Ver. 2,0 (Thrusfield et al., 2001) bajo la modalidad de "estimar proporciones", a partir de 50% de seroprevalencia, 95% de confianza y 5% de error, se obtuvo una muestra mínima de 385 animales.

Muestreo y recolección de datos

El muestreo se llevó a cabo entre agosto de 2015 y mayo de 2016, los animales incluidos fueron ovejas de más de tres meses de edad, carneros y prospectos a sementales. Se aplicaron dos encuestas a los productores, una por UP y otra por cada ovino seleccionado. Las muestras se obtuvieron por punción de vena yugular con tubos de vacío sin anticoagulante y se transportaron al laboratorio de microbiología de la Unidad de Diagnóstico del Puesto Zootécnico Torreón del Molino de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Veracruzana, donde se centrifugaron a 1,000 g durante 15 minutos para separar el suero que se almacenó a -20°C hasta su análisis serológico.

Análisis serológico

El análisis serológico se realizó con la prueba de ELISA indirecta y para ello se empleó un kit comercial del laboratorio IDEXX (Toxotest Ab®), que cuenta con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 99.8%. De acuerdo con la metodología del ensayo, la lectura de

absorbancia fue a 450nm por medio de un lector de placas (ELx800 BioTek®) y la interpretación de los resultados se realizó con el programa XChék®.

Análisis estadístico

La seroprevalencia y los intervalos de confianza se calcularon con el programa en línea Vassarstats para estimar proporciones. Para la asociación con factores de riesgo se estimó la Razón de Momios (RM), con un análisis univariado mediante el programa en línea Win Epi, y como se encontraron más de dos variables como factor de riesgo, se realizó regresión logística con el programa MINITAB Ver. 14 para identificar si existía interacción entre ellas.

Resultados y discusión

Se encontraron 149/414 ovinos seropositivos a la prueba de ELISA, que resulta en una seroprevalencia general de 35.9% (Tabla 1), que puede considerarse alta comparada con las de los estados de Oaxaca (23.1%), Michoacán (29.9%), Durango (15.1%) y Colima (29.1%) (Alvarado-Esquivel et al., 2013a; Alvarado-Esquivel et al., 2013b; Alvarado-Esquivel et al., 2012; Caballero-Ortega et al., 2008). De acuerdo a la región, Los Tuxtlas presentó la seroprevalencia más alta con 41.4% y la más baja fue para región Capital con 31.7%. En relación a los municipios, Coatzintla fue la más alta y Perote la más baja con 85.7% y 10.5%, respectivamente; sin embargo, la presencia de ovinos de ningún municipio o región tuvo asociación significativa ($P>0.05$) como factor de riesgo (Cuadro 1). La variación entre regiones y municipios, puede ser posible debido a la diversidad de condiciones ambientales que presentan, porque el estado de Veracruz cuenta con amplia variedad de ecosistemas; además, de acuerdo a lo identificado por Alvarado-Esquivel et al. (2013b) en Michoacán sí se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) en las seroprevalencias entre regiones y municipios asociados a las diferencias de altitud, temperatura promedio anual y precipitación media anual.

Asimismo, se determinó seroprevalencia y factores de riesgo para las variables sexo, procedencia, sistema de producción, condición corporal, raza, edad y estado productivo (Tabla 2). Las hembras (35.7%) y machos (36.9%) mostraron poca variación; resultados que son similares a los encontrados en el estado de Michoacán (Alvarado-Esquivel et al., 2013b); sin embargo, difieren con los de Durango (Alvarado-Esquivel et al., 2012). A pesar de la distinta proporción entre machos y hembras, ambos sexos mostraron seroprevalencias similares; luego entonces, tienen la misma probabilidad de infectarse con el protozooario (Dubey, 2009). Por otra parte, las hembras pueden mostrar tasas más altas debido a su mayor población dentro de un mismo rebaño, porque tienen un periodo productivo más largo en comparación con los machos.

Cuadro 1. Seroprevalencia y asociación de factores de riesgo para toxoplasmosis ovina en municipios de tres regiones del estado de Veracruz.

Regiones y Municipios	No. Animales	No. Positivos	Seroprevalencia (%)	IC _{95%} ^a	RM ^b	IC _{95%} ^a
Totonaca	68	24	35.2	24.3-47.9	0.964	0.560-1.660
Coatzintla	7	6	85.7	42.0-99.2	11.076	1.320-92.913
Tihuatlan	16	5	31.2	12.1-58.5	0.801	0.273-2.353
Gutiérrez Zamora	13	4	30.7	10.3-61.1	0.784	0.237-2.593
Papantla	32	9	28.1	14.4-46.9	0.676	0.304-1.502
Capital	189	60	31.7	25.2-38.9	0.710	0.473-1.067
Altotonga	37	15	40.5	25.2-57.8	1.236	0.620-2.463
Ayahualulco	41	13	31.7	18.5-48.2	0.809	0.405-1.614
Emiliano Zapata	37	16	43.2	27.5-60.3	1.397	0.705-2.769
Jalacingo	36	12	33.3	19.1-51.0	0.879	0.426-1.814
Perote	38	4	10.5	3.4-25.7	0.187	0.065-0.539
Los Tuxtlas	157	65	41.4	33.6-49.5	1.455	0.964-2.194
Ángel R. Cabada	44	20	45.4	30.6-61.0	1.556	0.828-2.925
Catemaco	38	8	21.0	10.1-37.7	0.444	0.198-0.996
San Andrés Tuxtla	35	18	51.4	34.2-68.2	2.004	0.999-4.019
Santiago Tuxtla	40	19	47.5	31.8-63.6	1.698	0.881-3.272
Total	414	149	35.9	31.4-40.8		

a Intervalo de Confianza 95%, b Razón de Momios.

De acuerdo a la procedencia, los animales que provenían de otros rebaños mostraron una seroprevalencia mayor (40.6%) con respecto a los que nacieron en el mismo rebaño (35.2%) (Cuadro 2); esto puede ser posible debido al hecho de que la producción ovina se desarrolla de manera regional en dependencia de los recursos disponibles y de la demanda del mercado, además de ser considerada una actividad ganadera secundaria (Pérez et al., 2011). El sistema de producción semi-intensivo presentó la seroprevalencia más alta (37.3%) en comparación con el resto de los sistemas, pero con poca variación entre estos y que difiere de la seroprevalencia más alta observada para este mismo sistema en Oaxaca al compararla con el resto de los sistemas productivos de aquella entidad (Alvarado-Esquivel et al., 2013a). Los ovinos en sistemas semi-intensivos tienen mayor consumo de alimento almacenado, que puede estar más expuesto a los roedores y eso favorece la presencia de gatos domésticos, que trae como consecuencia una mayor exposición a ooquistes excretados al ambiente. En este contexto, se ha asociado como riesgo el consumo de

alimento almacenado como factor de riesgo (Aguilar et al., 2011). En relación con la condición corporal el rango de seroprevalencia fue de 53.3% para animales emaciados como la más alta, y 29.5% para los obesos como la más baja (Tabla 2). De acuerdo, a la variable raza los animales del fenotipo cruza mostró la seroprevalencia más alta (45.6%), y se asoció de manera significativa como factor de riesgo ($RM= 1.85$, $IC_{95\%}=1.22-2.83$, $P=0.005$); similar a lo encontrado por Alvarado-Esquivel et al. (2013a) en el estado de Oaxaca, donde se encontró una tasa de seroprevalencia de 37.5% para animales de razas mixtas, que fue significativamente alta ($P<0.05$) comparada con razas puras (22.7%). Por otra parte, en Michoacán no se identificó diferencia ($P>0.05$) entre razas puras (27.2%) y razas mixtas (33.5%) (Alvarado-Esquivel et al., 2013b); además de que, los ovinos clasificados como razas de lana presentaron la seroprevalencia más baja (19.5%). Esta diferencia significativa ($P<0.05$) entre razas puede ser posible debido a una mayor presencia de ovinos de razas de lana en sistemas intensivos, porque este sistema mostró una seroprevalencia más baja. Caso contrario, los animales de cruza de razas y razas de pelo que dominan los otros dos sistemas de producción aunado a una mayor población. Sin embargo, es probable que los productores tengan un mejor cuidado de los ovinos de razas puras, debido a un mayor valor comercial en comparación con los de cruza entre razas (Alvarado-Esquivel et al., 2013a). En cuanto al rango de edad, la tasa máxima y mínima de seroprevalencia correspondió a los ovinos mayores de 48 meses (50.0%) y de 3 a 12 meses (25.0%); sin embargo, los animales con edad de 25 a 36 meses resultaron factor de riesgo ($RM=1.80$; $IC_{95\%}=1.15-2.82$, $P=0.013$). En Michoacán es distinto, porque no se observó diferencia significativa ($P>0.05$) entre seroprevalencias por rango de edad (Alvarado-Esquivel et al., 2013b). No obstante, en Durango sí se identificó diferencia ($P<0.05$) de los ovinos menores a 6 meses en comparación con animales de mayor edad (Alvarado-Esquivel et al., 2012) y que resulta contrario con este estudio. Esto es probable debido a una mayor oportunidad de exposición a *T. gondii* conforme avanza la edad de los animales, porque de manera general la mayoría de los ovinos pueden infectarse antes de los cuatro años de edad (Dubey, 2009). No obstante, esta disminuye después de los 36 meses, quizá en apariencia por la posible eliminación de animales considerados de desecho, debido a la disminución de la productividad. En el estado productivo los animales destetados mostraron una seroprevalencia superior de 57.1%, y se identificó como factor de riesgo las hembras gestantes ($RM=1.69$, $IC_{95\%}=1.11-2.58$, $P=0.018$) que además presentaron una seroprevalencia de 44.2% (Tabla 2).

Cuadro 2. Seroprevalencia y asociación con posibles factores de riesgo para toxoplasmosis ovina en tres regiones de Veracruz.

Variables y categorías	No. Animales	No. Positivos	Seroprevalencia (%)	IC _{95%} ^a	RM ^b	IC _{95%} ^a
Sexo						
Hembras	330	118	35.7	30.6-41.2	0.951	0.578-1.564
Machos	84	31	36.9	26.8-48.1	1.050	0.639-1.727
Procedencia						
Rebaño	355	125	35.2	30.2-40.4	0.792	0.451-1.392
Comprado	59	24	40.6	28.3-54.2	1.261	0.718-2.216
Sistema de Producción						
Intensivo	40	12	30.0	17.0-46.7	0.741	0.365-1.505
Semi-intensivo	134	50	37.3	29.2-46.1	1.088	0.709-1.668
Extensivo	240	87	36.2	30.2-42.7	1.027	0.683-1.542
Condición corporal						
Emaciado	15	8	53.3	27.4-77.7	2.091	0.742-5.886
Delgado	196	77	39.2	32.4-46.5	1.312	0.877-1.961
Promedio	150	47	31.3	24.1-39.4	0.724	0.473-1.108
Gordo	44	13	29.5	17.2-45.4	0.721	0.365-1.426
Obeso	9	4	44.4	15.3-77.3	1.434	0.379-5.426
Raza						
De pelo	148	61	41.2	33.2-49.6	1.418	0.936-2.148
De lana	128	25	19.5	13.2-27.6	0.317	0.193-0.520
Cruza de razas*	138	63	45.6	37.2-54.3	1.855	1.218-2.826
Edad (meses)						
3-12	80	20	25.0	16.2-36.1	0.529	0.305-0.919
13-24	99	37	37.3	28.0-47.7	1.081	0.677-1.727
25-36*	108	50	46.3	36.7-56.1	1.802	1.152-2.820
37-48	117	37	31.6	23.5-40.9	0.764	0.484-1.204
>48	10	5	50.0	20.1-79.8	1.805	0.514-6.341
Estado productivo						
Primala	20	4	20.0	6.6-44.2	0.429	0.140-1.308
Gestante*	138	61	44.2	35.8-52.8	1.692	1.111-2.577
Lactando	27	11	40.7	23.0-60.9	1.240	0.560-2.748
Semental	84	31	36.9	26.8-48.1	1.050	0.639-1.727
Destetado	7	4	57.1	20.2-88.1	2.409	0.531-10.913
No gestante	138	38	27.5	20.4-35.9	0.564	0.362-0.880

*Asociación significativa P<0.05, a Intervalo de Confianza 95%, b Razón de Momios.

En general, las hembras no presentan signos patognomónicos de la toxoplasmosis, pero esta enfermedad se asocia con la presentación de aborto en el grupo de gestantes en los sistemas de producción; incluso, se estima que menos del 2% de los ovinos se infectan de manera congénita; por otra parte, se cree que alrededor del 4% de las ovejas persistentemente infectadas transmiten la infección a sus crías (Dubey, 2009). En este sentido, es probable que las hembras gestantes sean más susceptibles en comparación con aquellas no gestantes, debido a un efecto inmunosupresor a causa de los cambios hormonales y metabólicos, que conllevan a estrés continuo; no obstante, depende en cual etapa de la gestación ocurra la infección debido a que, entre más próxima suceda al inicio de ésta, se presentara un riesgo mayor de aborto (Dubey, 2009).

Debido a la identificación de tres factores de riesgo se realizó la regresión logística para conocer la interacción de todas las variables estudiadas; sin embargo, no se identificó ninguna asociación entre ellas ($P>0.05$).

Conclusiones

De acuerdo a los resultados encontrados, se obtuvo evidencia serológica de la toxoplasmosis en ovinos del estado de Veracruz con una seroprevalencia general de 35.9%. Se asociaron como factores de riesgo los ovinos de edad entre 25 a 36 meses, hembras gestantes y animales de fenotipo cruce de razas.

Literatura citada

Alvarado-Esquivel. C., M. A. Estrada-Malacón, S. O. Reyes-Hernández, J. A. Pérez-Ramírez, J. I. Trujillo-López, I. Villena and J. P. Dubey. 2013a. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in Domestic Sheep in Oaxaca State, Mexico. *J. Parasitol.* 99(1):151-152.

Alvarado-Esquivel, C., D. Silva-Aguilar, I. Villena and J. P. Dubey. 2013b. Seroprevalence and correlates of *Toxoplasma gondii* infection in domestic sheep in Michoacán State, Mexico *Prev. Vet. Med.* 112:433-437.

Alvarado-Esquivel. C., C. García-Machado, D. Alvarado-Esquivel, J. Vitela-Corrales, I. Villena and J. P. Dubey. 2012. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* infection in domestic sheep in Durango State, Mexico. *J. Parasitol.* 98(2):271-273.

- Alvarado-Esquivel, C., J. L. Torres-Berumen, S. Estrada-Martínez, O. Liesenfeld and M. F. Mercado-Suarez. 2011. *Toxoplasma gondii* infection and liver disease: a case-control study in a northern Mexican population. *Parasit. Vectors*. 4(1):75.
- Caballero-Ortega, H., J. M. Palma, L. J. García-Márquez, A. G. Cardena and D. Correa. 2008. Frequency and risk factors for toxoplasmosis in ovines of various regions of the state of Colima, Mexico. *Parasitology* 135:1385-1389.
- Cannon, R. M. and R. T. Roe. 1982. *Livestock disease surveys: a field manual for veterinarians*. Australia Bureau of Animal Health. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Dubey, J. P. 2009. Toxoplasmosis in sheep - The last 20 years. *Vet. Parasitol.* 163:1-14.
- Dubey, J. P., D. E. Hill, J. L. Jones, A. W. Hightower, E. Kirkland, J. M. Roberts et al. 2005. Prevalence of viable *Toxoplasma gondii* in beef, chicken and pork from retail meat stores in the United States: risk assessment to consumers. *J. Parasitol.* 91(5):1082-1093.
- Hernández-Cortázar, I., K. Y. Acosta-Viana, A. Ortega-Pacheco, E. S. Guzmán-Marín, A. J. Aguilar-Caballero and M. Jiménez-Coello. 2015. Toxoplasmosis in México: Epidemiological situation in humans and animals. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo* 57(2):93-103.
- Hill, D. E. and J. P. Dubey. 2013. *Toxoplasma gondii* prevalence in farm animals in the United States. *Int. J. Parasitol.* 43:107-113.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Anuario estadístico y geográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave. http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/VER_ANUARIO_PDF.pdf [consultado el 15 de mayo de 2017].
- Jones, J. L. and J. P. Dubey. 2012. Foodborne Toxoplasmosis. *Clin. Infect. Dis.* 55(6):845-851.
- Pérez, H. P., A. J. Vilaboa, M. H. Chalate, M. B. Candelaria, R. P. Díaz y O. S. López. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica FCV-LUZ* 21(4):327-334.
- Robert-Gangneux, F. and M. L. Dardé. 2012. Epidemiology of and diagnostic strategies for toxoplasmosis. *Clin. Microbiol. Rev.* 25(2):264-296.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Ovino: Población Ganadera 2005-2014. <http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/ovino.pdf> [consultado el 16 de mayo de 2017].

SIPROVER (Sistema Producto Ovino Veracruzano). 2014 Situación Actual de la Ovinocultura en México. <http://www.siprover.com.mx/informacion.html> [consultado el 17 de mayo de 2017].

Thrusfield, M., C. Ortega, I. de Blas, J. P. Noordhuizen and K. Frankena. 2001. Win Episcopy 2.0: Improved epidemiological Software for veterinary medicine. *Vet. Rec.* 148:567-572.

EVALUACIÓN DE EXTRACTOS ARTESANALES DE PRIMAVERA DE NIM (*Azadirachta indica* A. Juss) CONTRA GARRAPATAS DE BOVINOS EN PASTOREO

Teresa Beatriz García Peniche^{223*}, Isafás López Guerrero²²³, Maribel Montero Lagunes²²³ y Roberto Omar Castañeda Arriola²²³

Resumen

En las regiones con climas cálidos húmedos y subhúmedos, uno de los principales problemas de las unidades de producción en el sistema de doble propósito se relaciona con las garrapatas que parasitan a los bovinos, debido a que ocasionan estrés, transmiten o agravan infecciones, y son una molestia tanto para los bovinos, como para los productores. Las garrapatas del género *Rhipicephalus* transmiten anaplasmosis y babesiosis, mientras que las del género *Amblyomma*, por su mayor tamaño y abundancia, también ocasionan daños serios a la productividad del predio ganadero. El control de garrapatas es difícil y caro porque desarrollan rápidamente resistencia a los ixodicidas que se utilizan, se multiplican aceleradamente, y pueden permanecer en los terrenos por largo tiempo. Se valoró el uso de extractos artesanales de hojas del árbol Nim (*Azadirachta indica*) en primavera 2016, en las etapas fenológicas de floración e inicio de fructificación, y semillas almacenadas de la temporada de cosecha 2015, como alternativa de control biológico de garrapatas de bovinos en pastoreo, bajo condiciones de temporal, manejados en el sistema de producción de doble propósito. El proyecto se realizó en el CE La Posta, INIFAP; sitio representativo de las condiciones físicas y medioambientales de la llanura costera del Estado de Veracruz, con clima cálido subhúmedo, Aw1. Los extractos artesanales de hojas y semillas de Nim mostraron una efectividad modesta, e inconsistencia en los resultados, siendo relativamente prometedores en la primera prueba realizada durante la floración del Nim, pero desalentadora a fines de la misma. In vivo no hubo efecto de control alguno. En conclusión, no se encontraron efectos importantes y consistentes a concentraciones que serían biológica, operativa, y económicamente factibles de utilizarse a nivel de campo, por lo que, bajo las condiciones del presente trabajo, los extractos artesanales de Nim no se recomiendan como control biológico de garrapatas de bovinos en el sistema de producción de doble propósito.

²²³ CE La Posta CIRGOC, INIFAP. * garcia.teresa@inifap.gob.mx

Palabras clave: control biológico, eficiencia del Nim, sistema de producción de doble propósito

Introducción

En las regiones tropicales de México, uno de los principales problemas de las unidades de producción de doble propósito se relaciona con las garrapatas que parasitan a los bovinos. Las del género *Rhipicephalus* transmiten *Babesia bigemina*, *B. bovis* y *Anaplasma marginale*, y las garrapatas del género *Amblyomma* ocasionan estrés, transmiten o agravan infecciones, y son una molestia tanto para los bovinos, como para los productores (SAGARPA SENASICA, 2015). Los ectoparásitos disminuyen la producción de leche y de carne, e incrementan la mortandad de los animales (Springell, 1983; Rodríguez-Vivas et al., 2006; SENASICA, 2015). Los animales jóvenes y de mayor potencial productivo son especialmente susceptibles a las enfermedades transmitidas por garrapatas, como la babesiosis (Center for Food Security and Public Health, 2008) y suelen morir en pocos días después de la infección. El control de garrapatas es difícil y caro porque las garrapatas desarrollan resistencia a los ixodicidas que se utilizan comúnmente (Alonso-Díaz, et al., 2006), además de que pueden permanecer por mucho tiempo en los terrenos, y/o llegar con animales de paso en el rancho. Las garrapatas constituyen un problema generalizado en la región de la llanura costera del estado de Veracruz (Hernández, 2011; Scheleske, 2011). Para los ganaderos sería muy útil disminuir o eliminar el uso de productos químicos para el control de garrapatas, pero sin reducir la efectividad del control. En ese sentido, se han estudiado y recomendado algunas especies botánicas (Mahr et al., 2008; Ferreira-Borges, 2011), así como otras alternativas diversas (CENID-PAVET, 2009), que aún se estudian.

El desarrollo de resistencia de las garrapatas, la demanda de productos alimenticios inocuos, y la intención de minimizar la compra de insumos, con el fin de reducir los costos de producción, han creado la necesidad de investigar alternativas de control biológico de las garrapatas en las ganaderías de los trópicos. Sin embargo, esta necesidad también ha creado una serie de alternativas que probablemente no sean factibles de adoptar o que presenten expectativas exageradas a lo que pueden lograr realmente.

Una de las especies que mayor interés han despertado como probable control biológico de garrapatas es el Nim o Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), que por su supuesta amplia actividad biocida, se ha estudiado para el control de plagas de cultivos agrícolas, con resultados variables (Cruz, 1998; Esparza-Díaz et al., 2010).

El Nim es un árbol resistente, perenne, que requiere poco mantenimiento, de crecimiento rápido, y se propaga sexualmente. Se le han identificado decenas de componentes activos;

los más importantes son Limonoides: azadiractina (AZA), meliantriol, nimbin, y salanina (Oñate y Quintero, 2008), siendo AZA el más potente como insecticida (Cruz, 1998). Los principios activos del Nim se encuentran sobre todo en las semillas. Sin embargo, debido a que florece y fructifica por poco tiempo cada año, mientras que las hojas siempre están presentes, es interesante estudiar su potencial también.

Se ha reportado que el Nim afecta la biología de la reproducción de diferentes especies de garrapatas (Denardi et al., 2011a; Denardi et al., 2011b; Peixoto et al., 2013), y, aunque con resultados que van del 100% (Mayahua-Quiahua et al., 2014) al 0% de eficacia (Ramzan et al., 2008), existen suficiente interés acerca de su actividad garrapaticida (Giraldo et al., 2011; Ferreira et al., 2011) como para considerar al Nim un valioso candidato para utilizarlo como control biológico de las garrapatas en los bovinos.

Para elaborar productos artesanales de Nim para el control de plagas, las hojas o semillas de Nim se aplastan y se remojan en agua, alcohol, u otros solventes. Los preparados se usan así, sin mayor refinamiento, aunque se recomienda que estén a concentraciones muy elevadas con al menos 200 mg/ litro de azadiractina, y que los extractos artesanales se utilicen recién preparados (Boursier et al., 2011). Es posible que los preparados artesanales también sean útiles a nivel de campo contra las garrapatas del ganado en pastoreo, de manera que puedan adoptarse por los productores de manera directa, sin tener que depender de los preparados comerciales.

En el CE La Posta, en Paso del Toro, Veracruz, INIFAP, se cuenta con árboles de Nim y ganado, con el cual es posible hacer evaluaciones, en bovinos en pastoreo, de productos artesanales de Nim, a un nivel que fuera aplicable en ranchos ganaderos, pero con el control que no es posible solicitarles tengan los predios comerciales. También se cuenta con laboratorios, con el fin de validar in vitro, las observaciones in vivo, y viceversa.

Se evaluaron los efectos de extractos artesanales de hojas de primavera, y de semillas almacenadas durante 8 meses, del árbol de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre garrapatas *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* de bovinos en pastoreo bajo condiciones de temporal.

Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron en el CE La Posta CIRGOC INIFAP, en Paso del Toro, Veracruz; se localiza en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba. El clima predominante en el área de influencia directa de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1). Los promedios de temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5°C, respectivamente, con una precipitación pluvial

de 1337 mm y una evaporación de 1380 mm. La altura del sitio es de 16 m.s.n.m. Los suelos predominantes son del tipo vertisol, con pH ácido de alrededor de 5.4, con textura de migajón arcillo-arenosa y con un contenido de materia orgánica de alrededor del 2.6%. Estas condiciones son representativas de la llanura costera de Veracruz (3.5 millones de ha).

Se utilizaron 38 bovinos hembras del Campo Experimental La Posta INIFAP, del grupo de “Vaquillas en inicio de manejo reproductivo (IMR) y vacas secas”, que no estuvieran próximas al parto, para que pudieran completar todo el período experimental correspondiente; por lo tanto, poco más del 80% eran vaquillas en IMR.

Los genotipos del ganado utilizado fueron cruza de Holstein por Cebú (n=25) y de Suizo Pardo Americano por Cebú (n=13). Los porcentajes de raza europea del ganado eran de: 63% (n=14), 3/8 (n=1), proporción desconocida (n=1), mismos que fueron agrupadas como de porcentaje europeo “bajo”, y de 69% (n=3) y 75% (n=19), que se consideraron de porcentaje europeo “alto”.

El ganado se mantuvo en pastoreo, bajo condiciones de temporal, en potreros cercanos a los edificios del CE la Posta. Los animales tuvieron el manejo zootécnico del resto del hato, que permaneció en el Módulo de Doble Propósito (MDP), excepto en cuanto al control de ectoparásitos.

Los extractos artesanales fueron de hojas de primavera y de semilla almacenada de la temporada anterior (8 meses a 4°C), a concentraciones que se consideraron fuesen económica y operativamente factibles de aplicarse de forma rutinaria en campo, y sin dañar a los árboles de Nim, por sobre poda. Se usó semilla almacenada, debido a que aún no había semilla cosechada.

Para la preparación de los extractos de hojas, los martes de las semanas en que había que aplicar los tratamientos, se cortaban ramas de árboles de Nim, y separaban las hojas de las ramas. Las hojas se picaban a machete, y el total se dividía en dos porciones, una para la infusión y la otra para hojas a temperatura ambiente. Se pesaban y se ajustaban a que hubiera 2 kg para cada tipo de extracto.

Para el extracto por infusión, un tambo con 50 L de agua se ponía a calentar sobre una hoguera, y cuando estaba a punto de hervor, se añadían los 2 kg de hojas y el tambo se retiraba del fuego. El preparado se revolvía bien y se dejaba reposar hasta el día siguiente.

Para el extracto a temperatura ambiente, con el objetivo de mejorar la extracción de los compuestos activos de Nim, el mismo día del baño (miércoles), las hojas se machacaban en un recipiente con 1 litro de alcohol etílico comercial, y luego esta mezcla se vertía en el tambo con 49 litros de agua, por lo que este extracto (“hojas frescas”) contenía 2% de alcohol; se revolvía bien y se dejaba reposar aproximadamente una hora, el tiempo necesario para el manejo de los animales.

Para el extracto de semillas, el mismo día del baño, se pesaban 100 g de semillas, se molían en un molcajete usando 200 mL de agua y 100 mL de alcohol etílico, y la pasta resultante se vertía en un tambo con 50 L de agua, por lo que la mezcla contenía 0.2% de alcohol.

El testigo positivo fue un producto comercial a base de plantas, incluyendo Nim, que previamente se había verificado su eficacia contra garrapatas de bovinos en pastoreo. Para su preparación se siguieron las instrucciones del fabricante: 250 mL del producto comercial se añadía a un tambo con 50 L de agua.

Todos los tratamientos se revolvían bien, con un palo, antes de ser aplicados. Los animales se bañaban con un promedio de 4 a 5 L de cada tratamiento con bomba de aspersión (tipo mochila).

Estos baños evaluaron los efectos de la fase de floración del Nim. En el último, apenas iniciaba la fructificación. Cruz (1998) encontró que el contenido de azadiractina en hojas varía por etapa fisiológica del Nim, con mayores concentraciones en la floración. Las hojas de Nim son importantes porque están disponibles todo el año, mientras que los frutos y sus semillas, solo se pueden coleccionar o recoger durante pocas semanas al año.

Hubo 9 o 10 repeticiones por tratamiento, ya que cada bovino representó una Unidad Experimental (UE), por bañarse individualmente. La asignación de los bovinos a los tratamientos fue aleatoria. Las variables de respuesta fueron los conteos de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* hembras repletas y semirepletas presentes en medio cuerpo de los bovinos. Después de varios baños, se hicieron conteos un día antes y un día después del primer baño en mayo, y un mes después, en junio, 2016.

Se consideraron experimentos distintos, por lo que el modelo de análisis fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + G_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde Y es la l-ésima repetición del i-ésimo tratamiento (T= Infusión, Hojas frescas, Semilla, Testigo positivo), del j-ésimo nivel de raza europea (E=alto o bajo), del k-ésimo grupo genético (G= Holstein por Cebú, Suizo Pardo por Cebú). μ es la media poblacional, y ε es el error experimental, que se supone se distribuye Normal e independiente, con media 0, y varianza σ^2 .

El análisis fue hecho con el procedimiento GLM de SAS(R), y las medias se separaron con el método de Tukey.

Los experimentos in vitro se hicieron en laboratorios del CE La Posta. Se siguió el método de "Inmersión de adultas" (NOM-006-ZOO-1993, 09-01-94), con una ligera modificación al protocolo en la sección de "Métodos de prueba y los parámetros de efectividad biológica que deben cumplir los productos ixodicidas para uso en bovinos". Las garrapatas provinieron de ranchos cooperantes y del ganado en el MDP, antes de que se bañaran. Hubo 4 repeticiones de cada tratamiento: Los extractos artesanales utilizados en los baños (colectados antes de llenar las bombas de mochila): infusión, hojas frescas, y semilla almacenada. El testigo

utilizado fue agua destilada en vez del producto comercial, ya que los extractos eran, todos ellos, acuosos.

Las observaciones realizadas, de las cuales se derivan las variables de respuesta, fueron: Peso de las garrapatas en cada UE (10 garrapatas), ovoposición a los 15 días, peso de los huevos, y eclosión a los 30 días de la postura. Después de la aplicación de los tratamientos, las UE (cajas petri con garrapatas) se mantuvieron en incubación a 27°C con 80% humedad, excepto después de la eclosión, cuando se congelaron para inmovilizar y poder hacer las observaciones.

Las variables de respuesta fueron porcentaje de ovoposición, proporción del peso de huevos con respecto al peso de las garrapatas, y porcentaje de eclosión.

Los datos obtenidos se analizaron con el modelo lineal: $Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + BT_{ij} + \varepsilon_{ijk}$, en donde Y es la k-ésima observación del i-ésimo bloque (B = mayo y junio), del j-ésimo tratamiento (T = Infusión, Hojas frescas, Semilla almacenada, Testigo), BT es la interacción entre bloque y tratamiento, μ es la media poblacional, y ε es el error experimental, que se asume se distribuye normal, e independiente, con media 0 y varianza σ^2 .

Resultados y discusión

Con respecto a los experimentos in vivo, los resultados del experimento de floración (mayo) no arrojaron diferencias significativas para Conteos después del baño ($P = 0.70, 0.76, y 0.38$) ni diferencia del Conteo antes y después del baño ($P=0.73, 0.81, y 0.47$) para Tratamiento, Grupo genético, ni Nivel europeo, respectivamente.

Con fines ilustrativos, se presentan las medias de mínimos cuadrados \pm Error estándar, de los conteos por tratamiento: Producto comercial 19.38 ± 10.34 , Infusión 25.68 ± 10.20 , Hojas frescas 29.62 ± 11.13 , y Semilla almacenada 14.31 ± 9.32 . Asimismo, por Grupo genético: Holstein por Cebú 23.94 ± 6.30 y Suizo Pardo por Cebú 20.56 ± 8.81 ; y por nivel de sangre europea: Alto 26.78 ± 6.79 y Bajo 17.72 ± 7.82 .

En experimento de inicio de fructificación (junio), los resultados de la variable de Conteos después del baño tampoco fueron estadísticamente significativos ($P = 0.98, 0.93, 0.09$) para Tratamiento, Grupo Genético ni Nivel europeo, respectivamente.

Nuevamente con fines ilustrativos, se presentan las medias de mínimos cuadrados \pm Error estándar, de los conteos por tratamiento: Producto comercial 14.55 ± 4.9 , Infusión 13.13 ± 4.6 , Hojas frescas 15.74 ± 5.3 , y Semilla almacenada 15.65 ± 4.3 . Asimismo, por Grupo genético: Holstein por Cebú 15.00 ± 2.92 y Suizo Pardo por Cebú 14.52 ± 4.16 ; y por nivel de sangre europea: Alto 18.83 ± 3.36 y Bajo 10.7 ± 3.35 . Se puede, sin embargo, observar la

tendencia de que los más elevados niveles de sangre europea tienden a ser más susceptibles a las garrapatas.

Por el contrario, en los experimentos in vitro analizados juntos, utilizando el mes como Bloque, se encontraron diferencias significativas para todas las variables clasificatorias y de respuesta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de significancia (P-value) para las variables de respuesta Porcentaje de ovoposición, proporción del peso de huevos con respecto a de las garrapatas (phv_pGpt), y porcentaje de eclosión del experimento in vitro.

Fuente de variación	% Ovoposición	phv_pGpt	% Eclosión
Bloque	<0.01	<0.01	<0.01
Tratamiento	<0.01	0.01	<0.01
Bloque*Tratamiento	<0.01	<0.01	<0.01

El efecto de bloque fue altamente significativo, en parte por, o muy probablemente debido a, que las garrapatas disponibles y colectadas en mayo eran más pequeñas que las colectadas en junio. Los pesos medios por garrapata fueron de 0.15 mg en junio vs. 0.03 mg en mayo. Asimismo, el porcentaje de ovoposición fue de 100% en junio vs. 34.06% en mayo, con errores estándares de 2.85, la proporción de peso de huevo con respecto al peso de las garrapatas, fue de 52.4% en junio vs. 13.8% en mayo, y los porcentajes de eclosión fueron de 96.3% en junio vs. 43.0% en mayo.

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados y errores estándares (EE) de las variables de respuesta.

Tratamiento	% Ovoposición EE=4.03	phv_pGpt EE= 0.01	% Eclosión EE= 5.01
Agua	80.56 A	0.37 A	81.67 A
Hojas frescas	63.22 B	0.33 AB	63.92 AB
Infusión	59.52 B	0.29 B	55.42 B
Semilla	64.82 B	0.33 AB	77.50 AB

En cuanto al efecto por tratamiento, las medias de mínimos cuadrados y los errores estándares (EE) se muestran en el Cuadro 2. En la Figura 1 se muestra el efecto de la interacción de Bloque (mes) por tratamiento.

En la Figura 1, se puede observar como los efectos de los extractos artesanales, fueron significativos durante la floración, en mayo, pero nulos en junio, al inicio de la fructificación. La interrelación de las garrapatas y el medio ambiente es muy importante. En mayo, es la plenitud de la sequía, y las garrapatas mismas se ven probablemente afectadas, y no se encontraban completamente repletas. Eso por sí mismo pudo afectarles, como pudiera vislumbrarse en que incluso las que recibieron el tratamiento testigo, no ovopositaron al

100%. En junio empiezan las lluvias y el ambiente se vuelve más favorable al desarrollo de organismos en general, y probablemente de las garrapatas, en particular.

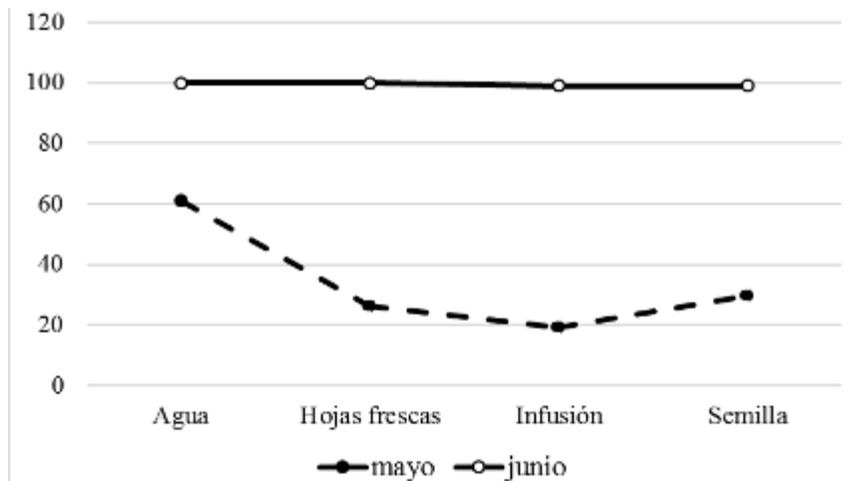


Figura 1. Diagrama de la interacción de Bloque por Tratamiento en los experimentos in vitro para la variable porcentaje de ovoposición.

Conclusión

No se encontraron efectos importantes y consistentes a concentraciones que serían biológica, operativa, y económicamente factibles de utilizarse a nivel de campo, por lo que, bajo las condiciones del presente trabajo, los extractos artesanales de Nim no se recomiendan como control biológico de garrapatas de bovinos en el sistema de producción de doble propósito.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento de este trabajo por el proyecto fiscal INIFAP “Utilización del Nim (*Azadirachta indica*) como alternativa de control biológico de ectoparásitos en bovinos de regiones tropicales”.

Literatura citada

Alonso-Díaz, M. A., R. I. Rodríguez-Vivas, H. Fragoso-Sánchez y R. Rosario-Cruz. 2006. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. Arch. Med. Vet., Vol. XXXVIII (2):105-113.

Boursier, C. M., D. Bosco, A. Coulibaly and M. Negre. 2011. Are traditional neem extract preparations as efficient as a commercial formulation of azadirachtin A. *Crop Prot.* 30:318-322.

CENID-PAVET. 2009. Perspectivas de control biológico parasitario y nuevas alternativas en el sector pecuario. Libro Científico No. 2 INIFAP.

Center for Food Security and Public Health. 2008. Bovine Babesiosis. Institute for International Cooperation in Animal Biologics. Iowa State University. Online: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/bovine_babesiosis.pdf

Cruz, F. M. 1998. Dinámica de la azadiractina en árboles de Nim (*Azadirachta indica*) de México y su efecto contra dos insectos de almacén. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. 90 p.

Denardi, S. L, G. H. Bechara, P. R. Oliveira and M. I. C. Mathias. 2011a. Ultrastructural analysis of the oocytes of female *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) ticks subjected to the action of *Azadirachta indica* A. Juss (Neem). *Ultrastruc. Pathol.* 36(1):56-67.

Denardi, S. E, G. H. Bechara, P. R. de Oliveira and M. I. Camargo. 2011b. Inhibitory action of neem aqueous extract (*Azadirachta indica* A. Juss) on the vitellogenesis of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) ticks. *Microsc. Res. Tech.* 74(10):889-99.

Esparza-Díaz, G., J. López-Collado, J. A. Villanueva-Jiménez, F. O. Acosta, G. Otero-Colina y E. Camacho-Díaz. 2010. Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agroc.* 44(7):821-833.

Ferreira Borges L. M., L. A. Dias de Sousa and C. da Silva B. 2011. Perspectives for the use of plant extracts to control the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* (Online) vol.20 no.2 Jaboticabal Apr./June 2011 <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612011000200001>

Giraldo, C., L. K. Reyes y J. Molina. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Manual 2, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 51 p.

Hernández, M. J. 2011. Resistencia de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a ixodicidas en unidades de producción en los municipios de Compa y Manlio Fabio Altamirano, Ver. Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana.

Mahr, D. L., P. Whitaker and Ridgway N. 2008. Biological control of insects and mites. An introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management. University of Wisconsin-Extension. ISBN: 978-0-98-9801401-1-8.

Mayahua-Quiahua, L., D. Romero-Salas, S. López Ortiz, C. Ahuja-Aguirre, D. Paniagua-Vega, Z. García-Vázquez, F. Martínez-Ibañez and A. Pérez de León. 2014. Activity of neem tree (*Azadirachta indica*) seed extracts from Veracruz, México against *Rhipicephalus microplus*. 13th Intl Congress of Parasitology. ICOPA México.

Oñate López, R. J. y L. A. Quintero L. 2008. Caracterización fisicoquímica de los extractos de la semilla del árbol de neem (*Azadirachta indica*) en el departamento del César. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Popular del César. Valledupar, César, Colombia.

Peixoto, E. C. T. M., A. Figueiredo, M. F. Novo, E. P. Porto, F. Valadares, L. P. da Silva and R. M. G. da Silva. 2013. Application of *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Azadirachta indica* A. Juss in the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *J. of Medicinal Plants Res.* 7(32): 2392-2398.

Ramzan, M., M. S. Khan, M. Avais, J. A. Khan, K. Pervez and W. Shahzad. 2008. Prevalence of ectoparasites and comparative efficacy of different drugs against tick infestation in cattle. *J Animal Plant Science*18(1):17-19.

Rodríguez-Vivas R. I., A. Rosado A., E. Basto E., Z. S. García V., R. Rosario C., H. Frago S. 2006. Manual técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino. CENID Parasitología Veterinaria. INIFAP. Publicación Técnica No. 4.

SAGARPA SENASICA. 2015. Situación actual de la Campaña para el control de la garrapata *Boophilus spp* Impacto zoonosario. Memoria de presentación, en línea: <http://conasamexico.org.mx/13/MemoriasRA-CONASA-2015/17-%20Parasitologia.pdf>

Scheleske, M. I. C. 2011. Prevalencia de unidades de producción con garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* resistentes a amidinas y factores de riesgo asociados a su presentación en la región centro del estado de Veracruz. Tesis para Maestro en Ciencias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana.

SENASICA. 2015. Garrapata *Boophilus spp*. En: Campañas Zoonositarias. SAGARPA. En línea: <http://www.senasica.gob.mx/?id=4373>

Springell, P.H. 1983. The cattle tick in relation to animal production in Australia. In: Tick and tick-borne diseases selected articles from the World Animal Review. Food and Agriculture Organization of the United Nations, © FAO ISBN 92-5-101289-X.

MORFOGÉNESIS DE HIJATOS DE GRAMÍNEAS NATIVAS A DIFERENTES NIVELES DE CARGA ANIMAL EN TRÓPICO HÚMEDO

Jesús Jarillo Rodríguez^{224*}, Epigmenio Castillo Gallegos²²⁴ y Braulio Valles de la Mora²²⁴

Resumen

Se evaluó el efecto 2, 3 y 4 vacas ha⁻¹ sobre el desarrollo de hijatos de *P. notatum* y *A. compressus*, en tres épocas, durante dos años consecutivos en el trópico húmedo. Se utilizaron dos repeticiones carga⁻¹, pastadas en secuencia, por 10 vacas distintas por carga animal (CA), por 3 d de uso y 27 d de recuperación. En hijatos se midió: densidad, longitud, altura, número de hojas, tasa de crecimiento foliar y grado de uso por el ganado; en hojas se midió: longitud, ancho, área, tasa de aparición, crecimiento longitudinal y grado de uso. El análisis de varianza se realizó con PROC MIXED de SAS para medidas repetidas. La densidad de hijatos (hijatos por m²) de ambas especies, no se afectó por CA; sólo por época el primer año; en el segundo, sólo afectó a *P. notatum*. El área y tasa de crecimiento foliar, el grado de uso del hijato, la longitud, altura de hijato y número de hojas hijato⁻¹ de ambas especies, no se afectó por CA, pero sí por la época en ambos años. El ancho de hoja de *A. compressus* sólo se afectó por la época el primer año; en *P. notatum*, sólo por CA el segundo año. En ambos años, la época afectó significativamente la longitud de hoja de *A. compressus*, mientras que en *P. notatum*, sólo el segundo año. En ambas especies, hubo efecto de la época sobre la tasa de aparición, el crecimiento longitudinal y el grado de uso de la hoja, sólo fue en el segundo año. La CA no afectó, pero si la época. La época en el segundo año mostró mayor efecto, por la menor precipitación pluvial en la sequía.

Palabras clave: crecimiento de hijatos, densidad de hijatos, *Paspalum notatum*, *Axonopus compressus*

²²⁴ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM¹. *Autor para correspondencia: jarillorj22@hotmail.com

Introducción

La persistencia de la pastura bajo pastoreo depende de una alta densidad de hijatos y de la habilidad individual de estos para mantener hojas fotosintéticamente funcionales.

Los cambios morfológicos durante el desarrollo de los hijatos (e.g., dinámica estructural), pueden determinar la producción de la pastura y pueden estar influenciados por la intensidad de la defoliación y por la época del año (Hirata y Pakiding, 2004). La estructura del hijato está integrada por el largo y ancho de la lámina, número de hojas por hijato, longitud, altura y densidad de hijatos, entre otros, a partir de las cuales se obtiene la morfogénesis del pastizal, como la tasa de extensión y de aparición de hojas, tasa de crecimiento del área foliar, tasa de crecimiento longitudinal del hijato y de la hoja, grado de uso del hijato y de la hoja, entre otros (Hirata y Pakiding, 2002). Si la defoliación ha sido frecuente e intensa, el pastizal tiende a ser más hojoso y con alta densidad de hijatos que otro en el que la defoliación ha sido menos severa (Hirata et al., 2002). Se evaluó el efecto de la CA en tres épocas del año sobre el desarrollo de hijatos de *Paspalum notatum* Flüggé y *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv.

Materiales y métodos

La evaluación se realizó en el CEIEGT (FMVZ, UNAM), en Tlapacoyan, Ver., a 20° 02' latitud N, 97° 06' longitud O; a una altura de 112 msnm. El clima es Af(m)w"(e), cálido húmedo, con lluvia todo el año, con tres épocas: lluvia, nortes y sequía. En el primer año (septiembre de 2005 a agosto de 2006), las temperaturas media, máxima y mínima fueron: 25.9, 38.4 y 16.8 °C en la época de lluvia; 20.0, 33.2 y 8.2°C en la época de nortes; y 25.6, 40.2 y 12.5 °C en la sequía. La lluvia anual registrada fue de 1211 mm, distribuida en 557, 314 y 340 mm en las épocas de lluvia, nortes y sequía. Para el segundo año (septiembre de 2006 a septiembre de 2007), las temperaturas media, máxima y mínima fueron: 26.4, 31.8 y 21.3 °C en la época de lluvia; 21.1, 25.3 y 16.8°C en la época de nortes; y 27.8, 33.7 y 22.1 °C en la sequía. La lluvia registrada en el año fue de 1811 mm, distribuida en 1118, 377 y 316 mm en las épocas de lluvia, nortes y sequía.

Vegetación de la pastura y tipo de suelo

La composición botánica fue 86.9% de *Paspalum* spp. y *Axonopus* spp., 2.9% de *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria arrecta*, 1.7% de leguminosas nativas y 8.5% de malezas de hoja ancha y angosta. El suelo es de tipo Ultisol, ácido (pH de 4.5 a 5.2), con bajos contenidos de N (0.032%) y P (2.32 ppm).

Tratamientos

Los tratamientos fueron: 2, 3 y 4 vacas ha⁻¹ (carga baja, media y alta, respectivamente), con dos repeticiones. Cada repetición constó de 2500, 3300 y 5000 m² para 4, 3 y 2 vacas ha⁻¹, respectivamente. En ambas repeticiones se simuló un pastoreo rotacional intensivo de 3 días de ocupación y 27 de recuperación. Los tratamientos se establecieron en febrero de 2002, sin cambios en el número de animales, en las superficies destinadas, ni en el ciclo uso-descanso.

Se utilizaron 30 vacas F1 (Holstein x Cebú; 3.5 ± 2.6 partos), distribuidas en cada tratamiento por número de partos, producción de leche en lactancia previa (1266.8 ± 337.6 kg) y peso vivo (489.8 ± 67.5 kg).

Mediciones realizadas

El conteo de hijatos de ambas spp. se realizó en cuadrantes fijos (dos por sp) de 20 x 20 cm, localizados al azar, en cada repetición, antes y después del pastoreo (AP y DP), al inicio y final del periodo de recuperación de 27 días (Islam e Hirata, 2005), en las tres épocas. Para longitud, altura y número de hojas, se establecieron, al azar, dos transectos, uno para *P. notatum* y el otro para *A. compressus*, fijos, de 2 m de largo especie⁻¹ repetición⁻¹. En cada transecto se marcaron 10 hijatos con un alambre delgado. En cada hijato se midió: longitud (cm) y altura (cm), desde el suelo hasta el punto más alto; número de hojas; y longitud (cm) y ancho (cm) de cada hoja. Tales mediciones se efectuaron el día AP y DP. Las mediciones se repitieron a los 27 días (Islam e Hirata, 2005); así, las mediciones se realizaron en dos ciclos de pastoreo al final de cada época.

Con estas mediciones, se calculó: Grado de uso de hijatos (%) = (mm DP/mm AP) x 100; Grado de uso de hojas (%) = (mm DP/mm AP) x 100; crecimiento longitudinal del hijato (mm/día); tasa de aparición de hojas (hojas d⁻¹) y crecimiento longitudinal de hojas (mm d⁻¹). El área foliar se midió sólo el primer año, con un medidor (CID, Inc. USA) modelo C1 202, en las hojas de 10 hijatos, localizados en un transecto, en cada repetición por tratamiento. A partir de estas mediciones, se obtuvo la tasa de crecimiento del área foliar: área foliar = área AP-área DP/27.

La radiación solar (w/m²) se midió con un Light meter (LI-COR, USA), modelo LI-250, en dos puntos, a 2 cm de la superficie del suelo, en cada uno de los 8 cuadrantes fijos por sp de cada tratamiento por repetición, dos veces al día (8:00 y 13:00 h) en el muestreo de la dinámica poblacional. Para obtener la cantidad de radiación solar recibida a dos centímetros de la superficie del suelo, se consideró la radiación solar registrada en la estación meteorológica (Watch Dog Spectrum Technologies, Inc., Plainfields, Ill.) del CEIEGT, cuyo sensor se encuentra a 1.5 m sobre el nivel del suelo. Por lo tanto: Radiación solar recibida = (radiación solar a 2 cm del suelo/radiación solar en estación) x 100.

Diseño de tratamientos y análisis estadístico

La distribución de tratamientos fue completamente al azar, con dos repeticiones. El análisis de varianza consideró efectos de CA, potrero y época del año, usando la variación entre potreros para estimar el error experimental. El análisis de varianza se realizó con PROC MIXED de SAS (SAS, 1999) para medidas repetidas, con la estructura de covarianza de componentes simétricos para todas las variables medidas (Littell et al., 1998). Se realizó un análisis de regresión con el procedimiento de modelos lineales generales de SAS (SAS, 1999), para observar ajuste al modelo lineal o cuadrático entre y los niveles de CA en cada época y densidad, longitud, altura de hijatos y longitud de hoja. Para la comparación de medias de tratamientos se usó PDIFF de LSMEANS del PROC MIXED y se empleó el nivel $P < 0.05$ para declarar diferencia significativa entre medias.

Resultados y discusión

Densidad de hijatos (hijatos por m²)

El modelo cuadrático tuvo mejor ajuste en comparación con el lineal en lluvias y sequía de ambos años, pero sin significancia en ningún caso. La menor densidad fue de *P. notatum* y aumentó con la CA (Cuadro 1). En el primer año, el modelo lineal fue el de mejor ajuste para nortes; en el segundo año el modelo cuadrático fue el mejor en todos los casos.

Cuadro 1. Medias \pm errores estándar de la densidad de hijatos (y) de *Paspalum notatum* Flüggé y *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv. por efecto de 2, 3 y 4 vacas ha⁻¹ (CA; x) en las épocas de lluvia, norte y seca, antes del pastoreo, durante dos años, en el trópico húmedo mexicano.

Época	Lluvia			Norte			Seca		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Año	2005-2006								
<i>P. notatum</i>	1125 \pm 118 ^a	1695 \pm 278 ^a	2043 \pm 181 ^a	1248 \pm 99 ^a	1877 \pm 102 ^a	2696 \pm 134 ^a	3293 \pm 260 ^a	4390 \pm 263 ^a	5051 \pm 390 ^a
<i>A. compressus</i>	2734 \pm 289 ^a	2983 \pm 330 ^a	3843 \pm 647 ^a	3320 \pm 200 ^a	4004 \pm 353 ^a	4826 \pm 378 ^a	6854 \pm 621 ^a	6321 \pm 648 ^a	7451 \pm 589 ^a
Año	2006-2007								
<i>P. notatum</i>	3463 \pm 184 ^a	4974 \pm 152 ^a	5146 \pm 191 ^a	2571 \pm 160 ^a	4051 \pm 225 ^a	4726 \pm 230 ^a	2776 \pm 206 ^a	4198 \pm 316 ^a	4548 \pm 281 ^a
<i>A. compressus</i>	7012 \pm 303 ^a	9222 \pm 338 ^a	8457 \pm 428 ^a	5712 \pm 426 ^a	9290 \pm 580 ^{ab}	10007 \pm 806 ^b	6514 \pm 628 ^a	6825 \pm 836 ^a	9510 \pm 1145 ^a

Dentro de cada época, promedios con literal diferente indica diferencia significativa ($P < 0.05$).

Los parámetros de las ecuaciones cuadráticas permitieron calcular para el segundo año (Cuadro 2) que la densidad de hijatos máxima se obtuvo con CA de 3.6, 4.3 y 3.8 vacas ha⁻¹ para lluvia, nortes y sequía, respectivamente.

Cuadro 2. Valores de la ecuación de regresión lineal o cuadrática de densidad de hijatos (y) de *Paspalum notatum* Flüggé y *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv. por efecto de 2, 3 y 4 vacas ha⁻¹ (CA; x) en las épocas de lluvia, norte y seca, antes del pastoreo, durante dos años en el trópico húmedo mexicano.

Año	2005-2006			2006-2007		
Axonopus compressus						
Época	Lluvia	Norte	Seca	Lluvia	Norte	Seca
Intercepto	5900.0	1859.9	12907.8	-6332.8	1894.0	13017.2
CA(x)	-2651.6	753.1	-4689.1	9647.7	2147.7	-5626.6
CxCA	534.4		831.3	-1487.5		1187.5
P>F	0.4891	0.0502	0.2375	0.2138	0.0531	0.3695
R ²	0.21	0.66	0.72	0.67	0.65	0.31
Función	Cuadrática	Lineal	Cuadrática	Cuadrática	Lineal	Cuadrática
Paspalum notatum						
Intercepto	176.0	-218.5	-207.8	-3573.4	-2801.6	-3282.8
CA(x)	459.4	724.2	2186.7	4856.6	3491.4	4101.6
CxCA			-218.0	-669.1	-402.3	-535.9
P>F	0.1407	0.0016	0.0632	0.0357	0.0094	0.0387
R ²	0.46	0.94	0.74	0.84	0.93	0.82
Función	Lineal	Lineal	Cuadrática	Cuadrática	Cuadrática	Cuadrática

Dentro de época, literal diferente indica diferencia significativa (P<0.05).

A. *compressus* mostró mayor densidad de hijatos, pero con mayor RSR, y se relaciona con la menor longitud y altura de los hijatos. En la sequía del primer año, llovió 35% más que en la sequía del segundo año. En nortes de ambos años, la densidad de hijatos creció linealmente (Cuadro 1), pero la altura y longitud disminuyeron con la CA, lo que generó mayor entrada de luz a la base de las plantas. La respuesta cuadrática en lluvia (Cuadro 2), nortes y sequía en *P. notatum*, del segundo año, es posible, debido a que la carga alta disminuyó la capacidad de rebrote y es requerido mayor tiempo de recuperación. En el segundo año, la densidad de hijatos de *P. notatum*, en la carga baja, fue diferente a la carga media y a la alta, y la RSR aumentó conforme incrementó CA, sin embargo, la altura y longitud de hijatos disminuyó de carga baja a alta, por lo que a menor altura mayor densidad.

Longitud del hijato (cm)

La longitud de hijatos de *A. compressus*, en ambos años, no mostró efecto de CA (P>0.05). Sin embargo, en el primer año, la lluvia (9.8 ± 1.5 cm) fue superior (P<0.004) a norte (6.2 ± 0.3 cm) y sequía (6.0 ± 0.3 cm); mientras que, en el segundo año, la lluvia (7.6 ± 0.5 cm) también fue superior (P<0.01) a la sequía (5.9 ± 0.2 cm).

En el primer año, *P. notatum* no mostró efecto ($P>0.05$) de CA. No obstante, en el segundo año la carga baja (13.2 ± 0.7 cm) fue superior ($P<0.02$) a la carga media (10.6 ± 0.6 cm) y alta (9.0 ± 0.5 cm). En el primer año, la longitud del hijato de *P. notatum* en lluvia (19.4 ± 1.8 cm) fue superior ($P<0.0001$) a norte (9.0 ± 0.7 cm) y sequía (7.9 ± 0.4 cm); además, interactuaron ($P<0.001$) dentro de lluvia las tres CA (Cuadro 2). Los parámetros de la ecuación de las medias de CA en el primer año, indican un ajuste al modelo lineal en lluvia ($R^2=0.69$; $P<0.03$) y de norte ($R^2=0.74$; $P<0.02$), mientras que, en el segundo año, la de norte sólo se ajustó al modelo lineal ($R^2=0.90$; $P<0.004$). En lluvias, durante el primer año, en ambas especies la densidad de hijatos fue menor, lo que permitió mayor longitud, que coincide con mejores condiciones de clima de la época. La longitud de *P. notatum* en el mismo año en la lluvia, pero en la carga baja generó baja densidad de hijatos (1125 ± 118.7 hijatos por m^2), con respecto a la carga alta (2043 ± 181.8 hijatos por m^2). Para el segundo año, en *P. notatum*, los tres niveles de CA fueron diferentes en nortes, de acuerdo con la respuesta lineal registrada entre longitud del hijato y CA; se puede relacionar con la mayor precipitación pluvial recibida en la misma época, aunado a un incremento de la temperatura mínima registrada con respecto al primer año.

Altura del hijato (cm)

La altura de hijatos de *A. compressus* en el primer año sólo mostró efecto de la época ($P<0.001$), lluvia (8.0 ± 1.4 cm) fue superior a norte (3.9 ± 0.2 cm) y a sequía (4.1 ± 0.2 cm; Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias \pm errores estándar de altura de hijato de *Paspalum notatum* Flüggé y *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv por efecto de 2, 3 y 4 vacas ha^{-1} (CA; x) en las épocas de lluvia, norte y seca, antes del pastoreo, durante dos años, en el trópico húmedo mexicano.

Época	Lluvia			Norte			Seca			
	CA (vacas ha^{-1})	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Año 2005-2006										
<i>P. notatum</i>		22.7 \pm 3.3 ^a	15.7 \pm 1.0 ^b	12.6 \pm 0.7 ^b	7.0 \pm 1.1 ^a	5.5 \pm 0.2 ^a	3.7 \pm 0.1 ^a	6.8 \pm 0.7 ^a	5.3 \pm 0.4 ^a	5.0 \pm 0.2 ^a
<i>A. compressus</i>		11.3 \pm 4.0 ^a	7.1 \pm 0.5 ^a	5.5 \pm 0.2 ^a	4.8 \pm 0.5 ^a	3.6 \pm 0.1 ^a	3.1 \pm 0.3 ^a	4.7 \pm 0.4 ^a	4.3 \pm 0.3 ^a	3.2 \pm 0.1 ^a
Año 2006-2007										
<i>P. notatum</i>		9.0 \pm 1.1 ^a	7.3 \pm 0.51 ^a	7.4 \pm 0.8 ^a	12.3 \pm 0.9 ^a	8.1 \pm 0.3 ^b	4.8 \pm 0.4 ^c	8.3 \pm 1.0 ^a	7.2 \pm 0.7 ^a	6.7 \pm 0.4 ^a
<i>A. compressus</i>		4.9 \pm 0.7 ^a	4.6 \pm 0.6 ^a	4.8 \pm 0.7 ^a	5.1 \pm 0.2 ^a	3.9 \pm 0.1 ^a	3.3 \pm 0.4 ^a	4.7 \pm 0.2 ^a	4.4 \pm 0.2 ^a	3.6 \pm 0.1 ^a

Dentro de cada época, promedios con literal diferente indica diferencia significativa ($P<0.05$).

Para el segundo año, la misma especie no mostró ($P>0.05$) efecto de la CA y de la época. La altura de hijatos de *A. compressus* en norte del primer ($R^2=0.69$; $P<0.04$) y segundo año ($R^2=0.73$; $P<0.03$) y de sequía ($R^2=0.70$; $P<0.03$) en el segundo, se ajustó al modelo lineal.

En el primer año, *P. notatum* solo mostró efecto de la época ($P < 0.0001$). La lluvia (17.0 ± 1.6 ; Cuadro 3) fue superior ($P < 0.05$) a nortes (5.4 ± 0.5) y a la sequía (5.7 ± 0.3) y estas dos últimas fueron iguales. Además, interactuaron ($P < 0.01$) el nivel de CA y la época, dentro de lluvia, la carga baja es superior a la carga media y alta. Sin embargo, *P. notatum* en el segundo año, indica diferencia entre nivel de carga ($P < 0.04$), la carga baja (9.9 ± 0.7) fue mayor ($P < 0.05$) a la carga alta (6.3 ± 0.4), pero sin diferencia entre épocas ($P > 0.05$), además, se presentó interacción ($P < 0.05$) carga x época; en norte los tres niveles de carga fueron diferentes. La altura de hijato de *P. notatum*, en el segundo año, se ajustó al modelo lineal ($R^2 = 0.89$; $P < 0.004$) en norte (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de la ecuación de regresión lineal o cuadrática de altura de hijato (y) de *Paspalum notatum* Flüggé y *Axonopus compressus* (Sw) P. Beauv. por efecto de 2, 3 y 4 vacas ha^{-1} (CA; x) en las épocas de lluvia, norte y seca, antes del pastoreo, durante dos años, en el trópico húmedo mexicano.

Año	2005-2006			2006-2007		
	Axonopus compressus					
Época	Lluvia	Norte	Seca	Lluvia	Norte	Seca
Intercepto	18.97	9.06	8.55	8.18	9.11	7.80
CA(x)	-3.06	-0.95	-0.83	-0.19	-0.83	-0.63
CAxCA						
P>F	0.1722	0.0836	0.0801	0.7321	0.1578	0.0766
R ²	0.41	0.57	0.58	0.03	0.43	0.58
Función	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
	Paspalum notatum					
Intercepto	68.85	15.13	10.11	14.18	23.66	13.70
CA(x)	-28.91	-2.02	-0.72	-0.94	-4.02	-1.24
CAxCA	3.86					
P>F	0.0484	0.0284	0.3171	0.1182	0.0042	0.0942
R ²	0.80	0.74	0.25	0.50	0.90	0.54
Función	Cuadrática	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal

Dentro de época, literal diferente indica diferencia significativa ($P < 0.05$).

La altura del hijato es menor a la longitud del hijato, esto puede ser por la inclinación que adoptan las plantas por efecto del pastoreo. Tanto la altura como la longitud, sólo mostraron efecto de la época. La altura registrada (2 a 22 cm) es similar a lo reportado por Hirata et al. (2002). La altura del hijato después del pastoreo, varía por el nivel de CA, no solo lleva a una reducción en la intercepción de luz inmediatamente a la defoliación, es necesario mas tiempo

para que el hijato alcance una intercepción mayor y reducción de las reservas de carbohidratos y del crecimiento de la raíz (Martí nez-Trinidad et al., 2013).

Número de hojas por hijato

El número hojas por hijato, *A. compressus* durante el primer año, solo mostró efecto de la época del año ($P < 0.0001$), lluvia (5.1 ± 0.1), norte (4.2 ± 0.08) y sequía (3.3 ± 0.1), fueron diferentes entre sí. Para el segundo año, *A. compressus* no mostró efecto de época y carga. En el caso de *P. notatum*, en el primer año también sólo mostró efecto de la época ($P < 0.0001$), la sequía (4.4 ± 0.3) fue menor a norte (6.1 ± 0.2) y lluvia (6.2 ± 0.1). El número de hojas puede ser el mismo entre cargas, pero de diferente tamaño. La temperatura del aire es lo que más afecta el desarrollo y crecimiento de las hojas (Pakiding e Hirata, 2001). En lluvia siempre hay mayor número de hojas por hijato, pero la densidad de hijatos siempre fue menor, por lo tanto, el mayor número de hojas podría compensarse por la menor densidad de hijatos. Se ha comprobado que con alturas bajas de corte (de 2 a 7 cm) se produce un material más hojoso, verde y menos material muerto (Hirata et al., 2002). Sin embargo, la época tiene un efecto importante sobre la tasa de aparición de hojas (Hirata y Pakiding, 2004).

Ancho de hojas (mm)

A. compressus en el primer año, sólo mostró efecto de la época ($P = 0.05$), norte (0.85 ± 0.02 mm) fue mayor a la sequía (0.71 ± 0.06 mm). En el segundo año no hubo efecto ($P > 0.05$) de CA y época. La época no mostró efecto ($P > 0.05$) en *P. notatum* en ambos años, no obstante, en el segundo año si hubo efecto de CA ($P < 0.03$) sobre esta especie, la carga baja (0.68 ± 0.01) y la carga media (0.67 ± 0.01) fueron diferentes a la carga alta (0.63 ± 0.01). En ancho de hojas la diferencia en épocas de *A. compressus*, podría ser por efecto de la deshidratación que genera la misma época de sequía. El efecto de la carga sobre el ancho de hoja en el segundo año, puede relacionarse con la menor longitud y altura de hijato, originado a su vez por la mayor densidad de hijatos de la misma carga alta.

Longitud de hoja (cm)

La longitud de hoja de *A. compressus* en ambos años no mostró efecto de CA, pero la época indicó efecto ($P < 0.0001$) en el primer año, lluvia (4.1 ± 0.2 cm) fue diferente a nortes (3.3 ± 0.1 cm) y sequía (3.3 ± 0.1 cm); mientras que, en el segundo año, no hubo efecto de la época ($P > 0.05$). Las medias de la longitud de hoja de *A. compressus* en CA se ajustaron al modelo cuadrático ($R^2 = 0.84$; $P < 0.02$) en la época de sequía. En *P. notatum*, la longitud de hoja en el primer año sólo indicó efecto ($P < 0.0001$) de la época; la lluvia (10.8 ± 1.0 cm) fue diferente a norte (5.3 ± 0.3 cm) y sequía (5.5 ± 0.3 cm), además, la interacción ($P < 0.005$) carga x época, indicó que en lluvia la carga baja fue superior a las cargas media y alta

(Cuadro 4). En el segundo año, *P. notatum* sólo hubo efecto de la CA ($P < 0.006$), la carga baja (7.5 ± 0.5 cm) fue superior a la carga media (5.8 ± 0.3 cm) y alta (4.9 ± 0.2 cm). La longitud de hoja en CA de *P. notatum* del primer año en lluvia mostró una respuesta lineal ($R^2 = 0.67$; $P < 0.04$) y cuadrática ($R^2 = 0.88$; $P < 0.02$) en nortes; en el segundo año, en la lluvia la respuesta fue cuadrática ($R^2 = 0.99$; $P < 0.0008$) y lineal ($R^2 = 0.92$; $P < 0.002$) en la de norte. Para el segundo año, la nula diferencia entre cargas pudo ser por la baja radiación solar recibida en comparación con el primer año. En sequía se registró 62% más RSR que en norte, lo que puede indicar que la radiación solar puede no ser limitante del crecimiento de la planta. La longitud de hoja de *P. notatum* en lluvia y nortes de ambos años, mostró una respuesta lineal y cuadrática negativa conforme incrementó la CA. La altura de corte podría asociarse con la CA, es decir, a mayor CA, menor altura, de esta manera se reporta mayor tamaño de hoja a mayor altura (Hirata, 2000).

Área foliar (cm²)

En *A. compressus*, el área foliar no mostró efecto de la CA, pero la época sí ($P < 0.0001$), sequía (1.8 ± 0.06 cm²) fue menor a lluvia (2.9 ± 0.1 cm²) y a norte (3.0 ± 0.08 cm²). En *P. notatum* no hubo efecto de CA ($P > 0.05$), pero sí de época ($P < 0.0001$); en ambas condiciones las tres épocas fueron diferentes entre sí. El impacto del pastoreo puede estar determinado por el área foliar remanente (Bahmani et al., 2000). Al incrementar la intensidad de pastoreo se incrementa, en este caso, la carga alta, el pastizal tiende a ser más hojoso y con mayor densidad de hijatos.

Tasa de crecimiento del área foliar por hijato (mm² d⁻¹)

En ambas especies, la tasa de crecimiento del área foliar no mostró efecto de la CA ($P > 0.05$), pero sí de la época ($P < 0.01$). En *P. notatum*, lluvia (0.43 ± 0.2), norte (0.12 ± 0.05) y sequía (0.15 ± 0.06), fueron diferentes entre sí, además, se observó interacción carga x época ($P < 0.002$), dentro de lluvia, la carga baja (0.91 ± 0.001), fue superior a la carga media (0.24 ± 0.001) y a la alta (0.13 ± 0.001).

Grado de uso del hijato (%)

El grado de uso no mostró efecto de CA ($P > 0.05$) en ambos años y en ambas especies. No obstante, durante el primer año *P. notatum* mostró efecto de la época ($P < 0.002$), la sequía ($37.6 \pm 4.0\%$) fue mayor a lluvia ($21.3 \pm 7.1\%$) y norte ($13.2 \pm 3.2\%$). Para el segundo año, tanto *P. notatum* ($P < 0.002$) como *A. compressus* ($P < 0.007$) mostró efecto de la época; en *P. notatum* la lluvia ($53.6 \pm 2.5\%$) fue superior a norte ($19.4 \pm 5.9\%$) y sequía ($20.8 \pm 6.4\%$) y en *A. compressus* también la lluvia ($46.5 \pm 4.1\%$) superó a norte ($20.3 \pm 4.2\%$) y sequía ($15.5 \pm 2.5\%$).

Tasa de aparición de hoja (hojas hijato⁻¹ d⁻¹)

La tasa de aparición de hojas solo en el segundo año mostró efecto de época, *A. compressus* ($P < 0.01$), en sequía (0.014 ± 0.002 %) fue inferior a lluvia (0.033 ± 0.005 %) y a norte (0.044 ± 0.008 %); en *P. notatum* ($P < 0.02$) norte (0.083 ± 0.01 %) fue superior a lluvia (0.035 ± 0.007 %) y a sequía (0.038 ± 0.007 %).

Crecimiento longitudinal del hijato (mm d⁻¹)

En el primer año, sólo en *A. compressus*, se afectó por época ($P < 0.05$), la lluvia (0.11 ± 0.03) fue mayor a norte (0.04 ± 0.01). En el segundo año, sólo difirió la época, en *A. compressus* ($P < 0.001$) lluvia (0.16 ± 0.02) cambio de norte (0.05 ± 0.01) y de sequía (0.03 ± 0.004 %); como en *P. notatum* ($P < 0.002$), la lluvia (0.24 ± 0.01 %) fue superior a norte (0.07 ± 0.02 %) y sequía (0.06 ± 0.01 %).

Crecimiento longitudinal de la hoja (mm d⁻¹)

Solo en el segundo año, *A. compressus* ($P < 0.003$) mostró efecto de la época, la lluvia (0.16 ± 0.02 mm d⁻¹) fue superior a norte (0.05 ± 0.01 mm d⁻¹) y a sequía (0.03 ± 0.004 mm d⁻¹); también *P. notatum* ($P < 0.001$) mostró efecto de la época, la lluvia (0.24 ± 0.01 mm d⁻¹) superó a norte (0.07 ± 0.02 mm d⁻¹) y a sequía (0.06 ± 0.01 mm d⁻¹).

Grado de uso de hojas (%)

Solo en el segundo año se observó efecto de la época ($P < 0.002$), *A. compressus*, la lluvia (46.5 ± 4.1 %) fue superior a nortes (20.3 ± 4.2 %) y a sequía (15.5 ± 2.5 %); en *P. notatum* ($P < 0.004$) también, la lluvia (53.6 ± 2.5 %) fue diferente a nortes (19.4 ± 5.9 %) y a sequía (20.8 ± 6.4 %).

Radiación solar recibida (RSR; w/m²)

La RSR en el suelo en ambos años fue menor ($P < 0.05$) en norte y lluvia, con respecto a sequía. La CA en ambos años, no mostró efecto ($P > 0.05$).

Conclusiones

El principal efecto se generó por la época del año. La similar respuesta de la mayoría de las variables entre CA se ajustó porque al incrementar CA aumenta la densidad de hijatos, disminuye la longitud de hijatos, aumenta el número de hojas y puede disminuir su longitud. Se deduce que, a menor CA, se obtiene una menor densidad de hijatos, pero de mayor altura y longitud.

Literatura citada

- Bahmani, I., L. Hazard, C. Varlet-Grancher, M. Betin, G. Lemaire, C. Matthew and E. R. Thom. 2000. Differences in tillering of long- and short-leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. *Crop Sci.* 40:1095-1102.
- Hirata, M. 2000. Effects of nitrogen fertilizer rate and cutting height on leaf appearance and extension in bahia grass (*Paspalum notatum*) swards *Tropical Grassl.* 34:7-13
- Hirata, M., K. Eguchi, T. Takayoshi, S. Osafune, K. Okimatsu and N. Yamamoto. 2002. Response of Bahiagrass (*Paspalum notatum* Fluegge) sward to cutting height. 4. Canopy structure and light extinction. *Grassl. Sci.* 48(4):326-331.
- Hirata, M. and W. Pakiding. 2002. Dynamics in tiller weight and its association with herbage mass and tiller density in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grassl.* 36:24-32.
- Hirata, M. and W. Pakiding. 2004. Tiller dynamics in bahia grass (*Paspalum notatum*): an analysis of responses to nitrogen fertilizer rate, defoliation intensity and season. *Tropical Grassl.* 38:100-111.
- Islam, M. A. and M. Hirata. 2005. Leaf and tiller dynamics in centipede grass and bahia grass. XX International Grassland Congress: Offered papers. Ed: O'Mara, F. P. Wilkins, R. J., 'tMannetje L., Lovett, D. K., Rogers, P. A. M. and Boland, T. M. Irlanda, England. 871.
- Littell, R. C., P. R. Henry and C.B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS Procedures. *J. Animal. Sci.* 76:1216-1231.
- Pakiding, W. and M. Hirata. 2001. Leaf appearance, death and detachment in a Bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grassl.* 35:114-123.
- SAS. 1999. SAS OnlineDoc®, Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC., U.S.A.
- Martí nez-Trinidad, T., F. O. Plascencia-Escalante, V. M. Cetina-Alcalá . 2013. Crecimiento y vitalidad de *Populus alba* L. con desmoche y tratado con paclobutrazol. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(3):381-388.

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LOS PASTOS YACARÉ Y OAXACA, BAJO *Melia azedarach* L. EN VERACRUZ

Jesús Jarillo Rodríguez^{225*}, Epigmenio Castillo Gallegos²²⁵, Braulio Valles de la Mora²²⁵ y José Isidro Melchor Marroquin²²⁶

Resumen

Se evaluó crecimiento y producción de materia seca (MS) del pasto Yacaré y de Oaxaca, con *Melia azedarach* L. (piocho), en la época de nortes de oct-2012 a mar-2013, en Tlapacoyan, Veracruz, a 847 msnm, con clima cálido-húmedo-regular y precipitación pluvial anual de 2000 mm. El experimento se estableció en junio del 2010 y los árboles de *M. azedarach* (1200 árboles/ha) previamente se plantaron en 2006, que al muestreo los árboles tenían una altura de 10 m y un diámetro de tallo 13 cm. El área experimental fue de 70 árboles en 552 m² y tres parcelas de 2.5 m x 5 m, bajo sol de Yacaré y Oaxaca y lo mismo bajo sombra de *M. azedarach*; con tres cuadros de 1 m²/parcela, se cortaron 4 macollas a 4, 8 y 12 semanas, respectivamente. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, la información se analizó con PROC GLM de SAS y Tukey cuando $P < 0.05$. En Yacaré y Oaxaca la tasa de crecimiento en altura bajo sol y sombra, fueron iguales ($P > 0.05$); Tasa de crecimiento en longitud solo fue diferente en Oaxaca ($P < 0.05$). La tasa de aparición de hojas fue similar en Yacaré pero diferente en Oaxaca. El área foliar, en ambos pastos, bajo sol fue diferente ($P < 0.05$) a sombra. En Yacaré MS total (3.0 ± 1.4 g) fue igual tanto en sol como en sombra ($P > 0.05$) pero diferente en Oaxaca. MS de hoja y tallo en sol y sombra fueron diferente ($P < 0.05$) en ambos pastos. Material muerto difirió de 0.01 ± 0.02 g para sol y 0.023 ± 0.027 g y sombra ($P < 0.05$) en Yacaré pero similar en Oaxaca. En materia seca total, Oaxaca en sol (950.89 ± 761.96 kg/ha) fue diferente a sombra (439.56 ± 297.18 kg/ha) y Yacaré también fue diferente ($P < 0.05$) en sol (861.9 ± 642.6 kg/ha) y sombra (498.0 ± 364.9 kg/ha). Ambos pastos, muestran producción de MS/hijato similar entre tratamientos. Las hojas y los hijatos presentaron mayor altura en sombra. La mayor acumulación de MS fue a pleno sol y mayor densidad de hijatos en comparación con sombra. La materia muerta por macolla fue mayor a pleno sol.

Palabras clave: Brachiaria, materia seca, morfogenesis, pasturas tropicales

²²⁵ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la FMVZ-UNAM. jarillorj22@hotmail.com

²²⁶ Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias.

Introducción

La ganadería tropical tiene como base alimentaria a los pastos con un potencial extraordinario para la producción de biomasa. Sin embargo, una amplia parte del área tropical muestra daños por el mal uso de los recursos naturales, como la existencia de grandes extensiones de tierra deforestadas y abandonadas o con mínimo uso. Con necesidades de mejorar la degradación del suelo, en el sentido de aporte de nutrientes como materia orgánica y disminución de la compactación.

Una alternativa viable que podría mejorar la calidad de los suelos es la implementación de sistemas silvopastoriles, los cuales se basan en asociaciones de pasto, arbusto y/o árboles que contribuyen a la recuperación de las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, creando un microclima favorable para la explotación de gramíneas y leguminosas; esto se refleja en un mejor aporte de alimento de buena calidad, especialmente durante las épocas críticas, mejorando la productividad del sistema ganadero en el marco de la relación suelo-planta-animal-ambiente (Giraldo et al., 2008).

En el presente estudio analiza el pasto Yacaré (CIAT 1752; *Urochloa brizantha* CIAT 16320 x híbrido de cuarto ciclo de reproducción sexual del mismo género) y de Oaxaca (CIAT 1794; tri-híbrido de *Urochloa ruziziensis* x *U. decumbens* x *U. brizantha*) bajo un sistema silvopastoril con la especie forestal *Melia azedarach* L. (piocho), que permita conocer el desempeño de estas dos especies en su morfogénesis y la producción de materia seca bajo condiciones de sol y sombra. Se sabe que los árboles modifican la cantidad y la calidad de luz que penetra bajo la copa, debido a que la geometría o arquitectura y diámetro de la copa determina la fracción de luz interceptada y la transmisión de luz, a través de la copa para el crecimiento de los pastos. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar la morfogénesis y cuantificar la producción de materia seca de los pastos Yacaré (CIAT 1752; *U. brizantha* CIAT 16320 x híbrido de cuarto ciclo de reproducción sexual del mismo género) y Oaxaca (CIAT 1794; tri-híbrido de *Urochloa ruziziensis* x *U. decumbens* x *U. brizantha*), bajo condiciones de sombra en un sistema silvopastoril con la especie forestal *Melia azedarach* L. (Piocho), en Tlapacoyan, Veracruz.

Materiales y métodos

Se evaluó la morfogénesis y el rendimiento de materia seca del pasto Yacaré y de Oaxaca, bajo condiciones de sombra en un sistema silvopastoril con *Melia azedarach* L. (piocho), en la época de nortes de octubre 2012 a marzo 2013.

El sitio experimental está ubicado en Platanozapan, municipio de Tlapacoyan, Veracruz, localizado entre los paralelos 19° 56' 26'' y 19° 56' 48'' latitud Norte y los meridianos 97° 15' 55" y 97° 15' 34'' longitud Oeste, situada a una altitud de 847 m. La mayor parte del relieve del suelo es accidentado, se encuentra sobre un macizo montañoso de la Sierra Madre Oriental. Su vegetación es de tipo bosque subtropical perennifolio. El clima que predomina es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 18°C anuales; su precipitación pluvial anual es de 2000 mm, En la Figura 1 se presentan los datos de temperatura y precipitación durante el experimento. La precipitación total durante el periodo fue de 160.4 mm y la temperatura promedio de 16°C. El tipo de suelo en el experimento es de textura franco arenoso, en condición de sombra tiene un pH de 5.1 y materia orgánica al 5.5%, en condición de sol tiene un pH de 5.2 y materia orgánica al 6.6%.

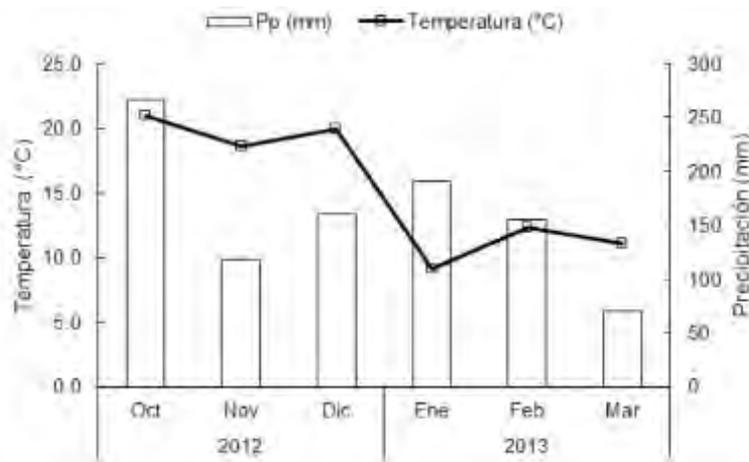


Figura1. Temperatura y precipitación observada durante el periodo de estudio (Octubre de 2012 a Marzo 2013), en el Sitio Experimental, Platanozapan, Tlapacoyan, Veracruz.

El experimento se estableció en junio del 2010, se trazaron parcelas de 5 m de largo por 2.5 m de ancho, bajo un sistema integrado de árboles de *M. azedarach*, establecidos en el año 2006. Al momento de la toma de datos, los árboles tenían una altura aproximada de 10 m, un diámetro de tallo 13 cm, en un marco de plantación de 1,200 árboles/ha, siendo 70 árboles en 552 m² (área del experimento). Los árboles se establecieron en curvas de nivel distribuidos 2.5 m entre árboles por 5 m entre hileras.

El área experimental constó de tres parcelas de 2.5 m de ancho x 5 m largo con un área total de 12.5 m², bajo sol (tratamiento 1) y otras tres bajo sombra (tratamiento 2) de *Melia azedarach* (1200 arboles/ha); en tres cuadros de 1 m²/parcela, se cortaron 4 macollas a 4, 8, 12 semanas, respectivamente.

Las variables evaluadas fueron: Tasa de crecimiento en altura (talt), Tasa de crecimiento en longitud (talong), Tasa de aparición de hojas (tapaho), área foliar (Robson y Sheehy, 1981),

materia seca total (MStot), materia seca de la hoja (MShoja), materia seca del tallo (MStallo) y materia muerta (Mm) tanto por hijato (g) como por macolla (kg/ha).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en un gradiente de pendiente de 25 %, El análisis estadístico se realizó con el paquete SAS, considerando un modelo lineal aditivo que integró el efecto de tratamientos y de bloques con el procedimiento modelos lineales generales (PROC GLM) de SAS. Cuando el modelo mostró significancia estadística ($P < 0.05$), se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey.

Resultados y discusión

En Yacaré, la talt bajo sol fue de 0.40 ± 0.35 cm/día y fue similar ($P > 0.05$) a 0.43 ± 0.40 cm/día en sombra; sin embargo, la talong fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, en la condición sol fue de 0.36 ± 0.34 cm/día y 0.41 ± 0.45 cm/día bajo sombra.

La tapaho fue similar entre tratamientos con 0.14 ± 0.03 hojas/día bajo sol y de 0.14 ± 0.02 hojas/día para sombra ($P > 0.05$), estos valores son similares a los reportados por Mendoca de Carvalho (2016) en época de lluvia; sin embargo, el área foliar de 10.2 ± 8.2 cm² bajo sol fue diferente ($P < 0.05$) a sombra (13.1 ± 10.9 cm²).

El promedio de MStot por hijato (3.0 ± 1.4 g) fue similar para sol y para sombra ($P > 0.05$), mientras que la MShoja por hijato fue diferente con 0.13 ± 0.10 g para sol y 0.17 ± 0.16 g bajo sombra ($P < 0.05$). La MStallo por hijato fue de 0.10 ± 0.08 g para sol y 0.14 ± 0.12 g bajo sombra ($P < 0.05$). Mm por hijato fue de 0.01 ± 0.02 g para sol y 0.023 ± 0.027 g bajo sombra ($P < 0.05$).

En materia seca de las macollas se observó, que el promedio de MStot (861.9 ± 642.6 kg/ha) para sol y bajo sombra (498.0 ± 364.9 kg/ha; $P < 0.05$). La MShoja fue de 724.7 ± 825.8 kg/ha bajo sol y 334.8 ± 478.9 kg/ha bajo sombra ($P < 0.05$). La MStallo también fue diferente ($P < 0.05$) con 59.3 ± 125.0 kg/ha para sol y 10.8 ± 26.9 kg/ha bajo sombra. Asimismo el Mm de 9.2 ± 14.5 kg/ha para sol y 4.2 ± 10.1 kg/ha bajo sombra ($P < 0.05$).

Mientras que en el pasto Oaxaca, la talt bajo sol (0.30 ± 0.57 cm/día) fue igual ($P > 0.05$) a sombra (0.31 ± 0.39 cm/día) y la talong también fue igual ($P > 0.05$) entre sol (0.35 ± 0.34 cm/día) y sombra (0.37 ± 0.43 cm/día).

Al igual que en Yacare, en Oaxaca la tapaho fue similar ($P > 0.05$) entre sol (0.14 ± 0.03 hojas/día) y sombra (0.14 ± 0.03 hojas/día) y el área foliar entre sol (10.47 ± 8.56 cm²) y sombra (13.26 ± 10.83) cm²) fueron diferentes ($P < 0.05$); se puede observar que el área foliar entre ambos pastos fue similar.

La MStot por hijato fue similar ($P > 0.05$) entre sol y sombra con promedio de (0.14 ± 0.12 g). MShoja por hijato difirió ($P < 0.05$) entre sol (0.10 ± 0.07 g) y sombra (0.13 ± 0.11 g). Contrario a

Yacare, Oaxaca presentó MStallo por hijato (0.01 ± 0.02 g) y la cantidad de Mm por hijato entre sol y sombra (promedio de 0.02 ± 0.01 g sin diferencia estadística ($P > 0.05$)).

En MS de macollas de Oaxaca, MStot mostró en promedio de 950.89 ± 761.96 kg/ha para sol y 439.56 ± 297.18 kg/ha bajo sombra los cuales fueron diferentes ($P < 0.05$). La MShoja también fue diferente ($P < 0.05$) entre sol (703.29 ± 484.60 kg/ha) y sombra (347.68 ± 216.80 kg/ha). De igual forma, la MStallo de 151.33 ± 232.89 kg/ha para sol y 39.76 ± 69.76 kg/ha g bajo sombra fueron diferentes ($P < 0.05$). la cantidad de Mm también fue diferente ($P < 0.05$) entre sol (121.97 ± 121.44 kg/ha) y sombra (58.45 ± 78.60 kg/ha).

Conclusiones

1. Los pastos Oaxaca y Yacare, muestran rendimiento de materia seca por hijato similar entre tratamientos.
2. A mayor edad mayor producción de materia seca y material muerto.
3. Las hojas y los hijatos presentaron mayor altura en sombra.
4. La mayor acumulación de MS fue a pleno sol y mayor densidad de hijatos en comparación con sombra. La materia muerta por macolla fue mayor a pleno sol.

Literatura citada

Giraldo, A., M. Zapata y E. Montoya. 2008. Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la zona andina colombiana. Asociación Latinoamericana de Producción Animal 16(4):215-220.

Mendonça de, C. J. M., M. E. Rozalino S., B. H. Rezende C., C. Rodrigues de Almeida., C., Franco da Silveira, J. P., L. K. Parreira da Costa. 2016. Morphogenesis of marandu palisade grass closer to or farther from cattle feces varies by season. Ciências Agrárias 37(5):3231-3242.

Robson, M. J. and J. E. Sheehy 1981. Leaf area and light interception. Sward Measurement Handbook. p. 121-122.

IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE *Brucella* spp. AISLADAS DE LECHE DE CABRAS INFECTADAS EN EL MUNICIPIO DE PEROTE, VER.

Ada L. Ameca Cárcamo²²⁷, David I. Martínez Herrera^{227*}, Baldomero Molina Sánchez²²⁷, Violeta T. Pardío Sedas²²⁷, Ricardo Flores Castro²²⁸, José Alfredo Santiago Villagómez Cortés²²⁷ y Aidé López Merino²²⁹

Resumen

La brucelosis es una zoonosis de distribución mundial de alta contagiosidad y poco atendida en países en vías de desarrollo. Existe información sobre diferentes especies del género *Brucella* que infectan una gran variedad de especies animales domésticas y salvajes, incluso interespecies. La prevención de la brucelosis en animales es esencial para la erradicación de la enfermedad en el hombre. La distribución de las diferentes especies de *Brucella* y sus biovariedades o biovares cambia con las áreas geográficas, y también las tasas de infección son muy variables de un país a otro e incluso dentro de las regiones de un mismo país. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue identificar la presencia de cepas de *Brucella* spp. a partir de leche de cabras infectadas del municipio de Perote, Ver., se colectaron muestras de leche de 11 cabras seropositivas de las que se tomaron 45 mL en tubos estériles tipo Falcon®, las muestras se transportaron en refrigeración a 4°C al laboratorio de Microbiología de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica Torreón del Molino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana. Las muestras se centrifugaron a 3,000 X g para separar grasa y sedimento de la leche y realizar la siembra en agar TSA con suero bovino y suplementado con medio de Farrell para lograr el aislamiento de *Brucella* spp.; para identificar la especie de y su biovariedad, se realizaron pruebas bioquímicas. Se identificó la presencia de *Brucella* spp. en siete muestras (63.6%); de éstas, la totalidad se desarrolló a partir de la grasa y cuatro (36.4%) también del sedimento. En seis de las muestras se identificó *Brucella melitensis* biovar 1 y en una, *Brucella abortus* biovar 1. Se concluye que en el municipio de Perote existen al menos dos especies de brucelas que infectan a las cabras, y esto representa un riesgo para la salud de los consumidores de productos lácteos no pasteurizados.

²²⁷ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. dmartinez@uv.mx

²²⁸ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Microbiología (CENID-Microbiología), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

²²⁹ Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional

Palabras clave: Brucelosis, aislamiento, biovar, infección

Introducción

La brucelosis es una zoonosis de amplia distribución en humanos y animales, en particular en países en vía de desarrollo. Las especies de *Brucella*, *B. abortus*, *B. melitensis*, *B. ovis*, *B. canis*, *B. suis*, y *B. neotomae* infectan una gran variedad de especies animales domésticas y de mamíferos silvestres; como ganado bovino, caprino y ovino; cánidos, porcinos y roedores (Saldarriaga y Rugeles, 2002). Por tanto, la prevención de la brucelosis en animales es esencial para la erradicación de la enfermedad en el hombre (Tique et al., 2010).

La distribución de las diferentes especies de *Brucella* y sus biovares es distinta en dependencia de las áreas geográficas. La brucelosis bovina existe en todo el mundo, con excepción de aquellos países que la han erradicado. Las tasas de infección son muy variables de un país a otro y aún en las diferentes regiones de un mismo país (Acha y Szyfres, 2003). En México, con base en el reporte del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), 69.6% del territorio nacional se encuentra en fase de control, 21.2% en fase de erradicación y 9.1% en estatus de libre; éste último corresponde a la superficie del estado de Sonora, que es la única entidad que cuenta con ese estatus para *B. abortus*, que no es igual para *B. melitensis* y *B. ovis* que está en fase de erradicación (SAGARPA, 2016). De acuerdo con información publicada por la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del SENASICA, en el año 2012 la frecuencia de brucelosis en los rebaños caprinos en el estado de Veracruz era de 7.42% (SAGARPA, 2013).

Una de las principales razones para luchar contra la brucelosis, se debe a que su prevalencia en animales plantea en primera instancia un grave problema de Salud Pública y en segunda, de carácter económico por los efectos en la producción pecuaria (Ortega et al., 2013); entonces, es necesario establecer o incrementar medidas de prevención, de higiene personal y sanitarias en la elaboración de los quesos y otros derivados lácteos, orientadas a evitar que la población general, identificada como de mayor riesgo, continúe con el consumo de alimentos que representan un riesgo para la salud como la leche sin pasteurizar y sus derivados elaborados con ésta (López, 2006).

Desde el punto de vista patológico y epidemiológico, la infección por *B. melitensis* en cabras y en ovejas es muy similar a la infección por *B. abortus* en ganado bovino; sin embargo, la primera es más invasiva, virulenta y de fácil transmisión al humano (Tique et al., 2010); las cabras representan unas de las fuentes más importantes de brucelosis humana. Esta enfermedad ha sido relacionada con trabajadores de alto riesgo como veterinarios y

ordeñadores que se infectan por lo general al entrar en contacto con secreciones vaginales, animales recién paridos y leche contaminada. Aunado a ello, esta enfermedad representa un gran riesgo para la Salud Pública porque el consumo de leche no pasteurizada o subproductos lácteos, como quesos y mantequillas elaborados con ésta, pueden ser fuente de infección (Saldarriaga y Rugeles, 2002).

Debido al riesgo para la salud pública que representa la brucelosis, es necesaria la identificación de cepas de *Brucella* spp. para establecer acciones efectivas de erradicación, aplicar métodos preventivos y evitar su diseminación en rebaños sanos, porque existen productores que no están conscientes de su existencia, por tanto, no utilizan métodos de control adecuados. Así, el objetivo del presente estudio fue demostrar la presencia de *Brucella* spp. en caprinos a partir de leche de cabra e identificar el tipo de cepa que afecta a los rebaños en el municipio de Perote, Ver.

Materiales y métodos

El estudio fue de tipo transversal con muestreo dirigido a cabras seropositivas a *Brucella* spp. de la comunidad de Xaltepec, municipio de Perote, Ver.; se utilizaron muestras serológicas y de leche. Las pruebas diagnósticas se realizaron en el Laboratorio de Microbiología en la Posta Zootécnicas Torreón del Molino perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana en la ciudad de Veracruz, así como en el laboratorio de Microbiología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Se colectaron muestras sanguíneas de la vena yugular de 107 cabras en tubos vacutainer sin anticoagulante, mismos que se identificaron con el número de arete del animal. Las muestras se dejaron reposar de forma horizontal a temperatura ambiente hasta la formación del coágulo para obtener el suero sanguíneo; después, se colocaron en hieleras con refrigerantes para mantener la temperatura a 4°C y transportarlas al Laboratorio de Diagnóstico. Las muestras se centrifugaron a 1,000 X g, durante 15 minutos para separar el coagulo del suero; se realizó la prueba de aglutinación con Rosa de Bengala al 3% (RBPT) como tamiz y los positivos se confirmaron por la prueba de Inmunodifusión Radial Simple (SDR) para identificar los animales posiblemente infectados con *Brucella* spp. (SAGARPA, 2011).

A las cabras confirmadas, se les tomó muestra de leche de la glándula mamaria, previo lavado con agua y jabón, secado y desinfección de los pezones. Se colectaron 45 mL de leche de cada medio de la glándula mamaria a partir de la segunda secreción en tubos estériles tipo Falcon®, mismas que se identificaron con el número de arete del animal y el

pezón de procedencia. Las muestras se transportaron al laboratorio en hieleras con refrigerantes y después se refrigeraron a 4°C durante 24 horas. Las muestras se centrifugaron a 3,000 X g durante 10 minutos, para separar la crema y el sedimento. Para la bacteriología se utilizaron placas de agar TSA con suero bovino suplementadas con medio de Farrell, mismas que fueron inoculadas por duplicado con grasa y sedimento. La mitad de las cajas se incubaron en atmósfera de aerobiosis y la otra, bajo presión del 5 a 10% de dióxido de carbono (velobiosis), a 37°C en una estufa de cultivo por espacio de dos semanas con revisiones cada 96 horas. Las colonias aisladas se identificaron a través de pruebas bioquímicas para determinar la especie, biovariedad y específicas para cepas vacunales de referencia (Martínez et al., 2009). Se realizaron pruebas bioquímicas: a) Producción de ácido sulfhídrico (H₂S) con tira de acetato de plomo; b) Reacción de aglutinación frente a sueros mono-específicos, c) Prueba de ureasa. Se realizó la prueba de Sensibilidad a colorantes (Alton et al., 1976). Se realizó también la prueba de SIM que permite observar la inmovilidad de las brucelas y la ausencia de indol y H₂S en este medio.

Para el análisis de la información se utilizó la epidemiología descriptiva; los datos obtenidos, el cálculo de frecuencias y los intervalos de confianza al 95% (IC_{95%}) fueron también descriptivos y se realizó de acuerdo a lo establecido por Thursfield (2005) con el software en línea Vassarstats.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran las frecuencias de los animales positivos a pruebas de aglutinación, se realizaron pruebas en serie; como prueba tamiz Rosa de Bengala al 3% (RBPT) con la que se obtuvieron 15/107 (14.01%) animales positivos. Con la prueba de Inmunodifusión Radial Simple (SDR) como prueba confirmatoria 11/107 (10.28%).

Cuadro 1. Frecuencia (%) de muestras positivas a *Brucella* spp. a pruebas de aglutinación.

No. de muestras	Positivas RBPT	Frecuencia (%)	IC _{95%}	Positivas SDR	Frecuencia (%)	IC _{95%}
107	15	14.01	8.32-22.39	11	10.28	5.49-18.03

De las 11 hembras positivas a prueba SDR, se tomaron muestras de leche y se realizó la siembra de grasa y sedimento en agar TSA con suero bovino y enriquecido con suplemento de Farrell. Se observó crecimiento bacteriológico en siete (63.6%) muestras, de las cuales 100% se desarrollaron a partir de grasa y cuatro de ellas (36.4%) tuvieron desarrollo solo en sedimento, como se aprecia en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Frecuencia (%) de aislamiento en muestras de leche de cabra.

	Número de muestras	Positivas	Frecuencia (%)	IC _{95%}
Grasa	11	7	63.6	31.6 - 87.6
Sedimento	11	4	36.4	12.4 - 68.4

De las 11 muestras que fueron colectadas para la siembra en agar TSA enriquecido con suplemento de Farrell cuatro (36.4%) tuvieron desarrollo tanto en grasa como en sedimento y tres (27.2%) sólo en grasa como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Aislamiento de *Brucella* spp. con medio de Farrell en leche de cabra de la localidad de Xaltepec, municipio de Perote, Ver.

No. Muestra	Identificación animal	Tipo de muestra	
		Grasa	Sedimento
1	35	+	+
2	62	-	-
3	38	+	-
4	68	+	-
5	263	+	+
6	556	+	+
7	557	+	-
8	558	+	+
9	409	-	-
10	420	-	-
11	452	-	-

En relación con la identificación de las especies de *Brucella* spp. a través de las pruebas bioquímicas, se encontró que las siete muestras que presentaron desarrollo, seis cultivos correspondieron a *Brucella melitensis* biovar 1 y una a *Brucella abortus* biovar 1 como se aprecia en el Cuadro 4.

La frecuencia obtenida en la comunidad de Xaltepec, Perote, Veracruz es similar al trabajo de Solorio et al. (2007) en el estado de Michoacán, donde se encontró una prevalencia general de 9.8% al utilizar también RBPT como tamíz y confirmar con la de Fijación de Complemento; sin embargo, en un estudio realizado en la zona centro del estado de Veracruz por Román (2017) donde se midió la seroprevalencia de brucelosis con RBPT, se observó una frecuencia de 18.18%; no obstante, se menciona que en los municipios seleccionados para el estudio se vacuna de forma intensiva, y esto puede producir interferencia diagnóstica, pues al confirmar con SDR la prevalencia se redujo a 0.52%. De acuerdo con informes publicados por la SAGARPA a través del SENASICA en 2012, la

frecuencia de brucelosis en rebaños caprinos del estado de Veracruz fue 7.42% (SAGARPA, 2013).

Cuadro 4. Identificación de cepas de brucelas aisladas por pruebas bioquímicas en leche de cabra de la localidad de Xaltepec, Ver.

No. de muestra	Identificación del animal	Especie
1	35	B. abortus biovar 1
2	38	B. melitensis biovar 1
3	68	B. melitensis biovar 1
4	263	B. melitensis biovar 1
5	556	B. melitensis biovar 1
6	557	B. melitensis biovar 1
7	558	B. melitensis biovar 1

Las hembras suelen ser más susceptibles a la infección por cepas lisas de *Brucella* spp. en particular las que corresponden a las especies *B. abortus* y *B. melitensis*. Así, las hembras hijas de madres brucelosas pueden ser negativas a las pruebas serológicas por ser inmuntolerantes, pero permanecer persistentemente infectadas y representar un riesgo para el resto de los animales (López et al., 1992).

En el presente trabajo se identificó mayor crecimiento en la grasa de la leche (63.6%), y concuerda con Martínez et al. (2009) quienes procesaron muestras de leche de cabra a través de exámenes bacteriológicos, con el fin de determinar la eliminación de *B. melitensis* y otras especies del género *Brucella*, y lograron observar que *B. melitensis* biovar 1 puede ser aislada con mayor facilidad en la grasa, que es la muestra más recomendada para realizar el diagnóstico bacteriológico. Las bacterias del género *Brucella* se alojan en nódulos linfáticos y tejido mamario, aunque se eliminan de forma crónica e intermitente, entonces la leche y sus derivados sin pasteurizar constituyen la principal fuente de infección (Hernández et al., 1996). Con estos resultados se demuestra que el sedimento también debe ser considerado como una porción alternativa para aislar *Brucella* spp., porque parte de las bacterias a pesar de ser hidrofóbicas, no tienen la habilidad para adherirse a los glóbulos de grasa, como lo menciona Martínez et al. (2002) en el estudio donde logró aislar *Brucella* spp. a partir de sedimento, pero no en la grasa de la leche, entonces se recomienda utilizar ambos tipos de muestra para el aislamiento de la bacteria. El agar TSA con suero bovino suplementado con medio de Farrell es más selectivo para el aislamiento de *Brucella* spp. y por ser transparente ayuda a la observación de las colonias como lo señala Cortes (2015) en su estudio, donde logró aislar *Brucella* spp. en 10 muestras de queso fresco artesanal de origen caprino, pues considera que esta propiedad es un factor determinante para el aislamiento de la bacteria.

Los datos anteriores permiten conocer que en la comunidad de Xaltepec, Ver. los caprinos están infectados tanto con *Brucella abortus* biovar 1 como con *Brucella melitensis* biovar 1 y que ambas se eliminan a través de la leche de las cabras en producción, y esto de origen representa ya un grave riesgo de transmisión de infecciones cruzadas entre diferentes especies de animales y el humano, como lo explican López et al. (1992) y Martínez et al. (2002), sobre todo si forman parte del rebaño de crianza porque, si no se infectaron en la gestación, tendrán alta posibilidad de hacerlo en la lactancia. Asimismo, los productos que provienen de esta leche sin pasteurizar representan una fuente de infección para el consumidor (López et al., 1992).

La importancia en la identificación de especie radica en el hecho de que *Brucella melitensis* se considera la más virulenta para el humano (López et al., 1992), de ahí la importancia de observar cuál de las especies afecta a los rebaños de una zona y con ello a la población. Los consumidores no sólo están expuestos a las cepas de campo (Heyman, 2005), sino también a las cepas vacunales. La localidad de Xaltepec está ubicada en el Valle de Perote donde se vacuna con la cepa Rev-1 de *Brucella melitensis* biovar 1, pero se infiere que en este estudio se aislaron e identificaron solo cepas de campo infectantes porque, aunque las dos cepas son biovar-1, la Rev-1 es estreptomicina dependiente; es decir, los medios de cultivo necesitan ser adicionados con este quimioterapéutico para su crecimiento, de lo contrario no existe desarrollo de la cepa Rev-1 (Alton et al., 1976).

Por otra parte, se observó que los animales que se encontraban en la unidad de producción convivían con otras especies (perros, bovinos, burros y caballos) y la coexistencia de los animales si carecen de exámenes zoonosológicos que garanticen su estado de salud, promueven que se produzcan infecciones cruzadas entre especies de brucelas que son propias de otros animales. La convivencia inter-especies pueden ayudar a la aparición de brucelas atípicas al hospedero como consecuencia del confinamiento, puesto que comparten el mismo espacio y alimentación; esta es la razón por la que los bovinos se han considerado como factor de riesgo en la eliminación de *Brucella abortus* biovar 1 durante el aborto, debido a las excretas como loquios, membranas placentarias, orina y heces que facilitan la aparición de la brucelosis en otras especies como ovinos, caprinos, cánidos y porcinos (Moreno et al., 2002).

Conclusiones

1. En el presente trabajo se obtuvo una frecuencia de 10.28% de brucelosis (11/107) de las muestras serológicas colectadas en las cabras de los rebaños de la comunidad de Xaltepec, Veracruz; y eso permitió el aislamiento de *Brucella* spp. en 7 (63.63%) de 11 confirmadas por pruebas serológicas.

2. Se identificó *Brucella melitensis* biovar 1 en 6/7 (85.71%) muestras de leche de cabra, así como *Brucella abortus* biovar 1 en 1/7 (14.28%) muestras, que indica que pueden presentarse infecciones cruzadas debido a la convivencia con otras especies animales.

Agradecimientos

Se agradece las facilidades otorgadas por los productores de la comunidad Xaltepec, municipio de Perote, Veracruz, México, así como a los productores organizados a través del Sistema Producto Caprino Veracruzano.

Literatura citada

Acha, J. P. N. and Szyfres, B. 2003. Zoonoses and Communicable Diseases Common to Man and Animals, 3rd. ed. Vol. 1. Pan American Health Organization (PAHO). Washington, DC.

Alton, G. G., L. M. Jones y D. E. Pietz. 1976. Las Técnicas de Laboratorios en la Brucelosis. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2^a. ed. Ginebra. p. 44-48.

Cortes, H. J. H. 2015. Detección molecular de *Brucella* spp. aislada a partir de quesos artesanales elaborados con leche de bovino y caprino. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. México. p. 26-29.

Hernández, M. I., G. Peña F. y X. Betancourt M. 1996. Brucelosis. Manual de procedimientos de Laboratorio. INDRE / SAGAR. México.

Heyman, D. L. 2005. El control de las enfermedades transmisibles. Editorial: Organización Panamericana de la Salud. No. 613. Washington, D.C.

López A., R. Migrana, A. Pérez, C. Magos, B. Salvatierra, R. Tapia, J. L. Valdespino y J. Sepulveda. 1992. Seroepidemiología de la brucelosis en México. Salud Publica, México. 34(2): 230-240.

López, M. A. 2006. *Brucella*. Escuela de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. [En Línea] <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap7/>

Martínez, D. I., Albeledo, M. A., Moreno, L. A., Luna, M. E., Rodríguez, C. M., Villagómez, C. J. A. E., Zilli, B. E. 2002. Determinación de *Brucella melitensis* cepa Rev-1 a partir de leche de cabras vacunadas en Tenextepec, Mpio. de Perote, Ver. México. Revista: Salud Animal 2 (24): 1-7.

- Martínez, D. I., M. A. Albeledo, A. G. Lara, A. C. Peniche, M. L. Robledo, E. C. Pulido, T. J. S. Rosas y R. C. Flores. 2009. Evaluación de métodos de cultivo para el aislamiento primario de *Brucella melitensis* a partir de leche de cabra. *Revista Salud Animal* 3(31):164-169.
- Moreno, R. J. F., T. B. Rentería E., R. Searcy B. y M. F. Montaña G. 2002. Seroprevalencia y factores de riesgo asociados a brucelosis bovina en hatos lecheros de Tijuana, Baja California. *Técnica Pecuaria en México* 40(3):200-230.
- Ortega, M., Valdezate, S. y J. A. Sáez-Nieto. 2013. Diversidad genética de *Brucella* en España. *SEM@ foro*, 55:38-44.
- Román-Ramírez, D. L., D. I. Martínez-Herrera, J. A., J. Villagómez-Cortés, A. E. Peniche-Cardena, J. F. Morales-Álvarez y R. Flores-Castro. 2017. Epidemiología de la brucelosis caprina en la Zona Centro del Estado de Veracruz. *Gaceta Médica de México* 153(1):26-30.
- [SAGARPA] Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2011. Prevención de brucelosis en rumiantes. Manual de capacitación.
- [SAGARPA] Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y [SENASICA] Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2013. Informes mensuales reportados por los coordinadores estatales de la dirección de campañas zoonosológicas. Consultado en: <http://senasica.gob.mx/?id=4415>
- [SAGARPA] Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y [SENASICA] Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2016. Situación Actual de la Brucelosis en México. Consultado: <http://senasica.gob.mx/?id=4414>
- Saldarriaga, O. A., Rugeles, M. T. 2002. Inmunobiología de la infección por *Brucella* spp.: Fundamentos para una estrategia vacunal. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2). Consultado en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/86>
- Solorio-Rivera, J. L., J. C. Segura-Correa y L. G. Sánchez-Gil. 2007. Seroprevalence of and risk factors for brucellosis of goats in herds of Michoacan, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine* 82:282-290.
- Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology*. 3ra ed. Blackwell Science Oxford, UK.
- Tique, V., E. Daza, J. Álvarez y S. Mattar. 2010. Seroprevalencia de *Brucella abortus* y ocurrencia de *Brucella melitensis* en caprinos y en ovinos de César y Sucre. *Rev. U. D. C. (Actualidad & Divulgación Científica)* 13(2):133-139.

EPIDEMIOLOGÍA DE LA EPIDIDIMITIS DEL CARNERO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Jorge Ernesto Eliseo Céspedes Rosas²³⁰, David Itzcóatl Martínez Herrera^{230*}, Javier Cruz Huerta Peña²³⁰, José Alfredo Villagómez Cortés²³⁰, Argel Flores Primo²³⁰, José Francisco Morales Álvarez²³¹ y Ricardo Flores Castro²³¹

Resumen

La epididimitis del carnero es una enfermedad causada por la bacteria *Brucella ovis* y reviste importancia económica en principio porque suele afectar de manera negativa la fertilidad del rebaño, además de su posible potencial zoonótico y con ello su impacto en la Salud Pública. En la actualidad se distribuye en todo el territorio nacional y por ello se le cataloga como endémica, pero es de notificación obligatoria inmediata. Los objetivos del presente estudio fueron determinar seroprevalencia, factores de riesgo asociados y distribución de este padecimiento en 13 municipios del estado de Veracruz contenidos en tres regiones que fueron consideradas con la mayor vocación para la crianza de ovinos, debido a que en éstas se concentran las principales cuencas de producción de la especie en la entidad, y con ello permitir obtener un panorama representativo que refleje la condición de esta patología en Veracruz. El tamaño de muestra para este trabajo se calculó con el programa en línea Win Episcopo bajo la modalidad de “estimar porcentajes”, obteniéndose una $n=52$ como mínimo para el estudio. En total se muestrearon 87 sementales o prospectos de serlo, pero mayores de tres meses de edad por punción de la vena yugular para la obtención de suero sanguíneo. El análisis serológico se realizó por inmunodifusión en gel de agarosa (IDGA). El cálculo de los factores de riesgo se hizo por razón de momios con el programa en línea Win Episcopo. Se construyeron mapas para la distribución espacial con el programa Qgis 2.10.1®. Los resultados mostraron a 1/87 seropositivo de todos los incluidos en el estudio, perteneciente al municipio de Ayahualulco. La seroprevalencia general fue de 1.1% (IC_{95%}: 0.06-7.13), por municipio 7.69% (IC_{95%}: 0.4-37.9) y por Unidad de Producción 1.88% (IC_{95%}: 0.1-11.4), pero no es significativa para poder percibir factores de riesgo asociados ($P>0.05$) a la presencia de epididimitis del carnero en la entidad. En cuanto a distribución espacial se demostró que la enfermedad está limitada solo al municipio de Ayahualulco de la región De Capital en la zona centro del estado de Veracruz.

²³⁰ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Miguel Angel del Quevedo Esq. Yañez S/N, Col. Unidad Veracruzana, Veracruz, Ver., C.P. 91710. *dmartinez@uv.mx

²³¹ CENID Microbiología – INIFAP. Carretera México Toluca Km 14.5 Delegación Cuajimalpa, Ciudad de México.

Palabras clave: seroprevalencia, *Brucella ovis*, factores de riesgo.

Introducción

La epididimitis del carnero es una enfermedad bacteriana infectocontagiosa causada por *Brucella ovis*, que puede cursar de manera clínica o subclínica y de presentación crónica; está caracterizada por la orquitis a consecuencia de los cambios y lesiones en los testículos producto de trastornos inflamatorios crónicos (Machado et al., 2015). Aunque su potencial como zoonosis es cuestionable debido a la dificultad que existe para demostrar las infecciones en humanos, hace que su importancia desde el punto de vista de la Salud Pública sea casi nulo; sin embargo, desde el económico es una patología que causa trastornos reproductivos considerables en ovinos debido al efecto sobre la baja eficiencia reproductiva en los machos afectados por las lesiones granulomatosas en epidídimo y testículos, que conllevan a fallas en la fertilidad de los rebaños (Castro et al. 2005; Benavides, 2008). Las hembras, aunque rara vez se infectan con *Brucella ovis*, pueden presentar abortos, baja fertilidad y tasas elevadas de mortalidad perinatal, pero su verdadera importancia epidemiológica radica en la capacidad de transmitir la infección a sus crías (Méndez, 1999; Ridlher y West 2011). La vía venérea es la forma más común de contagio entre machos si se encuentran separados de las hembras, y también por empadre continuo y sin control de montas con hembras que son servidas por varios sementales a la vez, porque la bacteria puede llegar a sobrevivir hasta dos meses en el tracto reproductor de una hembra servida por un macho infectado, y ser eliminada en descargas vaginales. (Álvarez et al. 2007; ISU, 2007). *Brucella ovis* es un agente cosmopolita a pesar de que algunos países lo hayan erradicado, disminuido la incidencia o se carezca de datos en otros, pero se puede decir que la infección está presente en todos aquellos donde la ovinocultura representa una actividad de importancia económica para la población (Radostits et al. 2002). Todo esto aunado al hecho de que el estado de Veracruz es la tercera entidad nacional productora de ovinos en México con 8% del inventario nacional y de que la gran mayoría de los ovinocultores realizan esta actividad bajo un esquema de subsistencia; es decir, en zonas marginadas con un escaso o nulo control reproductivo, bajos niveles de sanidad e higiene, y en ocasiones por personas que por su bajo nivel socioeconómico o de escolaridad carecen de alternativas eficientes para controlar y prevenir enfermedades que podrían aparecer en sus unidades de producción, propicia entonces la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas (Pérez et al. 2011). De igual modo, existen pocos estudios epidemiológicos sobre *Brucella ovis* en México, y ninguno en particular que muestre un panorama de la situación actual de la enfermedad en el estado de Veracruz y como afecta ésta a la producción ovina de la entidad; Núñez et al. (1997) después de haber analizado ocho estados del país, concluye que la

seroprevalencia promedio en México es de 2.4%; Carrera et al. (2013), indicaron en que en el estado de Zacatecas la prevalencia fue de 10.5%, y Mejía (2013) encontró que las de los estados de Sonora y Chiapas fueron 0.9 y 0.0%, respectivamente. Con ello se visualiza un panorama diverso con respecto a la situación que guarda la epididimitis del carnero en México. Por lo anterior, al ser Veracruz uno de los mayores productores de ovinos en el país, donde la ovinocultura veracruzana en muchos casos se practica en condiciones que facilitan la presentación de enfermedades infecciosas que afectan la producción, para algunas de las cuales se desconoce la situación epidemiológica, como es el caso de la epididimitis del carnero asociada a *Brucella ovis* que tiene el potencial de volver improductivos a los sementales, este trabajo pretende brindar conocimiento sobre la seroprevalencia de esta condición en la entidad, factores de riesgo asociados y distribución espacial de la enfermedad, para en su caso, ayudar en el control y disminución de los focos de este padecimiento.

Materiales y métodos

El tipo de estudio fue transversal, polietápico y estratificado en rebaños ovinos de 13 municipios del estado de Veracruz pertenecientes a las regiones Totonaca, en la zona norte; De Capital en la zona centro; y Los Tuxtlas, en el sur. El tamaño de muestra se calculó con el programa en línea Win Episcopo bajo la modalidad “estimar porcentajes” para prevalencia esperada de 20%, 90% de confianza, 10 de error y en población desconocida, obteniéndose una “n” de al menos 52 sementales. El número de Unidades de Producción (UP) se calculó por conglomerados con el uso de las tablas propuestas por Cannon y Roe (1982), para obtener un total de 53 que se seleccionaron al azar.

La Región Totonaca tiene una altitud que varía según el municipio entre los 10 y 740 msnm, temperatura entre 20 y los 26°C, con precipitación pluvial anual entre 1,000 y 1,500 mm; en ésta se incluyeron los municipios de Coatzintla, Gutiérrez Zamora, Papantla, y Tihuatlán. La Región De Capital, cuenta con altura que oscila entre 260 y 2,400 msnm, con temperatura entre 10 hasta los 25°C, y precipitación pluvial anual entre 400 y 2,000 mm; en ésta se encuentran los municipios de Altotonga, Emiliano Zapata, Jalacingo, Perote, y Ayahualulco. La Región Los Tuxtlas, tiene altitud entre 10 y 340 msnm, temperatura entre 23 y 25°C, y precipitación de 1,800 a 2,000 mm anuales; aquí se localizan los municipios de Catemaco, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla, y Ángel R. Cabada.

Como criterios de inclusión para el muestreo se seleccionaron todos los machos mayores de tres meses de edad destinados a ser utilizados como sementales y los que ya estaban en uso al momento de visitar las UP; mientras que los de exclusión, fueron hembras y machos menores de tres meses, así como aquellos que estuvieran destinados para el abasto.

Para la obtención de muestras, se colectaron entre 3 y 5 mL de sangre sin anticoagulante con el uso de tubos al vacío sin anticoagulante de cada animal seleccionado por punción de la vena yugular, y una vez colectadas se trasladaron en refrigeración a 4°C al Laboratorio de Microbiología de la Posta Zootécnica “Torreón del Molino” (PZTM) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, donde se centrifugaron a 1,000 X g por 15 minutos para separar el suero, que se alicuotó y almacenó en viales tipo Eppendorf® en congelación a -20°C hasta su procesamiento. De igual manera en cada UP en la que se colectaron muestras, se aplicó una encuesta general al responsable de cada una para recabar información necesaria para calcular los factores de riesgo y/o protectores asociados con la epididimitis del carnero; en esa encuesta se colectó información sobre características ambientales, climáticas, de flora y fauna de la UP, tipo de manejo y sistema productivo utilizado. También de cada animal seleccionado, se levantó otra encuesta individual que incluyó examen físico general con el fin de apoyar la signología clínica con los resultados obtenidos en la prueba serológica. Asimismo, se georreferenció cada UP con un dispositivo GPS GR60 de la marca Garmin® en UTM (Universal Transverse Mercator) con margen de error de ± 3 metros para ubicarlas y construir mapas coropléticos puntuales con el programa Qgis 2.10.1® y establecer la distribución espacial de la epididimitis del carnero en el estado de Veracruz

Las muestras se procesaron con la técnica de inmunodifusión en gel de agarosa (IDGA); para ello, se prepararon placas de agar noble que se vertió en cajas de Petri que se almacenaron a temperatura no mayor a 1°C hasta su uso; antes de ocuparse, la superficie del agar de cada caja de petri se perforó con un sacabocados de siete pozos y se procedió a depositar por medio de una micropipeta y puntas desechables 15 μ L de antígeno purificado de *Brucella ovis* (proporcionado por el CENID Microbiología del INIFAP) en el pozo central y en cada uno de cuatro de los seis pozos circundantes 15 μ L de cada suero a probar, y en los dos restantes 15 μ L del suero control positivo y 15 μ L del control negativo, para comprobar la fiabilidad de los resultados de la prueba. Después, las cajas de Petri se incubaron en cámara húmeda por 72 h para luego leerse. Cada prueba se realizó por duplicado, y a las que fueron inconclusas se repitieron para evitar variaciones resultantes de errores durante la preparación de antígenos, sueros control, geles de agarosa y en la realización de la técnica (OIE, 2008).

Para calcular la seroprevalencia de la enfermedad se usó el programa en línea Vassarstats® con la modalidad estimar proporciones en la que se obtuvieron los intervalos de confianza 95% (IC_{95%}); para determinar los de factores de riesgo se estimó la asociación entre variables por la razón de momios (RM) con el programa en línea Win Episcopo, donde se consideraron también los IC_{95%} en aproximación logarítmica (Thrusfield, 2005).

Resultados y discusión

Se encontró solo 1/87 suero positivo de todos los animales probados en los 13 municipios incluidos en el estudio; por lo tanto, la seroprevalencia general para epididimitis del carnero en el estado de Veracruz fue de 1.2% (IC_{95%}: 0.06–7.13) como se aprecia en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Seroprevalencia (%) general y especiales para epididimitis del carnero en las regiones estudiadas.

Seroprevalencia	Total	No. de Seropositivos	Seroprevalencia (%)	*IC95%
General	87	1	1.2	0.06 – 7.13
Por municipio	13	1	7.7	0.4 – 37.9
De rebaño	53	1	1.9	0.1- 11.4

*IC95%=Intervalo de confianza 95%.

La seroprevalencia encontrada es menor a la que observaron en el estado de Zacatecas Carrera et al. (2013) de 10.5%, y similar a la encontrada por Núñez et al. (1997) en un estudio en el que se analizaron los estados de Veracruz, Puebla, Nuevo León, Tlaxcala, Hidalgo, México, Jalisco y Guanajuato donde encontraron una seroprevalencia general de 2.4%; de igual forma la seroprevalencia coincide con las observadas para los estados de Sonora (0.9%) y Chiapas (0.0%) por Mejía et al. (2013); entonces la diversidad en las condiciones climáticas de estas últimas entidades federativas donde esta actividad pecuaria se practica, sugiere que la presencia de la enfermedad en México parece no tener una estrecha relación con esa característica, debido a las diferencias tan significativas que hay tanto desde el punto de vista geográfico como de las condiciones ambientales y el tipo de explotación propio en cada una de las entidades que presentan prevalencias en apariencia más altas como la de Zacatecas, en relación a la obtenida para Veracruz y en contraste con los estados que muestran prevalencias menores como Chiapas y Sonora. De los 13 municipios estudiados sólo se encontró un animal positivo en el municipio de Ayahualulco, por lo que la seroprevalencia por municipio fue de 7.7% (Cuadro 1). Las condiciones en las que se desarrolla la ovinocultura del estado de Veracruz, en particular para la Región De Capital son de alta marginación, con deficientes medidas de higiene, en la que se practica una ovinocultura de sistema semi intensivo, donde las áreas de pastoreo son comunales, y los ovinos tienen la oportunidad de convivir con animales no solo de otras UP, sino también con otras especies de rumiantes; luego entonces, se puede establecer una relación entre las precarias condiciones de la ovinocultura de la región y la seropositividad, debida a prácticas de pastoreo en áreas comunes que favorecen que la bacteria se disemine entre las UP, o mantenerse en el ambiente en caso de que esta pueda ser introducida por la movilización trashumante de animales procedentes de otras entidades federativas como sugieren Román et al. (2016) y Román et al. (2017).

En cuanto a la distribución espacial, la epididimitis del carnero en el estado de Veracruz tiene una distribución baja en los 13 municipios de estudio, como se observa en la Figura 1, que indica la única UP positiva marcada en rojo y que pertenece al municipio de Ayahualulco, que cuenta con temperaturas promedio anuales bajas (10°C) y también una precipitación pluvial de las más bajas en el estado (463 mm), así como clima semi seco, condiciones climáticas que resultan poco comunes si se le compara con los otros municipios ubicados en las otras dos regiones del estado de Veracruz (Totonaca y Los Tuxtlas), y que según los datos del INAFED (2010) esas condiciones podrían ser semejantes a las que se observan en los estados de Sonora (22°C , 450 mm precipitación anual, prevalencia de 0.9%) o Zacatecas (17°C , 530 mm precipitación anual, prevalencia de 10.5%), y que corresponden a estados del país mencionados que tienen prevalencias similares o incluso mayores que el estado de Veracruz y sugeriría entonces que quizá algunas condiciones climáticas pudieran influir en la presentación de esta infección.

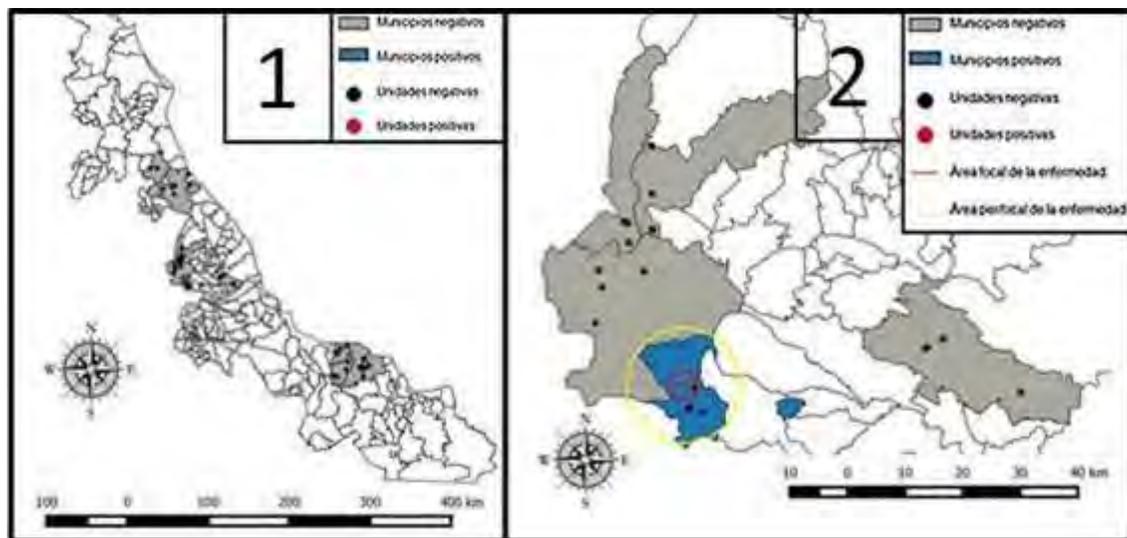


Figura 1. Mapa coroplético puntual y proyección que ubica las UP dentro de los municipios de estudio (1). Zona de influencia de epididimitis del carnero de *B. ovis* (2).

Es de llamar la atención, la colindancia del municipio donde se encontró el animal seropositivo con el estado de Puebla, una de las tres entidades donde se notifica la mayor cantidad de focos de infección por *Brucella ovis* al año según datos de SENASICA (2011) y sugiere por asociación entre la colindancia geográfica, condiciones ambientales, así como las de manejo de los animales y las prácticas dentro de la ovinocultura habituales en esta zona en particular, el pastoreo en zonas comunales, que distan mucho de las condiciones observadas para las otras regiones del estado de Veracruz (Totonaca y Los Tuxtlas), donde no se encontraron animales seropositivos y para otros estados del país, porque las condiciones ambientales y las características de la propia ovinocultura, presentan mucha variación en relación con las del municipio de Ayahualulco. En la Figura 1 se hace una

proyección de la Región De Capital y se observa en el mapa coroplético puntual de la UP positiva las áreas de búfer, en rojo la focal y de amarillo la perifocal, esta última contiene una extensión (25 km de diámetro), que refleja la superficie de pastoreo que podrían usar los ovinos de esa UP e incluye no solo al municipio de Ayahualulco y al de Perote, sino también a los de Ixhuacán y Xico en Veracruz que no formaron parte del estudio, y al estado de Puebla, por tanto coincide con lo que señala SENASICA (2011) para esa entidad federativa con respecto a la presencia de la infección.

En cuanto a los factores de riesgo, si bien es cierto que es posible calcularlos con el método propuesto (RM), debido a que sólo se encontró un animal seropositivo (1/87) y por tanto la prevalencia es muy baja (1.2%), los resultados obtenidos por el programa en línea Win Episcopeson reportados como inválidos, y entonces no se consideraron.

Conclusiones

La seroprevalencia general de la epididimitis del carnero en el estado de Veracruz es de 1.2%, por municipio 7.7% y de rebaño 1.9%; además como consecuencia de lo anterior el cálculo de los factores de riesgo y protectores asociados con esta infección para el estado de Veracruz no fue significativo debido al pequeño número de individuos encontrados positivos. Si bien la epididimitis del carnero está presente en el estado de Veracruz, tiene una distribución baja y limitada sólo al municipio de Ayahualulco localizado en la Región De Capital.

Literatura citada

Álvarez J. F., R. Veneros y O. González. 2007. Validación operacional de un ELISA comercial para *Brucella ovis*. Arch. Med. Vet. 39(3):275-279.

Benavides, E. O. 2008. Principales enfermedades que afectan la producción ovina en el trópico. Revista Espei Domus 5(11):32-35.

Cannon, R. M. and R. T. Roe. 1982. Livestock disease surveys: a field manual for veterinarians. Canberra, Australia. Bureau of Animal Health.

Carrera, C. J. M., F. G. Echavarría C., C. F. Aréchiga F., R. Bañuelos V. y J. L. Tortora P. 2013. Consideraciones epidemiológicas en la prevalencia serológica de *Brucella ovis* en Zacatecas, México. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 4:61-74.

Castro H. A., R. Gonzáles S. e I. Prat M. 2005. Brucelosis. una revisión práctica. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana 39(2):203-16.

- ISU. Iowa State University. College of Veterinary Medicine. 2007. Ovine Epididymitis: *Brucella ovis*. [on line] http://cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/brucellosis_ovis.pdf. revisado el 17-SEP-2015.
- Machado, G., D. V. Santos, I. Kohek, M. C. Stein, H. E. Hein, A. S. Poeta, a. C. M. Vidor and I. G. Corbellini. 2015. Seroprevalence of *Brucella ovis* in rams and associated flock level risk factors in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Preventive Veterinary Medicine* 121:183-187.
- Mejía, S. P., E. Díaz A., F. Aguilar R., L. Favila H., G. Palomares R., M. A. Santillán M., M. I. Morales P., H. Sánchez P., M. E. Reyes G., M. Peralta L. y Y. A. Cortés P. 2013. Enfermedades infecciosas que afectan la producción ovina en los estados de Sonora y Chiapas, Memorias de la XLIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.
- Méndez, N. G., E. Díaz A. J. F. Morales Á., F. Aguilar R. y F. Suárez G. 1999. Epididimitis ovina: Estudios bacteriológico y serológico. *Vet. Méx.* 30(4):329-336.
- Núñez, E. D., E. Díaz, F. Velázquez, F. Trigo y F. Suárez. 1997. Presencia de anticuerpos contra diferentes especies de *Brucella* en sementales ovinos jóvenes. *Vet Mex.* 28(3):241-245.
- OIE. Organismo Internacional de Vigilancia Epizootiológica. 2008. Manual de la OIE sobre animales terrestres. Capítulo 2.7.9 Epididimitis Ovina.
- Pérez, P., J. Vilaboa, H. Chalate, B. Candelaria, P. Díaz y S. López. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica* 21(4):327-334.
- Radostits, O. M., C. C. Gay, D. C. Blood y K. W. Hinchcliff. 2002. Medicina veterinaria tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino Mc Graw Hill Interamericana España. 1025-1053.
- Ridler, A. L. and D. M. West. 2011. Control of *Brucella ovis* infection in sheep. *Vet. Clin. Food Anim.* 27:61-66.
- Román, R. D. L., D. I. Martínez H., A. E. Peniche C., J. A. Villagómez C., J. F. Torres A. y R. Flores C. 2016. Seroepidemiología de la brucelosis ovina en el estado de Veracruz. XXIX Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz.
- Román, R. D. L., D. I. Martínez H., J. A. Villagómez C., A. E. Peniche C., J. F. Morales A. y R. Flores C. 2017 Estudio epidemiológico de la brucelosis caprina en la zona centro del estado de Veracruz. *Gaceta Médica* 153:26-30.
- SENASICA. 2011. Estados afectados por brucelosis ovina (*Brucella ovis*) en México. [on line] <http://www.senasica.gob.mx/?doc=24085> 25-ene-2016.
- Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology*. 3a. ed. Blackwell Science. Oxford, Inglaterra. p. 90, 600.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE FABÁCEAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Francisco Enrique Cab Jiménez^{232*}, Javier Francisco Enríquez Quiroz²³³ y Violeta Mariana Loeza Deloya²³⁴

Resumen

Se realizaron recolectas de fabáceas (antes leguminosas) en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán con el objetivo de seleccionar a las más promisorias para formar parte de los sistemas en la producción ganadera de la región, determinado mediante una revisión de literatura sobre su potencial forrajero. Se lograron recolectar un total de 13 especies de fabáceas, algunas endémicas de la región, la mayoría soporta suelos pobres de materia orgánica y más aún, se mantienen productivas en la época seca del año. La mayoría tiene usos múltiples: ornamentales, leña, cercos vivos, medicinales y fuente de forraje. Este último punto es el más interesante ya que en diversos estudios realizados para especies locales se ha informado que son consumidas por bovinos, caprinos, ovinos, gallinas y caballos. Las más estudiadas son; *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus rugosus*, *Albizia lebeck*, *Calliandra houstoniana* y *Bahuinia divaricata*. La mayoría de las especies fueron recolectadas en áreas ganaderas, lo cual es un indicativo de su presencia en la dieta del animal.

Palabras clave: fabáceas nativas, recolectas, potencial productivo, arbóreas

Introducción

En México, los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, se ubican en la región tropical seca, donde la ganadería es importante para la economía de los habitantes. Así, la producción de rumiantes se realiza bajo pastoreo extensivo con el uso de gramíneas de temporal. Por otra parte, la urbanización y la práctica de roza-tumba-quema, han hecho que los suelos sean cada vez más infértiles. Sin embargo, las regiones tropicales del país

²³² Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV). Escolleras Norte S/N. La Trocha, Alvarado, Veracruz. CP. 95250. kique2120@yahoo.com.mx

²³³ C. E. La Posta CIRGOC. INIFAP.

²³⁴ Universidad Veracruzana FMVZ Agronegocios Internacionales.

cuentan con una riqueza inexplorada de fabáceas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero. La caracterización de especies arbóreas para su incorporación a los sistemas de producción es una meta a cumplir; con lo que se aprovecharán las especies nativas, para aumentar rendimientos de carne y leche y así, disminuir los costos de producción. *Leucaena*, *Gliricidia*, *Cratylia*, *Acacia* y *Pithecellobium* incluyen especies utilizadas; sin embargo, existe una gran diversidad de especies que aún necesitan ser estudiadas. El objetivo del presente estudio fue realizar recolectas de fabáceas arbóreas y arbustivas en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, realizar su identificación, descripción botánica y determinar su valor forrajero.

Materiales y métodos

La recolección de las especies arbustivas y arbóreas se llevó a cabo en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán. La península de Yucatán tiene un clima cálido subhúmedo y lluvias en verano (García, 1988), varía alrededor de 26°C, con 23°C. La precipitación media anual varía de 1000 a 1800 mm. Se siguió la metodología descrita por Schultze-Kraft (1979), la cual consiste en recorrer carreteras o caminos; un trayecto previamente determinado haciendo paradas conforme se observa el cambio en la vegetación, topografía y el suelo. En cada parada en la carretera se examinó la vegetación nativa hasta una cierta distancia pues la variación se puede dar de unos pocos a varios cientos de metros cuadrados.

Criterios tomados para la selección. Siempre se buscaron especies pertenecientes a la familia de las fabáceas, tomando en cuenta cualquiera de las subfamilias: Papilionoideae, Caesalpinioideae y Mimosoideae. La selección se realizó bajo conocimiento de la estructura de las flores, hojas, frutos y tipo de crecimiento. Se realizó un total de seis viajes de recolectas, el primer recorrido sirvió para identificar la vegetación y determinar puntos que se recorrerían en los viajes subsecuentes; esto, debido a que fue necesario recolectar partes de las plantas (vegetativo y reproductivo), lo que permitió obtener material vegetal adecuado para su identificación hasta especie. En cada sitio donde se recolectó, se tomaron cuatro muestras vegetales, que se colocaron en prensa botánica. Para cada material recolectado, se tomaron muestras de flor completa, las cuales, fueron introducidas en alcohol al 75%, con el fin de conservarlas en buen estado para su identificación en laboratorio.

Identificación y caracterización. La identificación de las especies se llevó a cabo en el Herbario del Colegio de Postgraduados y en el Herbario de la Universidad Nacional

Autónoma de México, mediante el uso de claves taxonómicas y comparación con material de los herbarios mencionados anteriormente. Se mencionarán las características nutritivas de las especies, con el apoyo de información bibliográfica.

Resultados y discusión

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación se pudo determinar que existe diversidad de especies arbustivas y arbóreas en los estados Campeche, Yucatán y Quintana Roo, las cuales se pueden observar en el Cuadro 1. Toda vez identificado el material vegetal, se obtuvo un total de 13 especies de fabáceas, las cuales representan a las tres subfamilias: Caesalpinioideae, Papilionoideae y Mimosoideae.

Cuadro 1. Lista de especies fabáceas colectadas en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Especie	Subfamilia
1 Senna racemosa (P. Mill.) Irwin et Barneby	Caesalpinioideae
2 Haematoxylon campechianum L.	Caesalpinioideae
3 Senna pendula (Willd.) Irwin et Barneby var. advena (Vogel) Irwin et Barneby	Caesalpinioideae
4 Caesalpinia yucatanensis Greenm. subsp. yucatanensis	Caesalpinioideae
5 Bauhinia divaricata L.	Caesalpinioideae
6 Caesalpinia pulcherrima (L.) Swartz.	Caesalpinioideae
7 Albizia lebbeck (L.) Benth.	Mimosoideae
8 Lysiloma latisiliquum (L) Benth.	Mimosoideae
9 Calliandra houstoniana (Standl)	Mimosoideae
10 Lonchocarpus longistylus Pittier	Papilionoideae
11 Diphysa yucatanensis Hanan et M. Sousa	Papilionoideae
12 Lonchocarpus rugosus Benth. subsp. rugosus.	Papilionoideae
13 Piscidia piscipula (L.) Sarg.	Papilionoideae

A continuación, se realiza la descripción de las fabáceas que se consideraron con potencial para ser forrajeras de acuerdo a la revisión de literatura.

Albizia lebbeck (L.) Benth.

Nombre común. Acacia Amarilla, Tíbet, Casia Amarilla, Cabello de Ángel, Chakte'koox, Xka Chakte'koox, Algarroba (Yucatán, Campeche y Quintana Roo) (Arellano et al., 2003).

Árbol pequeño o mediano de hasta 10 m de altura, copa redondeada. Hojas de 12-30 cm de largo, peciolo de 6 a 7 cm de largo, raquis de 5 a 9 cm de largo, pilosos, de 2 a 3 pares de pinnas cada 7 a 14 cm de largo. Foliolos de 5 a 7 pares por pinna, oblongos, ápice redondeado. Flores en capítulos pedunculados, agrupadas en 2 ó 3 capítulos. Legumbre de color ocre-marrón, usualmente dehiscente a lo largo de la sutura, válvulas onduladas. De 4 a 11 semillas por vaina, de color marrón oscuro, circulares (Rico et al., 2008). **Usos.** Ornamental y forraje para ganado bovino. Las hojas tiernas son muy apreciadas por los animales y las flores producen miel de excelente calidad (Arellano et al., 2003).

Con proteína cruda (PC) de 19.2%; fibra detergente neutro (FDN), 42.2%; fibra detergente ácido (FDA), 24.9%; cenizas, 6.9% (García y Medina, 2006). Esta fabácea ha sido evaluada en la alimentación de cabras y borregos, algunos autores la recomiendan para suplementar a los rumiantes en la época seca del año, ya que persiste su calidad nutritiva, ayudando a mantener la producción de leche y ganancia de peso en los animales (Ndemanisho et al., 2006). El contenido de metabolitos secundarios (taninos, saponinas, alcaloides y fósforo fítico) en el follaje ha sido considerado como de bajas proporciones, lo cual no afecta la digestibilidad de la materia seca (MS). Es utilizada para alimentar vacas lecheras, con resultados de 8 L vaca⁻¹ d⁻¹, siendo recomendada su utilización en la época seca, debido a su valor nutritivo y producción de follaje durante ese periodo (Milera et al., 2004).

Lysiloma latisiliquum (L) Benth.

Nombre común. Salam, Tzalam. Bo'ox tzalam, tsukte' (Yucatán, Campeche y Quintana Roo; Arellano et al., 2003).

Árbol o arbusto de hasta 20 m de altura, de hojas pinnadas. Estípulas a menudo visibles y subfoliadas. Flores en cabezuelas blancas, axilares o en racimos en su mayoría irregulares y pequeños. Calix sinuado-dentado. Corola de forma tubular, lóbulos más cortos que el tubo. Estambres numerosos, basalmente connados. Legumbre estipilado, plana en términos generales oblonga, no septadas internamente. Pertenece a selva media subperennifolia, característico del estado de Yucatán y Campeche. Es abundante y con alta regeneración natural en sitios con vegetación secundaria (López-Torres y Tamarit-Urias, 2005). Con porte arbustivo, se encuentra distribuida desde el centro de México hasta los países de Centro América con preferencia en zonas tropicales y subtropicales (Lewis et al., 2005). **Usos.** Sombra, maderable, forrajera para ganado bovino y equino, cerco vivo. Su valor nutritivo es representado por los componentes de PC (17.9%), FDN (48.8%), FDA (32.1%), Cenizas (4.5%), lignina (9.8%) y algunos compuestos secundarios como los taninos totales (29 g kg⁻¹ de MS), taninos condensados (19 g kg⁻¹ de MS) (Alonso-Díaz et al., 2009), saponinas (1.82%) y alcaloides (0.05%). En pruebas de cafeteria, se ha registrado un aceptable consumo del follaje de *L. latisiliquum* y en un periodo de 4 h; este fue de 143.9 g MS cabra⁻¹,

lo cual es un promedio apreciable con respecto a otra especie evaluada que fue *Piscidia piscipula* (144.6 g MS cabra⁻¹) (Alonso-Díaz et al., 2008).

***Bauhinia divaricata* L.**

Nombre común. Pata de Vaca, Dzulubtok, Ts'uruk Took', Maay Wakax, Sak Tu'ulubtook, Calzoncillo (Arellano et al., 2003).

Plantas arbóreas o arbustivas, con espinas estipulares o inermes. Hojas alternas, uniyugas, generalmente bilobuladas, menos frecuente bifolioladas o unifolioladas; estípulas generalmente caedizas, cuando hay espinas, generalmente son curvas (Barreto, 1998). Inflorescencia racemosa, o racemoso paniculada, o flores pareadas o solitarias, terminales o subterminales y axilares. Cáliz gamosépalo, sépalos cinco, valvados, soldados casi hasta el ápice, limbo espatáceo o 2-5 lobulado; hipanto evidente. Pétalos cinco, raramente menos; a menudo grandes y vistosos, libres, imbricados subiguales, blancos, rosados a rojos o amarillos. Fruto bivalvo, generalmente oblongo a linear, cartáceo a leñoso, elásticamente dehiscente o indehiscente. Semillas lateralmente comprimidas, con o sin endospermo, hilo creciente; cotiledones planos. Para obtener hasta un 57% de germinación se recomienda la escarificación con ácido sulfúrico, por 15 min (Alderete-Chávez et al., 2011). En Yucatán, se encuentran cinco especies nativas; dentro las cuales se encuentran *B. divaricata* y dos especies cultivadas. Crece en selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia y vegetación secundaria. *Bauhinia divaricata* florece todo el año y ha sido colectada en fruto todo el año (Torres-Colín et al., 2009). **Usos.** Cerco vivo y ornamental (Avendaño y Acosta, 2000). La madera se usa para construcción rural en general.

Ha sido evaluada como especie forrajera por su aceptabilidad por lo animales y valor nutritivo que es representada de la siguiente manera: cenizas, 9.1%; PC, 13.8%; DIVMS, 38.7%; FDN, 48.1%; FDA, 34.7%; Fenoles, 1.4 g kg⁻¹ y taninos, 15.5 g kg⁻¹, los autores concluyen con que es una alternativa como fuente de forraje, de acuerdo al conocimiento de los productores (Sosa et al., 2004). Zapata et al. (2009), confirman lo mencionado anteriormente, siendo *B. divaricata* una especie apta para ser utilizada como forrajera, debido a su rápido crecimiento después del corte.

***Piscidia piscipula* (L.) Sarg.**

Nombre común: Ha'abin (Jabin), Ha'bi, Ha'bim, Jabin, Ya'ax Ja'abin.

Árbol de hasta 20 m de altura, caducifolio, copa densa, corteza fisurada, hojas ovadas compuestas imparipinnadas, flores en panículas ligeramente perfumadas, pétalos rosados o ligeramente morados, florea de febrero a mayo, frutos en forma de vaina con alas color café y alargados (Lewis et al., 2005). Se encuentra distribuida en Yucatán, Campeche y Quintana

Roo, está adaptada a regiones tropicales con baja fertilidad, buen drenaje y soporta periodos largos de sequía (White y Hood, 2004). **Usos.** Para tratar enfermedades abdominales, madera para construcción, melífera, cercos, forraje para bovinos y ovinos. Es utilizado para restaurar suelos degradados, por su rápido crecimiento y aportación de materia orgánica (Allen et al., 2005). Es una especie forrajera con alto valor nutritivo; PC (19.4%), FDN (47.7%), FDA (27.5%), Lignina (11.6%), Fenoles Totales (1.1%), Taninos Totales (1.8%), Taninos Condensados (5.4%). También se han encontrado Saponinas y Esteroides. Algunos valores de consumo voluntario de *P. piscipula* en la época de mayor abundancia de follaje incluyen: total de bocados a una planta (32), bocados por minuto (6), consumo total (20 g), consumo por bocado (4.0 g), con una ganancia de peso por día fue de 90 g animal⁻¹ (Velázquez- Martínez et al., 2010).

Se obtuvo información de trece especies recolectadas, que incluyó: morfología, usos, composición química, y potencial forrajero. De las fabáceas reportadas, no se observó presencia de espinas durante los periodos de colecta, la mayoría mostró abundante proporción de hojas. De acuerdo a lo observado en campo, *B. divaricata*, *A. lebbeck*, *L. latisiliquum* y *P. piscipula*, presentaron abundante follaje.

En la subfamilia Caesalpinioideae se ubicó la mayoría de las especies recolectadas y sobresalió *Bauhinia divaricata* con porte arbustivo. Por otra parte, *B. divaricata* es utilizada para cercos vivos en las zonas ganaderas del trópico mexicano (Avendaño y Acosta, 2000), así como fuente forrajera, ya que los bovinos consumen con preferencia sus hojas y ramas (Pinto-Ruiz et al., 2005). Géneros dentro de la misma subfamilia tienen usos ornamentales: *Senna*, *Haematoxylon*, *Caesalpinia* y *Bauhinia*, representativos de los estados que abarcan la Península. Para Mimosoideae se identificaron tres especies *Albizia lebbeck*, *Lysiloma latisiliquum* y *Calliandra houstoniana*. Estas especies son consideradas con alto potencial forrajero, además de ser cultivadas en jardines o parques, por sus flores vistosas. También son utilizadas con diversos propósitos y se tiene conocimiento sobre su potencial como recursos forrajeros. Se ha observado preferencia de ovinos por *L. latisiliquum*, aunque su digestibilidad sea baja (46%), lo que está relacionado con el contenido de fibra y de la edad fenológica de la planta (Alonso-Díaz et al., 2009). Por otra parte, *A. lebbeck* tiene valores de digestibilidad in situ de 60%, lo que la coloca como una apreciable fuente de alimentación (García et al., 2006).

En Yucatán, se ha evaluado la calidad nutritiva de la hoja de diferentes fabáceas entre ellas *L. latisiliquum*, donde la acumulación de nitrógeno y fósforo es limitada por características del suelo, una hoja con mayor contenido de N y P es más apetecible para los herbívoros, pero dependerá de un suelo joven o viejo; así, *L. latisiliquum* resulta apetecible por la calidad de sus hojas (Campo y Dirzo, 2003). Para que las hojas de las fabáceas puedan ser digeridas en un mayor porcentaje; es adecuado que se proporcione como forraje a una edad joven del

rebrote, para evitar elevados contenidos de fibras (Buxton y Redfearn, 1997). En Papilionoideae se registraron *Lonchocarpus longistylus*, *L. rugosus*, *Diphysa yucatanensis* y *Piscidia piscipula*, ampliamente distribuidas en la Península de Yucatan. *Piscidia piscipula* representa una especie con alto valor por sus usos en la región tropical del golfo mexicano, la época de floración es aprovechada por los apicultores, además ser fuente de forraje, los valores nutricionales van de acuerdo a los reportados para otras especies de fabáceas que en la actualidad son utilizadas en la ganadería (López et al., 2008). El uso de las fabáceas a nivel mundial ha sido para grano, pasturas y en sistemas agroforestales, muchas especies han sido catalogadas por su producción de biomasa o grano (Graham y Vance, 2003).

Conclusiones

1. De acuerdo a las recolectas realizadas, se obtuvo un total de 13 especies de fabáceas en la Península, abarcando municipios de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.
2. La mayoría de estas especies poseen usos múltiples; sin embargo, las sobresalientes y documentadas sobre su valor nutritivo y potencial forrajero son: *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula*, *Lonchocarpus rugosus*, *Albizia lebbeck*, *Calliandra houstoniana* y *Bahuinia divaricata*.
3. La mayoría de las especies identificadas presentan abundante follaje durante todo el año, son inermes y resisten la época seca del año.
4. Las plantas identificadas poseen crecimiento arbóreo o arbustivo en campo, con promedio de altura de 4 a 8 y 10 o más metros de altura.
5. Algunas son utilizadas en la ganadería y de rápido rebrote con manejo, como alturas de corte.
6. Los sitios de recolecta presentaban abundante presencia de árboles, arbustos y gramíneas, catalogadas como vegetación en sucesión secundaria, característica de los Estados mencionados, con predominancia de fabáceas.

Literatura citada

Alderete-Chávez, A., N. De la Cruz-Landero, J. J. Guerra-Santos, E. Guevara, R. Gelabert, L. R. De la Cruz-Magaña et al. 2011. Promotion of germination of *Bahuinia divaricata* L. seeds by effects of chemical scarification. Res. J. Seed Sci. 1-7.

- Allen, M. F., E. B. Allen and P. A. Gómez. 2005. Effects of mycorrhizae and nontarget organisms on restoration of a seasonal tropical forest in Quintana Roo, México: Factors limiting tree establishment. *Restoration Ecology* 13(2):325-333.
- Alonso-Díaz, M. A., Torres-Acosta J. F. J., Sandoval-Castro C., Canul-Ku H. L. and Hoste H. 2009. Intake of tropical tanniniferous plants by goats and sheep when offered as a sole fed. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 11:255-258.
- Alonso-Díaz, M. A., J. F. J. Torres-Acosta, C. A. Sandoval-Castro, H. Hoste, A. J. Aguilar-Caballero and C. M. Capetillo-Leal. 2008. Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments?. *Animal Feed Science and Technology* 141:36-48.
- Avendaño, R. S. e I. Acosta R. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 6(1):55-71.
- Arellano, R. J. A., J. S. Flores G., J. Tun G. y M. M. Cruz B. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. Departamento Editorial. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán. 815 p.
- Barreto, V. A. 1998. Las leguminosas (Fabaceae) de Cuba. I. Subfamilia Caesalpinoideae. *Collectanea Botanica* 24:1-148.
- Buxton, D. R. and D. D. Redfearn. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *The Journal of Nutrition* 127(5S):814S-818S.
- Campo, J. and R. Dirzo. 2003. Leaf quality and herbivory responses to soil nutrient addition in secondary tropical dry forests of Yucatan, México. *Journal of Tropical Ecology* 19(5):525-530.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4^a. ed. México. 246 p.
- García, D. E. y M. G. Medina. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop.* 24(3):233-250.
- García, D. E., M. G. Medina, J. Humbria, C. Domínguez, A. Baldizan, L. Cova et al. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootec.* 55(212):373-384.
- Graham, P. H. and C. P. Vance. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiology* 131(3):872-877.

- Lewis, G., B. Schrire, B. Mackinder and M. Lock. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew. Richmond, Surrey, UK. 577 p.
- López-Torres, J. L. y J. C. Tamarit-Urias. 2005. Crecimiento e incremento en el diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Revista Chapingo, Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(2):117-123.
- López, H. M. A., J. A. Rivera L., L. Ortega R., J. G. Escobedo M., M. A. Magaña M., J. R. Sanginés G. et al. C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx.* 46(2):205-215.
- Milera, M., H. Machado, O. López, T. Sánchez y S. Sánchez. 2004. Producción de leche en sistemas de pastoreo bio-sostenibles y/o bio-diversos. *Avances en Investigación Agropecuaria* 8(1):1-10.
- Ndemanisho, E. E., B. N. Kimoro, E. J. Mtengeti and V. R. M. Muhikambe. 2006. The potential of *Albizia lebbeck* as a supplementary feed for goats in Tanzania. *Agroforestry Systems* 67:85-91.
- Pinto-Ruiz, R., H. Gómez, B. Martínez, A. Hernández, F. J. Medina, R. Gutiérrez et al. 2005. Árboles y arbustos forrajeros del sur de México. *Pastos y Forrajes* 28(2):87-98.
- Rico, A. M. L., S. L. Gale and N. Maxted. 2008. A taxonomic study of *Albizia* (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) in México and Central América. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 65(2):255-305.
- Schultze-Kraft, R. 1979. Colección de germoplasma en el campo. In: Mott G. O. (ed.). *Manual para la colección, preservación y caracterización de recursos forrajeros tropicales*. CIAT, Cali, Colombia. pp. 9-14.
- Sosa, R. E. E., R. D. Pérez, R. L. Ortega y B. G. Zapata B. G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc. Pecu. Méx.* 42(2):129-144.
- Torres-Colín, R., S. R. Duno y L. L. Can. 2009. El género *Bauhinia* (Fabaceae, Caesalpinioideae, Cercideae) en la Península de Yucatán (México, Belice y Guatemala). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:293-301.
- Velázquez-Martínez, M., S. López-Ortiz, O. Hernández-Mendo, P. Díaz-Rivera, S. Pérez-Elizalde and J. Gallegos-Sánchez. 2010. Foraging behavior of heifers with or without social models in an unfamiliar site containing high plant diversity. *Livestock Science* 131:73-82.

White, D. A. and C. S. Hood. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15(2):151-160.

Zapata B. G., Z. F. Bautista y C. M. Astier. 2009. Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril de vegetación secundaria con base en la aptitud de suelo. *Téc. Pecu. Méx.* 47(3):257-270.

IDENTIFICACIÓN DE *Brucella* spp. EN UN REBAÑO OVINO DEL MUNICIPIO DE PEROTE, VER.

Blanca Lilia Gabriel Véjar²³⁵, David Itzcóatl Martínez Herrera^{235*}, Karla María López Hernández²³⁵

Resumen

El objeto del trabajo fue identificar la presencia de *Brucella* spp. en un rebaño ovino del municipio de Perote, Ver., que contaba con Certificado de Rebaño Libre de Brucelosis emitido por SAGARPA; sin embargo, la presencia de abortos y de signos clínicos compatibles con brucelosis causó cuarentena del rebaño y la aplicación de medidas zosanitarias pertinentes. Se colectaron muestras sanguíneas para obtención de suero de 127 ovinos, que conformaban el rebaño por punción de la vena yugular en tubos al vacío y sin anticoagulante; y después sólo de ocho hembras en producción se tomaron 20 mL de leche, de cada uno de los medios de la glándula mamaria en tubos Falcon® bajo condiciones de esterilidad. Las muestras de suero y leche se trasladaron al laboratorio de Microbiología de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica Torreón del Molino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana para su procesamiento. El diagnóstico serológico se realizó en serie con la Prueba de Tarjeta (RBPT) como tamiz, mientras que el confirmatorio se hizo con la de Inmunodifusión Radial (IDR). Por otra parte, el diagnóstico bacteriológico de la leche se realizó por cultivo de grasa y sedimento de ésta en placas de agar TSA con suero bovino con suplemento de Farrell. La seroprevalencia de brucelosis del rebaño con RBPT fue de 2.36% (IC_{95%}: 0.61-7.27); mientras que la de IDR confirmó como negativas a todas las muestras séricas. La frecuencia de brucelosis por sexo con RBPT en hembras fue 1.67% (IC_{95%}: 0.3-6.5) y en machos 14.29% (IC_{95%}: 0.7-58.0); en los estratos por edad, de 13 a 24 meses 2.9% (IC_{95%}: 0.15-17.05) y de 37 a 48 meses 6.9% (IC_{95%}: 1.2-24.2); por raza, la Suffolk tuvo la mayoría de reactivos (2.36%; IC_{95%}: 0.61-7.27); sin embargo, hembras sin evidencia de aborto mostraron 1.74% (IC_{95%}: 0.3-6.76). En cuanto al diagnóstico bacteriológico de la leche, no se aislaron cepas de *Brucella* spp. de grasa ni de sedimento. Se concluye que ese rebaño ovino puede recuperar su estatus de Rebaño Libre de Brucelosis y que otra enfermedad debe ser la causa de los abortos en las hembras.

Palabras clave: prueba de tarjeta, inmunodifusión radial, seroprevalencia, grasa, sedimento

²³⁵ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. *dmartinez@uv.mx

Introducción

A nivel mundial la ovinocultura es una actividad pecuaria de gran importancia para satisfacer las crecientes necesidades de consumo de carne (Arróniz, 2007). Por ello, la cría de ovinos en México cuenta con sistemas de producción a diferente escala en dependencia del nivel económico del productor. Funciona para distinguir la vocación de la actividad en algunos municipios de Veracruz como ocurre en el de Perote, donde la cría de ovinos es una fuente de ingresos complementaria de tipo familiar considerada como medio de subsistencia, ahorro y autoconsumo; sin embargo, algunas enfermedades infecciosas impactan de forma negativa en cualquiera de los sistemas de producción ovina, como la brucelosis, que además de ser una importante zoonosis, ocasiona graves pérdidas en la producción animal (SIPROVER, 2012; Aguilar et al., 2011).

Se trata de una enfermedad infecto contagiosa producida por bacterias del género *Brucella* que afecta animales de diferentes especies e incluso al hombre, es por ello que agencias internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) la considera como una de las zoonosis de mayor importancia a nivel mundial (Acha y Szyfres, 2001). En la mayoría de las especies animales ocasiona aborto, además de generar un impacto económico negativo a causa de la disminución de carne y leche (Cutler et al., 2005; Samartino et al., 2007). En ovinos es causada por lo general por *B. ovis* y *B. melitensis*. La primera, *B. ovis*, causa epididimitis contagiosa del carnero y rara vez afecta a hembras, mientras que *B. melitensis* provoca aborto y pocas veces afecta a machos (Aguilar, 2011).

Por otra parte, un estudio seroepidemiológico reciente de la brucelosis ovina que se realizó en la zona centro del estado de Veracruz (Román et al., 2016), señala que la seroprevalencia de brucelosis ovina está delimitada a solo una unidad de producción (UP) por municipio en los de Altotonga y Perote, respectivamente; sin embargo, la UP de este estudio también se encuentra en la cabecera municipal de Perote, Ver., y en principio contaba con Constancia de Rebaño Libre de Brucelosis, emitida de acuerdo con los criterios establecidos por la normatividad vigente (SAGDR, 1996) y en consecuencia no se incluyó en el estudio de Román et al. (2016), mostró evidencia clínica y serológica aparente de infección, por lo que el fin de este trabajo fue identificar si hay presencia de brucelosis en ovinos de la misma, en ese municipio.

Material y Métodos

El trabajo de investigación se realizó entre febrero y marzo de 2016 en un rebaño ovino ubicado en la unidad de producción (UP) denominada “Don Ranchón” del municipio de

Perote, Ver., ubicado en las coordenadas 19°34" de latitud norte y 97°15" de longitud oeste, con altura de 2,400 msnm. Limita al norte con los municipios de Altotonga, Villa Aldama, Jalacingo y Las Vigas de Ramírez; al este con los de Acajete y Tlalnahuayocan; al sureste con el de Xico; al sur con Ayahualulco, y al oeste con el estado de Puebla. La UP es de ciclo completo (cría y finalización), en sistema intensivo, con 210 animales en total, de los cuales 120 son hembras, siete sementales y 80 crías lactantes; lotificados por edad, raza y estado reproductivo. El empadre se realiza por monta directa. Se alimentan con granos y maíz ensilado; para la prevención de enfermedades, se vacunan contra clostridiasis y pasteurelisis. La UP carece de medidas de bioseguridad que eviten exponer a los animales a enfermedades porque existe convivencia con fauna nociva (roedores) y silvestre (tlacuaches, tuzas, zorros y liebres). Se trató de un estudio de caso de un rebaño ovino con notificación de abortos y retención placentaria entre febrero y marzo de 2016, debido a esto se dictaminó un diagnóstico clínico presuncional de brucelosis, y que de acuerdo con lo establecido en la NOM-041-ZOO-1995 (SAGDR, 1996), se le aplicó cuarentena precautoria y se procedió a colectar muestras séricas de los 127 animales del rebaño que cumplieron con los criterios normativos para ser sujetos de prueba; es decir mayores de cuatro meses de edad, en una primera etapa; y en una segunda, se tomaron muestras de leche en las hembras con resultados serológicos positivos y de aquellas con historial de aborto que estuvieran en producción láctea. Además, se aplicaron dos cuestionarios, uno general para la unidad de producción y otro individual por cada animal muestreado, ambos contienen información sobre la posible fuente de infección, que incluye datos de sistema de producción, número de hembras y estado reproductivo, vacunación, movilización y compra de animales y su origen, convivencia con otras especies (domésticas, fauna silvestre y fauna nociva), tipo de alimentación, limpieza general de las instalaciones, sanidad y manejo del rebaño, número de nacimientos con relación al número de hembras servidas, abortos, animales con lesiones o signos clínicos que puedan ser evidenciados a la inspección física. Se tomaron muestras sanguíneas por medio de punción de la vena yugular con el empleo de tubos al vacío sin anticoagulante. Las muestras se transportaron en hieleras a 4°C al Laboratorio de Microbiología de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica "Torreón del Molino" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, donde se centrifugaron a 1,000 X g por 10 minutos, para extraer el suero que después se alícuotó en tubos cónicos tipo Eppendorf® y se almacenó en congelación a -20°C, hasta su procesamiento serológico. Para la toma de muestras de leche, se lavó toda la ubre con agua y jabón, y luego se hizo antisepsia con torundas de alcohol al 70% a los pezones, después del despunte, la leche se colectó en tubos estériles tipo Falcon®, que se transportaron debidamente identificados en hielera a 4 °C al laboratorio de Microbiología de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica "Torreón del Molino" de la Facultad de Medicina

Veterinaria y Zootecnia, donde se conservaron en refrigeración a 4°C por espacio de 24 horas, con el objeto de lograr una correcta separación de la grasa. El procesamiento de las muestras séricas se realizó en serie en concordancia con lo establecido en la NOM-041-ZOO-1995 (SAGDR, 1996) con la prueba de tarjeta o de aglutinación con rosa de Bengala (RBPT) con el antígeno oficial en concentración del 3% elaborado con la cepa de *Brucella abortus* 1119-3 como tamiz e inmunodifusión radial (IDR) como prueba confirmatoria de acuerdo con la OIE (2004). La prueba de IDR usa como antígeno el hapteno nativo que se obtiene a partir de la cepa de *B. melitensis* 16 M y ya listo, se emplea en concentración de 20 mg en gel de agarosa preparado en una solución amortiguadora de glicina (Bustamante et al., 2000). El procesamiento de las muestras lácteas consistió en centrifugar por 15 minutos a 3,000 X g cada muestra de leche para garantizar la separación de la grasa del sedimento. Para el cultivo de la grasa se tomaron 0.1 a 0.2 mL y se sembraron en agar TSA con suero bovino suplementadas con Farrell; para el cultivo de sedimento, se decantó la leche vertiéndola hasta dejar la mínima en el fondo del tubo, y con un hisopo estéril se mezcló para luego con éste extender sobre el agar TSA con suero bovino suplementadas con Farrell; tanto grasa como sedimento se inocularon por duplicado. La mitad de los agares se incubaron en condiciones de aerobiosis y la otra bajo presión del 5 a 10% de dióxido de carbono a 37°C en estufa de cultivo por espacio de 2 semanas con revisiones cada 96 horas. Las colonias aisladas se identificaron por pruebas bioquímicas para reconocimiento de especie (Martínez et al., 2009). Las pruebas bioquímicas utilizadas para el diagnóstico bacteriológico convencional, fueron las que se realizan de rutina para bacterias Gram negativas como son TSI, Urea, SIM, Citrato de Simmond's y MRVP, y para demostrar la producción de Ácido Sulhídrico, la de Acetato de Plomo (Alton et al., 1976). Para determinar la seroprevalencia de las muestras séricas y la frecuencia de aislamiento del cultivo bacteriológico se utilizó el programa en línea Vassarstats® donde se seleccionó la pestaña de proporciones y dentro de ésta el cálculo del intervalo de confianza de una proporción, como lo establece Thrusfield (2005).

Resultados y discusión

La seroprevalencia de brucelosis con RBPT fue 2.36% (IC_{95%}: 0.61-7.27) en el rebaño de estudio. La presencia de anticuerpos contra *Brucella* spp., que se identificaron con RBPT, sugiere una posible exposición de los animales contra el agente causal, pero no es definitiva porque el dato tampoco refleja si la infección es actual o activa en el momento del muestreo (Godfroid, 2002). La RBPT es usada de rutina para el diagnóstico como una prueba tamiz a nivel mundial; sin embargo, los resultados que se obtienen no son confiables por el alto

número de falsos positivos debido a su alta sensibilidad, como ya lo ha demostrado Bustamante et al. (2000) con bovinos que resultaron positivos a ella, y que al realizarles diferentes pruebas serológicas oficiales y la de IDR se les confirmó como negativos. Esto sugiere que la RBPT por sí sola no es suficiente para establecer un diagnóstico confiable de brucelosis. En los ovinos y caprinos vacunados, debido a esa misma situación, resulta incluso necesario realizar pruebas de precipitación basadas en haptenos nativos (pruebas de difusión en gel o IDR) para discriminar la vacunación de la infección (Aparicio et al., 2003). Otro estudio realizado por Suárez (2009) indica que la prueba de IDR permite distinguir entre bovinos infectados y vacunados con la cepa lisa de *B. abortus* S19; en pequeños rumiantes identifica la cepa lisa Rev-1, e incluso cabe mencionar que los animales vacunados con la cepa rugosa de *B. abortus* RB51, no son identificados con esta prueba. Por otra parte, se encontraron 3 animales positivos (2.36%; IC95%: 0.6-7.27) de 127 animales muestreados, como se observa en el Cuadro 1. Mientras que la confirmación por IDR arrojó resultados negativos de esos mismos sueros (IC95%: 0-3.66).

Cuadro 1. Frecuencia (%) de brucelosis por sexo con RBPT e IDR.

Sexo	Animales muestreados	Animales positivos	% PT	IC _{95%} PT	Animales positivos a IDR	%IDR	IC _{95%} IDR
Machos	7	1	14.29	0.7-58.0	0	0	0-43.91
Hembras	120	2	1.67	0.3-6.5	0	0	0-3.87
Total	127	3	2.36	0.6-7.27	0	0	0-3.66

De siete machos muestreados, solo uno resultó positivo (14.29%; IC95%: 0.7-58.0) a la RBPT y 2 hembras positivas (1.67%; IC95%: 0.3-6.5%) de 120 animales probados, ambos casos con resultado negativo a IDR. Las hembras son más susceptibles a las infecciones por cepas lisas de *Brucella* spp., en particular las que corresponden a las especies de *B. abortus*, *B. melitensis* y *B. suis* (Román et al., 2017); además, los únicos animales que se vacunan son las hembras, y eso podría causar interferencia diagnóstica si se vacunan con cepas lisas como la Rev-1 (Martínez et al., 2010). Las cepas lisas de *Brucella* spp. comparten antígenos del LPS con otras bacterias como *Yersinia enterocolitica*, *Pasteurella* spp., y *Salmonella* spp. entre otras (Bustamante et al., 2000), entonces la RBPT identifica como falsos positivos a algunos animales y eso puede explicar este resultado.

Cuadro 2. Frecuencia de brucelosis por edad con RBP e IDR.

Rango de edad (meses)	Animales muestreados	Animales positivos	% PT	IC _{95%} PT	Animales positivos a IDR	%IDR	IC _{95%} IDR
3-12	40	0	0	0-10.91	0	0	0-10.91
13-24	34	1	2.9	0.15-17.05	0	0	0-12.64
25-36	21	0	0	0-19.24	0	0	0-19.24
37-48	29	2	6.9	1.2-24.2	0	0	0-14.59
49-60	3	0	0	0-69	0	0	0-69
Total	127	3	2.36	0.6-7.27	0	0	0-3.66

La brucelosis se considera una enfermedad de animales adultos y esto se debe a que la tasa de animales enfermos aumenta con la edad; es decir, cuanto mayor tiempo pasa un animal en un ambiente contaminado, aumenta la probabilidad de infección. Los jóvenes pueden infectarse y no presentar signos clínicos, pero por lo general sí una respuesta serológica de una semana de duración (León, 1993). Por otra parte, la IDR necesita IgG que identifiquen el hapteno nativo para generar el halo de precipitación y eso implica madurez en la afinidad de los plasmocitos en los animales que se infectan, que es propio de la brucelosis crónica (Bustamante et al., 2000; Román et al., 2016) y aquí todos son negativos (Cuadro 2).

Cuadro 3. Frecuencia de brucelosis por raza con RBPT e IDR.

Raza	Animales muestreados	Animales positivos	%PT	IC _{95%} PT	Animales positivos a IDR	%IDR	IC _{95%} IDR
Suffolk	42	3	2.36	0.61-7.27	0	0	0-10.44
Charolais	43	0	0	0-10.21	0	0	0-10.21
Black Belly	20	0	0	0-20.05	0	0	0-20.05
Dorper	22	0	0	0-18.5	0	0	0-18.5
Total	127	3	2.36	0.6-7.27	0	0	0-3.66

Los ovinos de raza Suffolk tuvieron 2.36% (IC_{95%}: 0.61-7.27) de frecuencia de brucelosis con RBPT según se observa en el Cuadro 3; sin embargo, aunque existe información con respecto a la susceptibilidad de ciertos perfiles raciales hacia la infección por *B. melitensis*, pues las lecheras parecen ser más susceptibles que las de aptitud cárnica, así como maltesas y sudamericanas, y la Suffolk que fue la única que evidenció exposición pertenece a las de carne, también confirma resultado negativo por IDR. Además, los otros estratos raciales de esa UP también son cárnicos y esos ni a RBPT mostraron reactividad (Alavi-Shoushtari et al., 1995; Corbel et al., 1984; Alton, 1987).

Cuadro 4. Frecuencia de brucelosis en hembras sin evidencia de aborto por RBPT e IDR.

Presencia de abortos	Animales muestreados	Animales positivos	%PT	IC _{95%} PT	Animales positivos a IDR	%IDR	IC _{95%} IDR
Hembras abortantes	5	0	0	0-53.71	0	0	0-53.71
Hembras no abortantes	115	2	1.74	0.3-6.76	0	0	0-4.03
Total	120	2	1.67	.29-.65	0	0	0-3.87

Dos hembras sin evidencia de aborto (1.74%; IC95%: 0.3-6.76) resultaron positivas a RBTP, y por el contrario ninguna que abortó fue positiva a RBPT; sin embargo, a la confirmación por IDR, ninguna resultó positiva. Las evidencias clínicas más importantes de la brucelosis son aborto, retención placentaria y fallas en la fertilidad, en principio consistentes en esta UP, porque las hembras gestantes son de las más susceptibles (Okoh, 1980; Henriques, 1990), pero la evidencia serológica de este caso orienta a que el problema es distinto a brucelosis, porque como ya se explicó, no hay evidencia de madurez de afinidad de los plasmocitos para una producción suficiente de IgG que pueda ser primero identificada por RBPT y luego confirmada por IDR en las hembras que abortaron (Bustamante et al., 2000; OIE, 2004; Samartino, 2007)

En cuanto al diagnóstico bacteriológico, no se logró el aislamiento de colonias de *Brucella* spp. a pesar de haber mantenido los cultivos por más de cuatro semanas en ambiente de aerobiosis y bajo presión de dióxido de carbono de 5 a 10%.

Conclusiones

No se logró identificar *Brucella* spp. con pruebas de diagnóstico serológicas y tampoco con bacteriología convencional en la UP denominada “El Ranchón” establecidas en la normatividad mexicana y la OIE; luego entonces, ese rebaño ovino puede recuperar su estatus de Rebaño Libre de Brucelosis si cumple con el resto de los requisitos establecidos en la NOM-041-ZOO-1995.

Literatura citada

Acha, P. N. y Szyfres B. 2001. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 2ª ed., Organización Panamericana de la Salud, Washington, D. C. pp. 14-36.

- Aguilar, R. F., A. Cantú C., E. Díaz A., L. Favila H., E. Herrera L., J. F. Morales A., et al. 2011. Prevención de brucelosis en rumiantes, Manual de capacitación. SAGARPA, México.
- Alavi-Shoushtari and S. M. Zeinali. 1995. A Responses of female lambs to Rev-1 vaccination. *Prev. Vet. Med.* 21:289-297.
- Alton, G. G. and S. Elberg S. 1987. Rev 1 *Brucella mellitensis* vaccine. A review of the ten years of study. *Vet. Bull.* 37:793-800.
- Alton, G. G., M. Jones, L. y E. Pietz, D. 1976. Las Técnicas de Laboratorio en la Brucelosis. Organización Mundial de la Salud. Organización de la Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura. Ginebra. USA. 52 p.
- Arróniz, S. O. 2007. Caracterización del Sistema Ovino en el Estado de Veracruz. <https://www.engormix.com/MA-ovinos/articulos/caracterizacion-sistema-ovino-estado-t1500/p0.htm> [consultado el 6 de abril de 2016].
- Aparicio, B. A., E. Díaz A., R. Pérez G., E. Fonseca S. y F. Suárez, G. 2003. Evaluación serológica y bacteriológica de un hato bovino con brucelosis y revacunado con dosis reducida de *Brucella abortus* cepa 19. *Técnica Pecuaria México* 41(2):129-140.
- Bustamante, S. J., F. Salazar H., E. Díaz A., C. Manzano C., R. Pérez, y L. Hernández A. 2000. Estudio bacteriológico y serológico de brucelosis en vacas revacunadas con dosis reducida de cepa 19 de *Brucella abortus*. <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Pecuarias/article/view/1354/1349> [consultado el 29 de mayo de 2016]
- Corbel, M. J. y J. W. Bringley. 1984. Genus *Brucella*. In: *Bergey's Manual of determinative bacteriology*. ed. Williams and Wilkins, Baltimore, USA. 377-388 p.
- Cutler, S. J., M. Whatmore A. and J. Commander N. 2005. A review Brucellosis—new aspects of an old disease. *J. Appl. Microbiol.* 98(6):1270-81.
- Godfroid, J. 2002. Brucellosis in wildlife. *Rev. Sci. Tech.* 21:277-286.
- Henriques, H. S. 1990. Epidemiología de la brucelosis en pequeños rumiantes Sociedade Portuguesa de Ovinotecnia e Caprinotecnia. 21-28 p.
- León, F. Brucellosis ovina y caprina. 1993. Office International des Epizoties. España.
- Martínez, H. D. I., J. A. Morales M., A. E. Peniche C., B. Molina, S, M. A. Rodríguez C., R. Loeza, et al. 2010. Use of RB51 vaccine for small ruminants brucellosis prevention in Veracruz, Mexico. *International Journal of Dairy Science* 5(1):10-17.

Martínez, H. D., A. Abeledo M., G. Lara A., C. Peniche A, L. S. Robledo M., E. Pulido C., J Rosas T. y R. Flores C. 2009. Evaluación de métodos de cultivo para el aislamiento primario de *Brucella melitensis* a partir de leche de cabras. *Revista Salud Animal* 31(3):154-169.

[OIE] Organización Mundial de Sanidad Animal. 2004. Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres. Paris. <http://www.oie.int/doc/ged/d6508.pdf> [consultado el 28 de marzo de 2016].

Okoh, A. E. J. 1980 Abortion in sheep near Kano, Nigeria. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 12:11-14.

Román, R. D. L., D. I. Martínez H., A. E. Peniche C., J. A. Villagómez C., J. F. Torres A. y R. Flores C. 2016 Seroepidemiología de la brucelosis ovina en el estado de Veracruz. XXIX Reunión Científica y Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz.

Román-Ramírez, D. L., D. I. Martínez-Herrera, J. A. J. Villagómez-Cortés, A. E. Peniche-Cardaña, J. F. Morales-Álvarez y R. Flores-Castro. 2017. Epidemiología de la brucelosis caprina en la Zona Centro del Estado de Veracruz. *Gaceta Médica de México* 153(1):26-30.

SAGDR, 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-041-ZOO-1995 “Campaña Nacional contra la brucelosis en los animales”. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural,

Samartino, L., M. Schust, E. Piazza, E. Salustio y S. Conde. 2007. Diagnóstico de la brucelosis animal: implementación de nuevas tecnologías. *Archivo Latinoamericano Producción Animal* 15(1):20-23.

[Siprover] Sistema Producto Veracruz. 2012. Veracruz: Información, <http://www.siprover.com.mx/informacion.html> [consultado el 18 de marzo de 2016].

Suárez, G. F., B. Arellano R. y E. Díaz A. 2009. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; 2CENID–Microbiología, INIFAP SAGARPA <http://www.zoonosis.unam.mx/contenido/publicacion/archivos/libres/Brucelosis.pdf> [consultado el 9 de Junio de 2016].

Thrusfield, M. 2005. *Veterinary epidemiology*. 3rd ed.. Blackwell Science. Oxford, England. 600 p.

CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA DE TRES GRAMÍNEAS TROPICALES BAJO EL DOSEL DE ÁRBOLES LEGUMINOSOS

Persia De Gante-Ramírez²³⁶, Silvia López-Ortiz^{236*}, Mónica de la Cruz Vargas-Mendoza²³⁶, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez²³⁷ y María de la Luz Avendaño-Yáñez

Resumen

En los sistemas silvopastoriles el efecto de los árboles sobre las gramíneas puede ser variable, dependiendo de las especies, su manejo y el ambiente. Se evaluó el efecto del dosel de *Vachellia pennatula* y *Lysiloma acapulcense*; sobre la morfología, productividad y calidad de *Megathyrsus maximus*, *Hyparrhenia rufa* y *Andropogon gayanus*, durante tres épocas del año. Se monitoreó mensualmente la densidad de dosel, la radiación fotosintéticamente activa y la humedad del suelo. En lluvias *M. maximus* obtuvo mayor área foliar bajo sombra que en sol (>210 y $176.21 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, $P \leq 0.05$), sin diferencias en transición ($P > 0.05$); *A. gayanus* e *H. rufa* tuvieron similar comportamiento entre condiciones en lluvias y transición ($P > 0.05$). La altura de las gramíneas fue diferente entre épocas, siendo *A. gayanus* superior en lluvias (84.73 cm , $P \leq 0.05$) respecto a *H. rufa* y *M. maximus* (68.22 y 81.52 cm), mientras que en transición su altura fue similar a la de *H. rufa* ($\approx 50 \text{ cm}$, $P > 0.05$). En secas no hubo diferencias entre gramíneas ($P > 0.05$). La máxima productividad la obtuvo *A. gayanus* en sol ($10,702.75 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, $P \leq 0.05$), seguida de *H. rufa* bajo *L. acapulcense* y en sol ($5,831.25$ y $3,782.63 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, $P > 0.05$). *Megathyrsus maximus* no presentó diferencias en su productividad entre condiciones ($P > 0.05$). PC fue diferente entre condiciones, 10.08 - 10.16% en sombra vs 7.83% en sol ($P \leq 0.05$). FDN y FDA presentaron diferencias entre especies de gramíneas ($P \leq 0.05$), siendo mayor la FDN en *A. gayanus* (73.06%), seguida de *M. maximus* (71.22%) e *H. rufa* (67.88%). En tanto que, la FDA fue similar entre *A. gayanus* y *M. maximus* (39.93 y 39.40% , $P > 0.05$) y superior respecto a *H. rufa* (37.21% , $P \leq 0.05$). El contenido de lignina no presentó diferencias entre condiciones ni especies de pasto ($P > 0.05$). Para el presente estudio se concluye que el efecto de los árboles y su magnitud son variables a través del año, y están ligados a la disponibilidad de luz y agua, principalmente. Así como a las características propias de cada especie de árbol y gramínea asociadas.

²³⁶ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. *silvialopez@colpos.mx

²³⁷ Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

Palabras clave: asociación leñosas-herbáceas, interacciones biológicas, morfología de gramíneas y biomasa forrajera

Introducción

En regiones tropicales los sistemas pastoriles (SP) representan la forma más común de alimentación del ganado poligástrico, especialmente a pequeña y mediana escala. Los SP convencionales del trópico sub-húmedo y seco presentan dos grandes problemas: la estacionalidad en la producción de forraje y la baja calidad del mismo. Frente a ello, los sistemas silvopastoriles han sido identificados como una opción productiva sustentable (Steinfeld et al., 2006). Se ha reconocido que la base para un buen manejo del recurso forrajero es el conocimiento y la comprensión de los procesos fisiológicos de las gramíneas, pero poco se ha estudiado sobre todo el efecto del dosel de los árboles en la fisiología, morfología y producción de las gramíneas. El principal efecto negativo de los árboles sobre las gramíneas es la disminución de la luz incidente, sin embargo, se le han atribuido a los árboles un número mayor de efectos positivos, como mejoradores del microclima y de las propiedades físicas y químicas del suelo bajo sus copas. Cabe considerar que cada especie de árbol posee características distintivas como fenología y estructura de la copa, que aunado a las características expresadas por individuos bajo distintos ambientes crean condiciones específicas disponibles para su interacción con gramíneas. Por su lado, las gramíneas tropicales de ruta fotosintética C4, altamente demandantes de energía solar pueden responder de distinta forma a la sombra proyectada por los árboles; y esta respuesta será en función de la tolerancia a niveles bajos de luminosidad y la plasticidad fenotípica de cada especie.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del dosel de los árboles nativos *Vachellia pennatula* y *Lysiloma acapulcense* sobre la morfología, productividad y calidad nutritiva de las gramíneas *Megathyrsus maximus*, *Hyparrhenia rufa* y *Andropogon gayanus*, especies mayormente utilizadas y adaptadas al clima y suelo de la región del trópico seco, en la zona central del Estado de Veracruz. La identificación de la mejor asociación entre especies de árboles y gramíneas, será el referente para el uso de especies leñosas y herbáceas en ambientes con vegetación similar, con el objetivo de aminorar la baja productividad de forraje en los pastizales y mejorar su calidad.

Materiales y Métodos

Ubicación del estudio y sitio experimental. El estudio se llevó a cabo en la comunidad de Angostillo pertenece al Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz; la cual se ubica a 174 msnm, entre las coordenadas 19°22' latitud Norte y 96°35' longitud Oeste. Presenta lomeríos, suelos pedregosos, poco profundos y pobres. El clima es cálido sub húmedo del tipo AW0 y la precipitación es menor a 1000 mm anuales, distribuyéndose en verano entre los meses de junio y octubre (García, 2004).

El experimento se estableció en un potrero de 18 ha, donde el estrato superior está representado por árboles dispersos de *Vachellia pennatula*, *Lysiloma acapulcense*, *Guazima ulmifolia* y *Leucaena* spp., entre otras; y el estrato herbáceo se encuentra dominado por las gramíneas *Megathyrsus maximus*, *Hyparrhenia rufa* y *Andropogon gayanus*.

Diseño experimental. El diseño experimental fue completamente al azar con parcelas sub-subdivididas, donde los efectos aleatorios fueron los árboles y los muestreos dentro de cada época (secas, transición y lluvias). El experimento se conformó por 16 parcelas experimentales, diferenciadas en tres condiciones: sombra de *V. pennatula* (n=4), sombra de *L. acapulcense* (n=4) y sol (n=8). Cada parcela estaba conformada por 21 individuos de cada especie de las gramíneas: *M. maximus*, *H. rufa* y *A. gayanus* (n=3); contenidos en tres hileras. Para cada especie se seleccionaron las cinco macollas intermedias para su medición; eliminando el efecto de borde.

Procedimiento experimental. Las 16 parcelas experimentales se acondicionaron realizando limpieza manual y chapeo, días previos a la siembra de las gramíneas. El establecimiento de las gramíneas se realizó a través del trasplante de material vegetativo proveniente de la misma zona, manejado previamente en camas bajo riego para asegurar el máximo nivel de sobrevivencia. El trasplante de las macollas (5 cm de diámetro x 20 cm de alto) se realizó en julio de 2015, con una distancia entre plantas de 20 x 20 cm; incluyendo en cada parcela experimental 21 individuos para cada especie de gramínea. Se colocó malla borreguera alrededor de cada parcela experimental para evitar daño por el ganado.

Posteriormente, se hizo una nueva colecta, siembra (trasplante directo del área de extracción al sitio experimental) y riego de macollas a finales de agosto y otra en octubre. Se realizaron riegos diferenciados hasta la última semana de octubre en las plantas recién sembradas y en las que presentaban una apariencia desfavorable debido a la escasa precipitación durante el verano de 2015. En diciembre se procedió a la poda de los árboles leguminosos para eliminar el exceso de ramas y con ello el de sombra. Además, se eliminaron otros individuos leñosos cercanos a las parcelas que influían en la percepción de radiación de los pastos.

Se realizó un corte para uniformizar las macollas de todas las parcelas el 22 de enero del 2016, a partir del cual se concretó el inicio de las mediciones. Definiéndose la última semana de cada mes para monitorear la densidad del dosel y humedad en suelo; mientras las macollas no alcanzaran una altura entre 70 y 90 cm por arriba del suelo. En tanto que, cuando existiera biomasa forrajera acumulada a la altura deseada, se harían coincidir las mediciones de densidad del dosel, radiación fotosintéticamente activa y humedad en suelo con las mediciones de respuesta en las gramíneas, así como la cosecha de biomasa.

Con las primeras lluvias del 2016 y el rebrote de las gramíneas en la zona, se procedió a realizar una última colecta de material vegetativo de las tres especies de gramíneas en junio. Formaron macollas con las mismas características que las de los anteriores trasplantes; sin embargo, a éstas se les sembró en bolsas de vivero con riego diario hasta su día de trasplante al sitio experimental en julio de 2016.

VARIABLES Y SU MEDICIÓN EN EL SISTEMA. Se monitoreó mensualmente la humedad del suelo, la densidad de dosel y la radiación fotosintéticamente activa (RFA), con la finalidad de evaluar su comportamiento a través del año. La densidad del dosel se midió entre las 6:30 y 8:30 am con el equipo portable LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR Biosciences; Nebraska, USA), utilizando el lente de 270°. La RFA se midió en cada conjunto de gramíneas, por parcela y bajo las tres condiciones con el Sun Canopy Analysis System (delta-t devices ltd, Cambridge, Inglaterra). La medición de RFA se realizó entre las 12:00 y 14:00 horas, cuando la incidencia de luz es mayor. Para la determinación de humedad de suelo se colectaron dos muestras de suelo (de aproximadamente 50 g) distribuidas en cada parcela experimental, a una profundidad de 20 cm. El porcentaje de humedad se determinó mediante el método gravimétrico (NOM-021-RECNAT-2000).

VARIABLES DE RESPUESTA EN LAS GRAMÍNEAS. Se evaluaron variables morfológicas, productivas y de calidad nutritiva. Las variables morfológicas consideradas en el estudio fue el área foliar, longitud y ancho de hoja, número de hojas, área basal, altura de plantas y número de hijatos vivos. Área foliar, longitud, ancho de hojas y número de hojas se midieron con el equipo portable Area Meter LI-3000C; Lincoln, Nebraska USA. Las variables morfológicas se tomaron un día previo al corte de la biomasa forrajera.

Para determinar la productividad de las gramíneas se evaluó la biomasa aérea total (por arriba de los 20 cm sobre el suelo), realizada cuando las plantas alcanzaban una altura entre 70 y 90 cm. En la evaluación de la calidad nutritiva se determinó el contenido en porcentaje de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina. El contenido de PC se determinó por el método macro-Kjeldahl (AOAC 1980, 4.2.11); la FDN y FDA por el método de la bolsa de filtro Ankom y equipo Ankom (Ankom Technology, New

York, USA; Ankom, 2010). La lignina se midió por el método de precipitados con H₂SO₄ al 72% (AOAC 1997, 973.18) y bolsas de filtro.

Análisis estadístico. Todas las variables de respuesta se analizaron en el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 9.4, 2010, SAS Incorporation Institute, Cary, N. J., USA), utilizando el software PROC GLIMMIX bajo el modelo lineal mixto generalizado:

$$y_{ijklm} = \mu + \text{Época} (\text{No. de árbol} * \text{muestreo})_{i(lm)} + \text{Cond}_j + \text{Pasto}_k + \text{Cond} * \text{Pasto}_{jk} + \text{Época} * \text{Cond}_{ij} \\ + \text{Época} * \text{Pasto}_{ik} + \text{Época} * \text{Cond} * \text{Pasto}_{ijk} + \varepsilon_{ijklm}$$

Resultados y Discusión

Condiciones presentes en el sistema. La densidad de follaje de los árboles fue muy variable a través del año (2016). En los meses de enero a marzo, los valores de densidad disminuyeron, alcanzando valores de 0.29 y 0.23 m² de follaje por m³ de copa, para *V. pennatula* y *L. acapulcense*, respectivamente. A partir de abril comenzó una recuperación del follaje, alcanzo las densidades más altas durante la época de lluvias (1.91 y 2.22 m² m⁻³ para *V. pennatula* y *L. acapulcense*); para posteriormente disminuir progresivamente durante la época de transición hasta llegar a la última medición en febrero del 2017. En general, *L. acapulcense* mantuvo una mayor densidad de follaje a través del año evaluado.

Los rangos de valores más altos de RFA (1500 μmol m⁻² s⁻¹) fueron bajo condiciones de sol para las tres épocas. Bajo las dos condiciones de sombra, los niveles de RFA se mantienen por debajo de los 500 μmol m⁻² s⁻¹ durante lluvias y época de transición; presentando valores muy similares. En secas las especies de árboles presentan comportamiento diferencial al mantener *L. acapulcense* una radiación incidente por debajo de los 500 μmol m⁻² s⁻¹; mientras que *V. pennatula* presentó una RFA de alrededor de los 750 μmol m⁻² s⁻¹. Los niveles de humedad en suelo presentaron dos picos, uno en julio-agosto durante la época de lluvias (22.4, 24.7 y 21.5% para *V. pennatula*, *L. acapulcense* y sol, respectivamente) y otro en la época de transición, a principios de noviembre (21.5, 23 y 20.2%). Bajo el dosel de *V. pennatula* y en sol, los niveles más bajos de humedad fueron en mayo (4.7 y 4.6%) y en el inter febrero-marzo (4.9 y 4.8%); mientras que a la sombra de *L. acapulcense* los valores más bajos se presentaron en febrero, seguidos de marzo y mayo (6, 6.4 y 6.5%, respectivamente).

Morfología de las gramíneas. El área basal siempre fue superior bajo condiciones de sol para *A. gayanus* e *H. rufa* (P≤0.05), mientras que *M. maximus* no presentó diferencias entre condiciones para cada una de las épocas (P>0.05).

Se observó un efecto de la interacción época*condición*pasto para área foliar; destacando *M. maximus*, que durante lluvias obtuvo mayor área foliar en sombra (220.83 y 210.72 cm² g⁻¹ bajo *V. pennatula*, y *L. acapulcense*, respectivamente) frente a la observada en sol (176.21 cm² g⁻¹, $P \leq 0.05$). En nortes mantuvo su área foliar por arriba de los 30 cm² g⁻¹, sin presentar diferencias entre condiciones ($P > 0.05$) ni entre gramíneas, excepto bajo la sombra de *L. acapulcense*, donde fue superior a *A. gayanus* e *H. rufa* ($P \leq 0.05$). En lluvias el área foliar de *A. gayanus* fue mayor por arriba de un 20% al área foliar de *H. rufa* bajo las tres condiciones; mientras que en transición no existió diferencia entre estas dos especies bajo cualquier condición ($P > 0.05$).

La mayor longitud de hoja fue mayor durante lluvias y superior en *H. rufa* (185.28 cm, $P \leq 0.05$), respecto a *A. gayanus* y *M. maximus* (157 cm para ambas). En la interacción condición*pasto *H. rufa* tuvo mayor longitud de hoja que las otras dos especies en ambas condiciones de sombra ($P \leq 0.05$) y similar comportamiento que *A. gayanus* a pleno sol (alrededor de 120 cm, $P > 0.05$). El dosel de *L. acapulcense* contribuyó a aumentar la longitud de hoja en las tres especies de gramíneas, comparada con las otras dos condiciones ($P \leq 0.05$); solo *A. gayanus* no presentó diferencias bajo el dosel de *L. acapulcense* y sol (114.17 y 120.51 cm, $P > 0.05$). El ancho de hoja presentó diferencias entre especies de gramíneas, siendo mayor en *M. maximus* para la época de lluvias y transición; presentando diferencias bajo las tres condiciones sólo durante lluvias ($P \leq 0.05$). El ancho de hoja en *A. gayanus* fue superior a *H. rufa* para ambas épocas, pero no entre condiciones ($P > 0.05$).

La altura de las gramíneas fue diferente entre épocas, siendo *A. gayanus* superior en lluvias (84.73 cm, vs 68.22 y 81.52 cm para *H. rufa* y *M. maximus*, respectivamente. $P \leq 0.005$); mientras que en transición su altura fue similar a la de *H. rufa* (52.78 vs 50.83, $P > 0.05$). En secas no hubo diferencias para la altura entre gramíneas ($P > 0.05$). La altura de *A. gayanus* bajo el dosel de *L. acapulcense* fue similar a la presente en sol (54.73 y 59.66 cm $P > 0.05$). *Hyparrhenia rufa* y *M. maximus* no presentaron diferencias de su altura entre condiciones ($P > 0.05$), teniendo en promedio 50 cm.

El número de hijatos vivos fue superior a pleno sol para las tres especies de pastos ($P \leq 0.05$). *Andropogon gayanus* e *H. rufa* tuvieron más hijatos en lluvias, mientras que *M. maximus* no presentó diferencias entre épocas ($P > 0.05$).

Productividad y calidad nutritiva de las gramíneas. La biomasa forrajera total varió por la interacción gramínea*época*condición; la mayor producción de biomasa se obtuvo en lluvias y en sol, con la especie *A. gayanus* (187.22 g) superior ($P \leq 0.05$) a *H. rufa* (84.79 g) y *M. maximus* (82.05 g MS 0.8 m⁻²) que fueron similares ($P > 0.05$). La producción de *M. maximus* en condiciones de sol es comparable a la producida bajo el dosel de *V. pennatula* (63.11 g de MS 0.8 m⁻², $P > 0.05$). Bajo la sombra de *L. acapulcense* las tres especies de pasto tuvieron

similar comportamiento (53.02, 55.34 y 48.43 g de MS 0.8 m⁻² para *A. gayanus*, *H. rufa* y *M. maximus*, respectivamente. $P>0.05$). En época de transición y seca no hubo diferencias entre condiciones ni especies ($P>0.05$). La productividad anual de *A. gayanus* fue mayor en sol (10,702.75 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹, $P\leq 0.05$), *H. rufa* tuvo similar productividad en sol y bajo *L. acapulcense* (5,831.25 y 3,782.63 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente, $P>0.05$). En ambas condiciones de sombra la productividad se iguala para las tres especies de gramíneas ($P>0.05$). *Megathyrsus maximus* no presentó diferencias en su productividad entre las tres condiciones ($P>0.05$). El contenido de proteína cruda fue diferente entre condiciones, incrementándose por arriba de 20% en la biomasa cosechada bajo los árboles, respecto a la de pleno sol (10.08-10.16% vs 7.83%, $P\leq 0.05$). El contenido de FDN y FDA presentó diferencias entre especies de gramíneas ($P\leq 0.05$), siendo mayor la FDN en *A. gayanus* (73.06%), seguida de *M. maximus* (71.22%) e *H. rufa* (67.88%). En tanto que, la FDA fue similar entre *A. gayanus* y *M. maximus* (39.93 y 39.40%, $P>0.05$); y superior respecto a *H. rufa* (37.21%, $P\leq 0.05$). El contenido de lignina no presentó diferencias entre condiciones y especies de pasto ($P>0.05$).

El incremento en el área foliar de las gramíneas bajo los árboles, específicamente en *M. maximus* bajo el dosel de *L. acapulcense* ha sido descrito como resultado de aclimatación y adaptación a una baja irradiación, con el fin de captar más luz y maximizar el recurso (Lambers et al., 2008). En la misma zona, Quiroz (2017) reportó similar comportamiento en el área foliar de *M. maximus* para las épocas de lluvias y transición, manteniendo la mayor área foliar bajo sombra (*V. pennatula*). Asimismo, en época de lluvias encontró diferencias en el área foliar de *H. rufa* entre condiciones, siendo mayor bajo sol; pero sin diferencias durante la época de transición. La disminución de 30% hasta un 70% en la producción de biomasa en las condiciones de sombra respecto a la de sol durante lluvias obedeció a la presencia del máximo follaje en los árboles en la época y con ello la reducción en la luz disponible para las gramíneas. En tanto que la variación entre los árboles pudo estar relacionado a las características propias de la especie, entre ellas la densidad de dosel; además de la respuesta propia de cada gramínea a niveles bajos de luminosidad. Mientras que la falta de diferencias estadísticas en la biomasa producida entre las tres condiciones durante las épocas de transición y secas se explica por el comportamiento caducifolio de los árboles, el cual coincide con lo descrito por Camacho (2016) documentando un periodo intenso de caída de hojas durante los meses de febrero-marzo y una rápida transición de las yemas florales (formadas en marzo) a floración en abril. Cabe mencionar que, en sitios con marcada estacionalidad de lluvias, han sido reportados distintos efectos, tanto positivos (East y Felker, 1993) como negativos (Medinilla-Salinas et al., 2013) y neutros (Quiroz, 2017) en la biomasa de las gramíneas bajo el dosel de árboles. El incremento de la PC en las gramíneas mejoradas bajo sombra se atribuye al mejoramiento que pudo ocurrir de las propiedades

físico-químicas del suelo, el aumento de humedad en suelo y un microclima más favorable bajo el dosel de los árboles (Quiroz, 2017; Pentón y Blanco, 2001; East y Felker, 1993).

Conclusiones

1. La densidad de la copa de los árboles, influyó directamente en los niveles de luz presentes bajo ellos. *Lysiloma acapulcense* presentó mayor densidad de dosel y menor RFA bajo su copa a través del año. Así como los mayores contenidos de humedad en suelo.
2. La respuesta morfológica de cada gramínea a la sombra fue distinta: *M. maximus* incrementó su área foliar a través de una mayor longitud y ancho de hoja. *Hyparrhenia rufa* y *A. gayanus* presentaron mayor longitud de hoja ante niveles más bajos de luminosidad (sombra de *L. acapulcense*).
3. La reducción de luz bajo el dosel de los árboles tuvo efecto negativo en la producción de biomasa ($\text{g MS } 0.8 \text{ m}^{-2}$) en lluvias, siendo mayor a la sombra de *L. acapulcense*. Si bien, la productividad ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) de *A. gayanus* e *H. rufa* disminuyó en un 50% bajo sombra, *M. maximus* presentó similar comportamiento en sombra y el sol.
4. La calidad nutritiva de las gramíneas fue favorecida bajo el dosel de los árboles, incrementando su contenido de PC en un 20%; mientras que las diferencias en los contenidos de fibras fueron atribuidos al efecto de las especies de gramíneas.

Agradecimientos

Agradecimientos para CONACYT por el otorgamiento de beca para estudios de maestría; al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, especialmente académicos, compañeros y personal de campo que colaboraron en la realización del presente estudio. Gracias a Jorge Melchor por su apoyo para la realización de la investigación en su predio; al Dr. Jesús Jarillo Rodríguez y al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la UNAM, por el análisis químico del forraje y al Dr. Josafhat Salinas Ruiz por su apoyo en el análisis estadístico.

Literatura citada

ANKOM Technology. 2000. Instrument manuals. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/A2000_Manual.pdf [consultado el 10 de enero de 2017].

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Official method 973.18 fiber (acid detergent) and lignin in animal feed. In: Official method of analysis of AOAC international, 16th ed. Washington DC, USA.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official method 4.2.11 protein (crude) in animal feeds, forage (plant tissue), grain and oilseeds. In: C. Vanderzant and DF Splittstoesser (eds.) Official Methods of Analysis of AOAC International, 13th edn. Washington DC, EUA.

Camacho, M. E. 2016. Potencial de especies arbóreas multipropósito para integrarse en sistemas agroforestales. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 85 p.

Diario Oficial de la Federación. 2002. Segunda sección, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que describe las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf> [consultado el 16 de noviembre de 2015].

East, R. M. and P. Felker. 1993. Forage production and quality of 4 perennial grasses grown under and outside canopies of mature *Prosopis glandulosa* Torr. Var. *Glandulosa* (mesquite). *Agroforestry Systems* 22:91-110.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Instituto de Geografía- Universidad Nacional Autónoma de México. 90 p.

Lambers, H., F. S. Chapin III, and T. L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer Science+Business Media, LLC. New York, USA. 604 p.

Medinilla-Salinas, L., M. de la C. Vargas-Mendoza, S. López-Ortiz, C. Ávila-Reséndiz, W. B. Campbell and M. del C. Gutiérrez-Castorena. 2013. Growth, productivity and quality of *Megathyrus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems* 87(4):891-899.

Pentón, G. y F. Blanco. 2001. Influencia de la sombra de *Albizia lebeck* en la composición química del pastizal. *Pastos y Forrajes* 24(4):305-315.

Quiroz, M. S. 2017. Efecto del dosel de *Vachellia pennatula* en la fisiología, producción y calidad nutritiva de las gramíneas tropicales *Hyparrhenia rufa* y *Megathyrus maximus*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 70 p.

SAS Institute. 2010. SAS, enterprise guide. Versión 4.3.0. SAS Institute. Cary, NJ, USA.

RENDIMIENTO DE FORRAJE DE DIFERENTES ECOTIPOS DE *Brachiaria* spp. INTRODUCIDOS DE ÁFRICA A LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez Quiroz^{238*}, José Francisco Villanueva Ávalos²³⁹, Francisco Enrique Cab Jiménez²⁴⁰ y Jean Hanson²⁴¹

Resumen

El objetivo fue evaluar la adaptación y selección preliminar de diferentes ecotipos de *Brachiaria* spp., en clima cálido subhúmedo, las especies evaluadas fueron: uno ecotipo de *B. humidicola*, dos de *B. ruziziensis* y tres de *B. lachnantha* y tres de *B. nigropedata*, todos ellos procedentes del Banco de germoplasma de especies forrajeras del International Livestock Research Institute (ILRI) de África. Los materiales se establecieron en parcelas de 5 m lineales con una distancia entre plantas de 1 m y entre parcelas de 2 m en bloques completos al azar. El 3 de marzo de 2015 se realizó un corte de uniformización de los pastos y se midió la producción de forraje cada 60 días, para un total de seis cortes, hasta completar un año de evaluación, los cortes se realizaron a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. Las variables medidas fueron composición química y producción de forraje. El diseño experimental fue completamente al azar, en donde cada planta fue considerada como una repetición. Los resultados indican variaciones en la producción de biomasa y composición química entre especies y ecotipos, en donde los más altos rendimientos de biomasa acumulados se obtuvieron con los dos ecotipos de *B. ruziziensis* (1730 y 1748 g MS planta⁻¹) que fueron diferentes ($P>0.05$) al resto de los tratamientos. Los ecotipos más sobresalientes fueron: *B. ruziziensis* 13332D y 16697D, por obtener mayor rendimiento de biomasa y una composición química aceptable para la edad de rebrote de 60 días.

Palabras clave: pastos tropicales, materia seca, adaptación, composición química

²³⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional, Golfo Centro, Campo Experimental La Posta, enriquez.javier@inifap.gob.mx

²³⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional, Pacífico Centro, Campo Experimental Santiago Ixcuintla.

²⁴⁰ Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV).

²⁴¹ International Livestock Research Institute.

Introducción

El género *Brachiaria* cuenta con alrededor de 80 especies con origen esencialmente africano (Do Valle 1990a), en México, algunas especies de este género han cobrado mucho interés por sus capacidad forrajera y adaptación a diferentes ambientes y fácil manejo. Este género, tiene una amplia diversidad genética natural, la cual se encuentra recolectada y resguardada en bancos de germoplasma de al menos siete instituciones de investigación en el mundo, con un total de 687 accesiones de 21 especies (Keller-Grein et al., 1996). *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola*, se encuentra en México desde la década de los setentas y actualmente son las especies más sembradas en el área tropical del país, estas especies y cultivares han sido producto de la evaluación de la diversidad natural del germoplasma recolectado en sus centros de origen. En una evaluación de 343 accesiones, Do Valle (1990b) logró seleccionar 12 de ecotipos por su desempeño agronómico (mayor producción de materia seca foliar y resistencia a salivazo), los cuales fueron considerados como materiales clave que pudieran ser utilizados como progenitores para realizar mejoramiento genético o bien en evaluaciones bajo pastoreo para explorar su capacidad productiva con posibilidades de ser liberados en el mercado. Vallejos et al. (1989) evaluaron una colección de 136 ecotipos que incluían 10 especies del género *Brachiaria* en donde se encontraron amplias diferencias en rendimiento de materia seca, relación hoja tallo, contenido de proteína cruda, digestibilidad in vitro, altura y cobertura y tolerancia a plagas y enfermedades entre los ecotipos en estudio, reduciendo dicha colección a 32 ecotipos promisorios de seis especies. Lo anterior, confirma las bondades y ventajas de evaluar colecciones monoespecíficas de germoplasma en un ecosistema determinado ya que esto permite obtener un avance sustancial en el proceso de selección. La investigación que se ha realizado en los últimos años en diferentes especies del género *Brachiaria*, va encaminada a la selección de nuevos ecotipos, explorando otras especies que pueden tener atributos sobresalientes para un determinado ecosistema. Por lo anterior el objetivo del presente fue identificar materiales “elite” de diferentes especies del género *Brachiaria* con mayor adaptación al ambiente, composición química y rendimiento de forraje.

Materiales y métodos

Esta prueba se llevó a cabo en el Campo Experimental “La Posta” de Paso del Toro, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en las coordenadas que forman el paralelo 19° 02' de latitud Norte con el meridiano 96° 08' de longitud Oeste. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), el

clima en el área de influencia de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de 1337 mm, con 1379 mm de evaporación. La altitud es de 16 m.s.n.m. Los suelos son clasificados como vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y con un contenido de materia orgánica, de alrededor del 2.6%.

Los materiales en evaluación fueron nueve ecotipos, de los cuales tres correspondieron a *B. lachnantha*, tres de *B. nigropedata*, dos de *B. ruzizensis* y uno de *B. humidicola*, recolectados en su centro de origen en diferentes países de África los cuales forman parte de la colección del Banco de Germoplasma del ILRI (International Livestock Research Institute), ubicado en Addis Ababa, Etiopía. Las plantas se sembraron en charolas de poliestireno y posteriormente se trasplantaron a bolsas de vivero, las cuales una vez iniciado el temporal fueron establecidas seis plantas en un surco a una distancia de 1 m entre plantas y 2 m entre parcelas. El 3 de marzo de 2015 se realizó un corte de uniformización de los pastos y se midió la producción de forraje cada 60 días (seis cortes) hasta completar un año de evaluación, El corte se realizó a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. Se cosechó toda la planta para determinar producción de materia seca por planta. Se consideraron a cada una de las tres plantas muestreadas como una repetición. Se procesaron muestras de planta completa y en el Laboratorio de Alimentación y Nutrición del Campo Experimental La Posta, se determinó: proteína cruda (AOAC, 1990); las fracciones de fibra: Fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y Lignina (Van Soest et al., 1991). La información se analizó mediante un diseño completamente al azar con PROC GLM de SAS, y la comparación de medias en los casos pertinentes se utilizó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988; SAS Institute, 2003).

Resultados y discusión

La precipitación pluvial y temperaturas que prevalecieron en el sitio experimental durante la evaluación de los materiales se presentan en las Figura 1. La precipitación total registrada fue de 1113 mm, con una distribución normal de acuerdo a los meses del año, pero inferior en 200 a 250 mm, con relación al promedio general reportado para esta localidad. Las variaciones en la temperatura también fueron importantes, particularmente en los meses de diciembre a febrero, en el mes de enero se registró la temperatura media más baja de 14°C y las temperaturas media más alta del mes, se registraron en mayo con 34.6°C. Tanto la distribución de la precipitación como las variaciones de temperaturas registradas fueron similares a los promedios históricos para esta localidad, por lo que podría considerarse como un año normal.

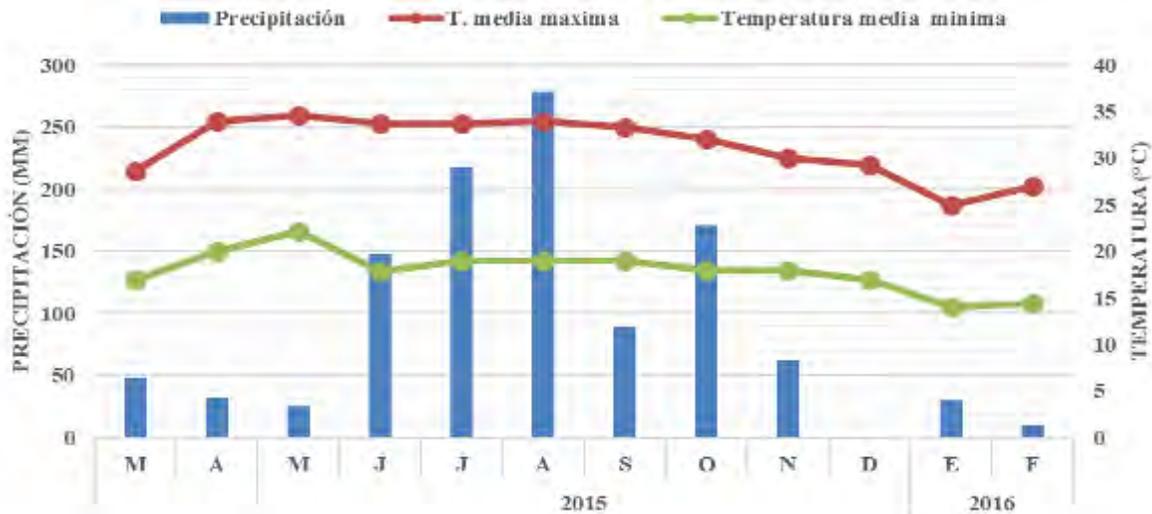


Figura 1. Condiciones climáticas registradas durante el desarrollo del experimento. (Fuente CONAGUA).

Producción de forraje. Los resultados de esta evaluación se presentan en el Cuadro 1, En donde se pueden observar variaciones en la producción entre especies, ecotipos y cortes, lo cual es producto de las diferencias entre las especies en evaluación y las variaciones climáticas a que fueron sometidas (Figura 1), al respecto solamente en el corte 2 no hubo diferencias ($P > 0.05$) en la producción de biomasa entre ecotipos, para el resto de los cortes se registraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. En forma general la mayor acumulación de biomasa la obtuvieron los dos ecotipos de *B. ruziziensis*, las cuales tuvieron el mayor rendimiento y ambas muy similares entre sí en producción de materia seca, con un rendimiento total acumulado de alrededor de $1750 \text{ g MS planta}^{-1}$. En cambio *B. humidicola* mostró un pobre comportamiento productivo, ya que desde un inicio se tuvieron problemas de germinación, que ocasiono un retrasó su establecimiento, sin embargo, actualmente está mostrando cambios con un desempeño mejor. Con respecto a las especies *B. Lachnantha* y *B. nigropedata*, son desconocidas en México y a nivel general, existen pocos reportes de su comportamiento agronómico, motivo por el cual se evaluaron tres ecotipos de cada una, en donde mostraron un desempeño variable entre ecotipos y menor a $1000 \text{ g MS planta}^{-1}$, el mayor rendimiento de forraje lo obtuvo *B. nigropedata* 16184D, con un total de $1142 \text{ g MS planta}^{-1}$, el resto de los ecotipos tuvo un comportamiento inferior. En forma general se puede indicar que *B. humidicola* es muy conocida en México por su versatilidad en la utilización, mientras que *B. ruziziensis*, también ha sido utilizada por los productores del trópico veracruzano, aunque no ha sido muy difundida, posiblemente por ser más exigente en cuanto a fertilidad de suelo. Cabe indicar que *B. lachnantha* y *B. nigropedata*, que son dos especies que no tuvieron una adaptación muy satisfactoria al ambiente de la región central de Veracruz, además de haber muy pocas evidencias de investigación que indiquen su comportamiento agronómico en el área tropical.

Cuadro 1. Producción de materia seca (g MS planta⁻¹) de diferentes especies y ecotipos de *Brachiaria* en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Especie	No. Ecotipo ILRI	MSC1	MSC2	MSC3	MSC4	MSC5	MSC6	MSTOT
<i>B. humidicola</i>	12470D	236 a	207 a	0 c	157 bcd	145 ab	71 a	815 bc
<i>B. lachnantha</i>	13442D	105 b	119 a	269 bc	42 d	37 b	0 c	571 c
<i>B. lachnantha</i>	13412D	112 ab	135 a	149 bc	165 bcd	65 b	23 ab	650 bc
<i>B. lachnantha</i>	13446D	146 ab	130 a	364 b	166 bc	61 b	15 ab	883 bc
<i>B. nigropedata</i>	16184D	154 ab	242 a	264 bc	200 abc	226 a	55 ab	1142 b
<i>B. nigropedata</i>	16171D	172 ab	204 a	318 bc	168 bc	42 b	26 ab	930 bc
<i>B. nigropedata</i>	16220D	128 ab	188 a	232 bd	125 cd	98 ab	43 ab	813 bc
<i>B. ruziziensis</i>	13332D	124 ab	132 a	1016 a	298 a	136 ab	24 ab	1730 a
<i>B. ruziziensis</i>	16697D	143 ab	166 a	970 a	272 ab	132 ab	63 a	1748 a

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Composición química. Con respecto a este apartado, los materiales en general tuvieron un comportamiento que vario entre épocas, tal como se observa en el Cuadro 2. Para la época de lluvias no hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre ecotipos en FDA y FDN, sin embargo, los valores obtenidos son altos en relación a los reportados por Juárez et al. (2005), quienes indican valores de 65 y 68% en FDN en pasto Mulato y Estrella, respectivamente. En esta época hubo diferencias ($P > 0.05$) entre ecotipos en proteína con variaciones de 7.4 a 12%. En la época seca solamente se detectaron diferencias entre tratamientos para FDN con valores de 65 a 71%, a esta edad de rebrote, estos valores casi coinciden con lo reportado por Juárez et al. (2005), como se señaló anteriormente. Los valores de proteína son considerados como altos para esta edad de rebrote, ya que *B. lachnantha* 13442 obtuvo 12 y 13.1%, en las épocas de lluvias y seca, respectivamente, con relación a esto, Juárez et al. (2005), reportan valores de 10.36 y 7.04% para Mulato y Estrella, respectivamente, dichas diferencias pueden deberse a que *B. lachnantha* posee una arquitectura de planta diferente al resto de los materiales evaluados, tales como una alta proporción de hojas y pocos tallos, es decir, la materia seca está compuesta casi exclusivamente de hojas.

Cuadro 2. Composición química de diferentes especies y ecotipos de *Brachiaria* spp en dos épocas del año en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Especie	No. Ecotipo ILRI	Época de Lluvias				Época Seca			
		PC	FDN	FDA	LIG	PC	FDN	FDA	LIG
<i>B. lachnantha</i>	13442D	12.0 a	74 a	40 a	6.0 a	13.1 a	67 c	36 a	9.1 a
<i>B. lachnantha</i>	13412D	9.8 bc	75 a	41 a	4.3 b	12.2 a	67 c	37 a	7.8 a
<i>B. lachnantha</i>	13446D	11.2 ab	76 a	39 a	4.3 b	12.2 a	69 bc	37 a	9.0 a
<i>B. nigropedata</i>	16184D	10.0 bc	78 a	43 a	6.1 a	14.1 a	71 ab	37 a	9.0 a
<i>B. nigropedata</i>	16171D	8.7 cd	78 a	42 a	6.3 a	12.6 a	71 ab	36 a	9.1 a
<i>B. nigropedata</i>	16220D	10.6 ab	75 a	40 a	6.4 a	11.9 a	73 a	37 a	9.3 a
<i>B. ruzizensis</i>	13332D	7.4 cd	77 a	43 a	6.2 a	11.9 a	65 c	33 b	8.1 a
<i>B. ruzizensis</i>	16697D	7.4 d	77 a	43 a	5.9 a	11.6 a	65 c	33 b	8.1 a

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Conclusiones

Los ecotipos más sobresalientes fueron: *B. ruzizensis* 13332D y 16697D, por obtener mayor rendimiento de biomasa y una composición química aceptable para la edad de rebrote de 60 días.

Literatura citada

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. USA.

Do Valle, C. 1990a. Colecao de germoplasma de especies de *Brachiaria* No CIAT: estudos básicos visando oa melhoramento genético. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria-EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Gado de Corte CNPGC. Campo Grande, MS. Brasil. Documento 48. 33 p.

Do Valle C. 1990b. Selecao e melhoramento de gramineas do genero *Brachiarias* perspectivas de lancamento. In: Peres, R. M., P. B. Alcantara, C. Justo, E. Tolfo, C. L. C. Camargo, C. A. Pereira et al. (eds.) Encontro sobre producao de sementes de plantas forrageiras 4, Sao Jose do Rio Preto Brasil. 16 p.

García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.

Juárez, L. F. I., M. Montero L., C. Serna G., F. Alpírez M. y E. G. Canudas L. 2005. Evaluación nutricional de gramíneas forrajeras tropicales para bovinos en el centro del estado de Veracruz. p. 195-205. In: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano 2005. Libro Científico No. 2. Veracruz, México.

Keller-Grein, G., B. Mass L. and J. Hanson J. 1996. Natural variation in Brachiaria species. p 16-42. In: Miles, J. W., B. L. Mass and C. B. do Valle. (eds.) Brachiaria Biology, Agronomy and Improvement. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT Publication No. 259).

SAS Institute. 2003. SAS language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 2a ed. Mc. Graw Hill.

Vallejos, A., E. A. Pizarro, C. Chávez, D. Pezo y P. Ferreira. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1 Ecotipos de Brachiaria. Pasturas Tropicales 11(2):2-9.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition, J. Dairy Sci. (74):35-83.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO MARALFALFA Y MOMBAZA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO VS MANEJO TRADICIONAL EN VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez Quiroz^{242*}, Francisco I. Juárez Lagunes²⁴³, Francisco Enrique Cab Jiménez²⁴⁴ y Maribel Montero Lagunes²⁴²

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue comparar el efecto de la fertilización + riego (F+R) vs manejo tradicional (MT), de los pastos Maralfalfa *Pennisetum* sp. y Mombaza *Megatyrus maximus*, sobre el rendimiento de forraje durante el año, en clima cálido subhúmedo. Las parcelas midieron 12.5 m² con 1 m² de área de muestreo. Se fertilizó con la dosis 250- 60, kg ha⁻¹ de N y P, se aplicó todo el P y 25 kg de N ha⁻¹ después de cada corte; el riego por goteo se aplicó dos veces por semana en las épocas de nortes y seca. Se determinó el rendimiento de materia seca (MS), cosechada cada 35 días. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande fueron las especies de pasto y la chica el manejo tradicional y fertilización + riego; con tres repeticiones. Los resultados indican que no hubo diferencias ($P>0.05$) en producción de forraje entre los dos pastos evaluados, pero si hubo diferencias ($P\leq 0.05$) en el manejo (fertilización y riego vs manejo tradicional) en donde los resultados del tratamiento con fertilización y riego fue diferente en todos los cortes realizados, así como entre épocas de evaluación. La producción anual acumulada fue de 27,088 vs 8,087 kg ha⁻¹ de materia seca para Mombaza y de 27,399 vs 17,588 kg ha⁻¹ para Maralfalfa, lo cual es una ventaja palpable del uso de esta tecnología para incrementar la producción de biomasa forrajera y alimentar un mayor número de animales por hectárea.

Palabras clave: fertilización, riego, materia seca, *Pennisetum*, *Megatyrus*

²⁴² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional, Golfo Centro, Campo Experimental La Posta, enriquez.javier@inifap.gob.mx

²⁴³ Universidad veracruzana. Facultad de Veterinaria.

²⁴⁴ Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV).

Introducción

En el trópico mexicano, uno de los principales problemas del ganado en pastoreo es la subalimentación, en esta región la producción de leche y carne de bovino se basa fundamentalmente en el pastoreo y en donde la producción y calidad del forraje tiene un efecto directo sobre la producción animal, ya que es la principal fuente de energía y proteína. Diversos factores afectan la producción y calidad del forraje, los más importantes son la especie y variedad del mismo, estado fenológico al momento de la cosecha, fertilidad del suelo, las prácticas agronómicas de fertilización y riego, además factores climáticos (temperatura ambiental, precipitación pluvial, duración del día, etc.), que determinan variaciones estacionales en la producción y calidad nutricional (Ortega et al., 2009). En el estado de Veracruz, en los últimos años se ha incrementado la oferta nuevas especies y cultivares de pastos, algunos de ellos incluidos el Maralfalfa *Pennisetum* sp., y Mombaza *Megatyrus maximus*, se dispone de poca información técnica actualizada sobre su adaptación y productividad bajo cierto tipo de manejo, por lo que la necesidad de seleccionar la especie idónea acompañada de las prácticas agronómicas para cada región, es un requisito indispensable para mantener la más alta productividad de la empresa ganadera (Enríquez et al., 2011). Así mismo, factores ambientales adversos como bajas temperaturas, alta nubosidad, vientos fuertes, días más cortos que ocurren de noviembre a febrero (época de nortes); al igual que la escasa o nula disponibilidad de humedad en el terreno por falta de lluvias de marzo a mayo, (época seca), son factores que repercuten en un menor desempeño en el crecimiento de las plantas. Situación que limita el desarrollo del ganado en la región central del golfo de México. Por lo anterior, el objetivo del presente, fue evaluar la producción de forraje de los pastos Maralfalfa y Mombaza con fertilización + riego (F+R) y sin fertilización ni riego o manejo tradicional (MT) durante un año.

Materiales y métodos

Esta prueba se llevó a cabo en el Campo Experimental “La Posta” de Paso del Toro, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en las coordenadas que forman el paralelo 19°02' de latitud Norte con el meridiano 96°08' de longitud Oeste. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), el clima en el área de influencia de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de 1337 mm, con 1379 mm de evaporación. La altitud es de 16 m.s.n.m. Los suelos son clasificados como vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y con un contenido de

materia orgánica, de alrededor del 2.6%. Se evaluaron los pastos Maralfalfa *Pennisetum* sp. y Mombaza *Megatyrus maximus*, y el efecto de la fertilización + riego (F+R) vs manejo tradicional (MT). Las parcelas tuvieron dimensiones de 12.5 m², con un área de muestreo 1 m², para cada uno de los tratamientos. Las gramíneas recibieron una fertilización de 250-60-00, kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, P y K, de los cuales, se aplicaron 25 kg ha⁻¹ de N al inicio de la época de lluvias después del corte de uniformización, posteriormente se aplicarán 25 kg de N después de cada corte, el fosforo se aplicó en una sola ocasión al inicio de la época de lluvias. De diciembre a mayo, a las parcelas fertilizadas se les aplicó riego por goteo dos veces por semana procurando dejar el suelo a capacidad de campo. La cosecha se realizó cada 35 días a una altura de corte de 30 cm del suelo para ambas especies. Se tomó una submuestra de 200 g de cada parcela, las cuales se secaron en una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante. Variables medidas: Producción de materia seca por corte, estacional y anual de los pastos Maralfalfa y Mombaza. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la especie o cultivar forrajero y la subparcela el manejo (F+R) vs (MT). La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con una P ≤ 0.05.

Resultados y discusión

La precipitación pluvial y temperaturas que prevalecieron en 2011 y 2012, durante el periodo experimental, se muestran en la Figura 1.

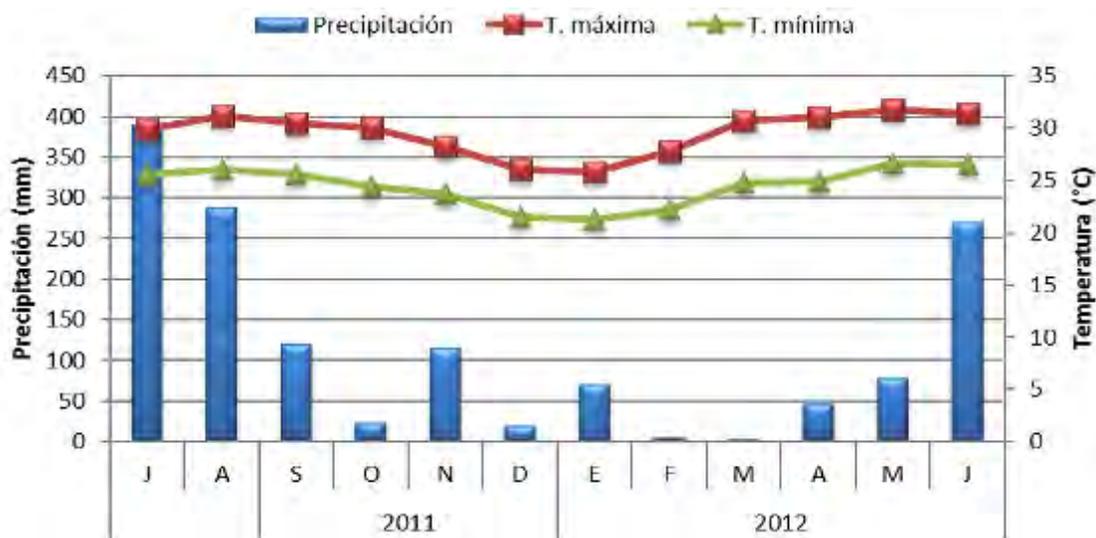


Figura 1. Condiciones climáticas durante 2011 y 2012 en Paso del Toro, Veracruz. (Fuente: CONAGUA).

En la época de lluvias se registraron 830 mm, en nortes 203 mm y en la época seca 189 mm, ocurridos en un periodo de 140 (junio a noviembre), 105 (noviembre a marzo) y 105 días (marzo a junio), respectivamente, lo que se reflejó en la producción de los pastos evaluados. Las variaciones en la temperatura también fueron importantes, particularmente en los meses de diciembre a febrero, tiempo durante el cual ocurren bajas temperaturas que en ocasiones llegaron a los 17.5°C, las cuales limitan el crecimiento de los pastos.

La producción de biomasa por corte de evaluación se muestra en el Cuadro 1, en donde se observa que no hubo diferencias ($P>0.05$) entre las variedades de pastos evaluados en ninguno de los cortes realizados, es decir, estos pastos tuvieron una respuesta similar en el ambiente y manejo a que fueron sometidos. Sin embargo, al comparar el efecto de la fertilización y el riego en comparación con el manejo tradicional, los resultados fueron diferentes ($P\leq 0.05$) en favor de la fertilización y riego para todos los cortes realizados, tal como se muestra en el Cuadro 2, con variaciones entre cortes producto de las condiciones ambientales como temperatura y precipitación.

Cuadro 1. Producción de materia seca (kg ha^{-1}) por corte de dos especies de pastos, en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Cultivar	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6	Corte 7	Corte 8	Corte 9	Corte 10
Mombaza	3490a	2052a	3421a	1052a	1716a	1778a	1470a	2485a	2709a	2318a
Maralfalfa	2375a	1897a	2542a	986a	1997a	1215a	1454a	1833a	2106a	2180a

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P\leq 0.05$).

Cuadro 2. Producción de materia seca (kg ha^{-1}) por corte de dos especies de pastos, en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6	Corte 7	Corte 8	Corte 9	Corte 10
Fertilizado + Riego	3753a	2346a	3656a	1449a	1993a	2240a	2238a	3483a	3259a	2824a
Sin fertilizar.	2113b	1603b	2307b	589b	719b	753b	686b	836b	1557b	1673b

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P\leq 0.05$).

En el Cuadro 3 se agrupan los resultados obtenidos para cada uno de los tratamientos por época, en donde hubo diferencias ($P\leq 0.05$) entre los dos tratamientos y épocas, los resultados se presentan para cada uno de los pastos de manera individual, en donde se aprecia que para Mombaza el efecto de la fertilización y el riego fue significativo ($P\leq 0.05$) en todas las épocas de evaluación y para el total acumulado, mientras que para el pasto Maralfalfa las diferencias entre las prácticas de manejo sólo se dieron en la época de lluvias.

Cuadro 3. Producción de materia seca (kg ha⁻¹) estacional de dos especies de pastos, en Paso del Toro, Veracruz.

Especie	Lluvias	Nortes	Seca	Total
Mombaza + FR	10,346 a	6,303 a	10438 a	27,088 a
Mombaza MT	5255 b	1028 b	1803 b	8087 b
Maralfalfa + FR	12063 a	6641 a	8695 a	27399 a
Maralfalfa MT	7970 b	3287 a	6330 a	17588 a

Medias en la misma columna en cada pasto con diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

La respuesta en la producción de forraje de los pastos evaluados sobre la práctica de fertilizar y regar en las diferentes épocas, contra el manejo tradicional, sin realizar ninguna de esas dos practicas se presenta en el Cuadro 4, en donde se observan diferencias ($P \leq 0.05$) entre los dos manejos de la pradera, prácticamente en todas las épocas del año y de manera contundente en la producción acumulada. Lo anterior hace evidente que el suelo en el cual se desarrolló la prueba requiere de la aportación de nutrimentos para que los pastos manifiesten su potencial de producción de biomasa, y esto, sumado al suministro de agua, en las épocas en que ocurre un déficit de humedad por falta de precipitación, situación que magnifica más el rendimiento de las especies, lo que posiblemente se reflejará en una mayor capacidad de carga de las praderas y por consiguiente mayor producción animal por unidad de superficie. De manera contraria, en la época de nortes y seca, el tratamiento tradicional sin fertilización ni riego, el crecimiento se restringió ampliamente tal como lo han documentado Enríquez y Romero (1999) y Meléndez et al. (2006), quienes indican que las bajas temperaturas, días más cortos, alta nubosidad y la falta de precipitación, propician disminución en el crecimiento de los pastos y bajas tasas de crecimiento, situación que predomina y provoca la escases de forraje para el ganado en pastoreo durante las épocas de nortes y seca.

Cuadro 4. Respuesta de la fertilización y riego en la producción de forraje (kg ha⁻¹) por época y anual en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Tratamiento	Épocas del año			Total acumulado
	Lluvias	Nortes	Seca	
Fertilizado + Riego	11205 a	6472 a	9567 a	27244 a
Sin fertilizar	6613 b	2158 b	4067 b	12838 b
% de incremento	69	199	135	112

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Conclusiones

1. La fertilización más el riego produjo incrementos de 69, 199 y 135% en la producción de forraje, en las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente, y 112% considerando la producción de forraje acumulada, con relación al manejo tradicional, sin fertilizar y sin riego.
2. Estas prácticas de manejo incrementan la producción de forraje particularmente en las épocas de mayor deficiencia de forraje para la alimentación animal.

Literatura citada

Enríquez, Q. J. F. y J. Romero M. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33(2):141-148.

Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y Manejo de Forrajes Tropicales. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental La Posta. Libro Técnico Núm. 28. Veracruz, México. 404 p.

García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.

Meléndez, N. F., J. A. González M. y J. Pérez P. 2006. Manejo tecnológico del pasto Estrella Africana en el trópico. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tab., México 79 p.

Ortega, R. L., J. F. Enríquez Q. e I. López G. 2009. Producción Sustentable de Forrajes Tropicales. p 19-49. In: Román P. H., L. Ortega R., L. Hernández A., E. Díaz A., J. A. Espinosa G., G. Núñez H. et al. (comps). Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. Version 9.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.

EFFECTO DE ESPECIE Y EDAD AL CORTE DE CINCO GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS A HUEYTAMALCO, PUEBLA, SOBRE LAS FRACCIONES DE PROTEÍNA

José de Jesús Mario Ramírez González^{245*}, Francisco A. Castrejón Pineda²⁴⁶, y Luis Corona Gochi²⁴⁶

Resumen

Se evaluó el efecto de especie y edad al corte sobre fracciones de proteína en 5 gramíneas: Estrella de África (EA, *Cynodon plectostachyus*), Mombasa (MO, *Panicum maximum*), Chetumal (CH, *Brachiaria humidicola*), Insurgente (IN; *Brachiaria brizantha*), Mulato (MU, *Brachiaria brizantha* x *Bruziziensis*), en arreglo en parcelas divididas; La grande, la gramínea y la chica, la edad de corte (21, 28 y 35 días), y cuatro repeticiones. Las muestras se obtuvieron en lluvias (mayo-septiembre) en el S. E. "Las Margaritas", en Hueytamalco, Puebla con clima subtropical húmedo Af (c), a 450 msnm. Las parcelas de 3x6 m se uniformizaron, posterior al corte de uniformización se obtuvo el material vegetativo realizando el corte a 5 cm del suelo dentro de un cuadrante de 1 m². La muestra se deshidrató en estufa de aire forzado continuo a 55°C y molió en molino Wiley con criba de 1 milímetro (mm). Se determinó; contenido de PB y fracciones A, B1, B2, B3 y C de proteína según propuesta de la Universidad de Cornell (CNCPS). Los resultados se analizaron por medio del análisis de varianza, la prueba de medias para especie con Tukey, y el efecto de edad por polinomios ortogonales (SAS). Hubo efecto ($P < 0.05$) de la interacción especie*edad sobre el contenido de A1 y B1. El contenido de PB fue similar ($P > 0.05$) para especies se situó entre 7.25% en IN y 8.50% en MU. El % de las fracciones de proteína A, B1 y B3 se encontró diferencia altamente significativa entre especies ($P < 0.01$) y las fracciones B2 y C no significativa ($P > 0.05$). Para la edad al corte las fracciones B1 y C tuvieron distintas concentraciones ($P < 0.01$), B2 fue significativa ($P < 0.05$) y A y B3 no significativa ($P > 0.05$). La interacción gramínea x edad al corte fue significativa ($P < 0.01$) para las fracciones A y B1; en cambio en las fracciones B2, B3 y C la interacción no fue significativa ($P > 0.05$). Se concluye que las gramíneas evaluadas presentan cambios en contenido de fracciones de proteína particulares a cada especie y estos dependen de la edad al corte.

Palabras clave: especies, gramíneas, fracciones de proteína

²⁴⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Sitio Experimental Las Margaritas.

²⁴⁶ Departamento Nutrición Animal y Bioquímica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de México. ramirez.jose@inifap.gob.mx

Introducción

La ganadería en México desde sus inicios se ha desarrollado como una actividad predominante extensiva, y los pastos naturales han sido la base de la alimentación animal. Al animal se le dejaba por largos periodos de tiempo para alimentarse en las praderas naturales, hasta alcanzar el peso adecuado para ser vendido. Este tipo de ganadería fue eficiente para las demandas anteriores, pero la demanda actual exige incrementar la producción con base en la disponibilidad de pastos de buena calidad, la escasez de estos es una de las principales limitantes para optimizar la alimentación y producción animal (Peralta et al., 2007). Por esto la introducción de nuevas especies y variedades de pastos tropicales, es una forma de contribuir al desarrollo tecnológico, para poder establecerlas en praderas y así obtener una mejor producción de forraje de buena calidad todo el año y con un menor costo de producción. (Mena et al., 2007). En cuanto al contenido de nutrimentos, en la actualidad, los forrajes deben ser evaluados en función a las fracciones de la proteína, debido a que cada fracción tiene distinto sitio y velocidad de fermentación o digestión. De acuerdo con los investigadores de la Universidad de Cornell (Licitra, 1996), la fracción A corresponde al nitrógeno no proteínico (NNP), la fracción B1 es la proteína verdadera soluble que se fermenta rápidamente en el rumen, la fracción B2 es proteína verdadera que se fermenta lentamente en el rumen, la proteína B3 corresponde a proteína de sobrepaso (protegida de la fermentación del rumen por estar entre las capas de pared celular) y es digerida en el intestino, y la fracción C que corresponde a la proteína completamente indigestible (ligada a la FDA). Por la importancia que representa la introducción de nuevas especies forrajeras que mejor se adapten a las condiciones climáticas y edáficas de una localidad o región, se deben estudiar a fondo dichas especies forrajeras, así como sus características nutritivas y el comportamiento de esa composición al cambiar la edad de la planta, en las diferentes zonas en las que son introducidas, asimismo no se encontró una cantidad suficiente de estudios sobre el efecto que produce la edad al corte sobre las fracciones (A, B1, B2, B3 y C) de la proteína, por tal razón se realizó la presente investigación.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental “Las Margaritas” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el km 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, en el Estado de Puebla. Ubicado a 19°45' 23.75" latitud norte y 97°17' 02.76" longitud oeste, a una altura de 450-550 msnm. En las estribaciones de

la Sierra Nororiental de Puebla, en una zona de transición entre clima templado y tropical. El clima corresponde al tipo A(f)c y se caracteriza por presentar una precipitación pluvial de 2,960 mm promedio anual y temperatura media de 21°C, con valores extremos de 31°C como máxima y 6°C como mínima y una humedad relativa del 90%. La distribución de las lluvias comprende de junio a mediados de octubre (80%); de octubre a mediados de febrero se presentan los llamados “nortes” o época invernal; y entre febrero y junio ocurre la época de menor precipitación. El relieve de la región es accidentado, en su mayoría con pendientes de 10-35%. Los suelos están caracterizados como Ultisoles y Oxisoles, con textura migajón arcillo-arenosa, de color café claro a café oscuro; el pH es ácido de 4.5 a 5.5. La vegetación natural está constituida por Selva Mediana y Bosque de encino tropical que al perturbarse induce la aparición de gramas nativas, principalmente de los géneros *Axonopus* spp. y *Paspalum* spp.

Las muestras se obtuvieron del jardín de introducción para la evaluación de gramíneas del S.E. Las Margaritas. Después de la preparación del suelo con barbecho, paso de rastra y surcado a 0.7 m entre surco y surco, se trazaron parcelas de 3 x 6 m. Las parcelas de Estrella de África se sembraron con material vegetativo, las cuatro restantes fueron generadas en invernadero y posteriormente fueron trasplantadas (mismo número de cada especie por parcela) a 25 cm entre plantas 70 cm entre surcos. Una vez establecidas, se realizó el corte de uniformidad, en la época de lluvias (junio a octubre de 2009), se eliminó un metro de cada lado de la parcela para evitar efecto de orilla, y del centro se obtuvo con un cuadrante de metal (1 m²) el material vegetativo correspondiente a las siguientes gramíneas: estrella de África (*Cynodon plestostachyus*), Mombasa (*Panicum maximum*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), Chetumal (*Brachiaria humidicola*), Mulato (*Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*); estas se cosecharon a los 21, 28 y 35 días de rebrote, colocando siempre el cuadrante en el mismo orden; las alturas de corte de las especies de crecimiento bajo: estrella de África y Chetumal, fue a 10 cm del suelo y en las especies semi-amacolladas: Insurgente y Mulato y Mombasa fue a 20 cm. El material se fue deshidratado en estufa de aire forzado continuo a 55°C y molido en molino Wiley (Modelo 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) con criba de 1 mm. Las muestras obtenidas, se analizaron en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de México. (FMVZ-UNAM), se realizó la determinación de fracciones de la proteína (A, B1, B2, B3 y C) en los forrajes del estudio, para calcular estas, fue necesario primero analizar el contenido en porcentaje (%) de nitrógeno total, nitrógeno insoluble a través de la técnica de Krishnamoorthy et al., (1982) y expresarlo en términos de proteína, N*6.25 (% PINS); en la parte soluble determinar el % de proteína verdadera soluble (% PVS) a partir de la técnica de Krishnamoorthy et al., (1982); además, analizar el N presente en el residuo de la FDN y FDA

y con los resultados calcular ($N \times 6.25$) la PB ligada al residuo de FDN (% PBFDN) y PB ligada al residuo de FDA (% PBFDA), (Licitra, et al., (1996).

Con esos resultados se calcularon las fracciones de la proteína en la siguiente forma propuesta por Licitra et al., (1996):

- % Fracción A = % PB - % PINS - % PVS.
- % Fracción B1 = % PVS.
- % Fracción B2 = % PINS - % PBFDN.
- % Fracción B3 = % PBFDN - % PBFDA.
- % Fracción C = % PBFDA.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande fue la especie o pasto y la parcela chica la edad de cosecha, con cuatro repeticiones. Los resultados se analizaron por medio del análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey, el efecto de edad por polinomios ortogonales (SAS).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra la composición de PB para los cinco cultivares y edad al corte. El contenido de PB fue similar ($P > 0.05$) para las especies y el intervalo se situó entre 7.25% de Insurgente y 8.50% registrado en mulato; estos resultados en cuanto a la cantidad fueron similares a los reportados por De la Luz et al., (2014) en las mismas especies cosechadas en “La Posta, Paso del Toro, Ver., sin embargo, en aquel estudio si se registró diferencia ($P < 0.05$) entre especies. En cuanto a edad no hubo ($P > 0.05$) efecto de esta sobre el contenido de PB, este resultado difiere del reportado por De la Luz et al. (2014), indicando que las diferencias en las condiciones meteorológicas de ambos centros de investigación producen distinta respuesta en el contenido de PB de las gramíneas estudiadas.

La composición de las fracciones de proteína en las muestras de gramíneas del presente estudio, se muestra en el Cuadro 2. El porcentaje de las fracciones de proteína A, B1 y B3 presentó diferencia altamente significativa entre especies ($P < 0.01$) y las fracciones B2 y C no significativa ($P > 0.05$). Para la edad al corte las fracciones B1 y C tuvieron distintas concentraciones ($P < 0.01$), B2 fue significativa ($P < 0.05$) y A y B3 no significativa ($P > 0.05$). La interacción gramínea x edad al corte fue significativa ($P < 0.01$) para las fracciones A y B1; en cambio en las fracciones B2, B3 y C la interacción no fue significativa ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) para proteína bruta (PB), según efectos de cultivares, frecuencia de rebrote y tratamientos individuales, y pruebas de contrastes.^{1/} Tukey.^{2/}

CULTIVAR		% PB			
Mulato		8.50 a			
Estrella de África		8.00 a			
Chetumal		7.66 a			
Mombasa		7.58 a			
Insurgente		7.25 a			
*Tratamiento individual	% PB	Tratamiento individual	% PB	Tratamiento.	% PB
MU 28 d	9.25 a	EA 28 d	8.00 a	IN 28 d	7.25 a
MO 21 d	8.75 a	MU 35 d	7.75 a	CH 21 d	7.25 a
EA 21 d	8.75 a	CH 28 d	7.75 a	IN 35 d	7.25 a
MU 21 d	8.50 a	EA 21 d	7.25 a	MO 35 d	7.25 a
CH 35 d	8.00 a	IN 21 d	7.25 a	MO 28 d	6.75 a
Contrastes; Frecuencia de rebrote					
Efecto lineal	NS	Efecto cuadrático	NS		

^{1/} EA: Estrella de África; In: Insurgente; Mu: Mulato; Ch: Chetumal; Mo: Mombasa; d: días; NS: no significativo.

^{2/} literales diferentes dentro de cultivares, frecuencias de rebrote o tratamientos individuales indican diferencia estadística ($P < 0.05$); *: tratamiento.

En la fracción (A) Chetumal registró el mayor porcentaje (25.83%), siendo muy diferente a Estrella de África (11.83 %); en la fracción (B1) Mombasa alcanzo el mayor porcentaje (18.58%), siendo muy diferente a Mulato (11.41%); en la fracción (B2) Insurgente registró el mayor porcentaje (13.91%), siendo muy diferente a Chetumal (9.33 %); en la fracción (B3) Insurgente obtuvo el mayor porcentaje (25.91%), siendo muy diferente a Chetumal (12.83%) y en la fracción (C) Estrella de África alcanzo (41.75%), siendo muy diferente a Mulato (32.66%). Los resultados de la presente investigación en cuanto a la proporción que cada fracción tiene, respecto al contenido de proteína total, son similares a los que las mismas gramíneas registraron en estudio similar realizado en, Paso del Toro, Ver., no obstante, se obtuvieron algunas diferencias en cuanto al efecto de la distinta edad al corte debido, como ya se indicó, a los factores climatológicos distintos entre ambas localidades de estudio.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), para fracciones de proteína, según efectos de cultivares, frecuencia de rebrote, tratamientos, y pruebas de contrastes.^{-1/}

Concepto	Fracciones de Proteína (%) ^{2/}									
	A		B1		B2		B3		C	
Cultivar	CH	25.83 a	Mo	18.58 a	In	13.91 a	In	25.91 a	EA	41.75 a
	MU	19.50 ab	EA	16.75 ab	Mo	12.66 a	Mu	24.16 ab	Mo	35.58 a
	MO	13.83 b	Ch	13.91 bc	Mu	12.25 a	EA	18.25 ab	Ch	38.16 a
	IN	13.08 b	In	13.58 bc	EA	11.25 a	Mo	16.25 ab	In	33.25 a
	EA	11.83 b	Mu	11.41 c	Ch	9.33 a	Ch	12.83 b	Mu	32.66 a
Frecuencia de rebrote	35d	17.65 a	35 d	17.40 a	35d	15.30 a	21d	22.60 a	21d	41.75 a
	21d	16.60 a	28 d	14.65 ab	28d	12.45 ab	35d	18.20 a	28d	35.58 a
	28d	16.20 a	21 d	12.50 b	21d	7.90 b	28d	17.65 a	35d	38.16 a
Tratamientos individuales	CH 35d	29.25 a	Mo 35d	24.25 a	In 28d	19.75 a	In 21d	32.00 a	EA 28d	49.25 a
	CH 28d	27.75 ab	Mo 28d	21.00 ab	EA 35d	19.50 a	Mo 21d	28.50 a	Ch 21d	47.50 a
	MU 28d	25.00 abc	EA 35d	20.50 abc	Mo 35d	17.50 a	Mu 35d	26.00 a	Mo 28d	47.25 a
	MO 21d	22.00 abc	EA 21d	17.75 abcd	Ch 35d	14.50 a	Mu 21d	25.25 a	EA 21d	44.00 a
	CH 21d	20.50 abc	In 35d	15.00 bcd	Mo 28d	14.25 a	In 28d	24.75 a	Mu 21d	42.25 a
	IN 35d	20.50 abc	In 28d	14.25 bcd	Mu 35d	13.50 a	Mu 28d	21.25 a	Ch 28d	37.25 a
	MU 35d	19.75 abc	Ch 28d	14.00 bcd	Mu 28d	13.25 a	In 35d	21.00 a	Mo 35d	35.75 a
	EA 21d	16.50 abc	Ch 35d	14.00 bcd	In 35d	11.50 a	EA 35d	18.75 a	In 21d	35.75 a
	MU 21d	13.75 abc	Ch 21d	13.75 bcd	In 21d	10.50 a	EA 2 d	18.00 a	Mo 21d	32.75 a
	IN 21d	10.25 bc	Mu 35d	13.25 bcd	EA 28d	10.50 a	EA 21d	18.00 a	In 28d	32.50 a
	EA 28d	10.00 c	EA 28d	12.00 bcd	Mu 21d	10.00 a	Ch 28d	16.75 a	EA 35d	32.00 a
	MO 28d	9.75 c	Mu 28d	12.00 bcd	Ch 21 d	9.00 a	Mo 35d	12.75 a	In 35d	31.50 a
	MO 35d	9.75 c	In 21d	11.50 cd	Mo 21 d	6.25 a	Ch 35d	12.50 a	Ch 35d	29.75 a
	EA 35d	9.00 c	MO 21d	10.50 d	Ch 28 d	4.50 a	Ch 21d	9.25 a	Mu 28d	28.00 a
	IN 28d	8.50 c	Mu 21d	9.00 d	EA 21d	3.75 a	Mo 28d	7.50 a	Mu 35d	27.75 a
Contrastes										
E. Lineal	NS	**		**			NS	**		
E. Cuadrático	NS	NS		NS			NS	NS		

^{1/} EA: Estrella de África; In: Insurgente; Mu: Mulato; Ch: Chetumal; Mo: Mombasa; d: días; NS: no significativo; **: altamente significativo. ^{2/} literales diferentes dentro de cultivares, frecuencias de rebrote o tratamientos individuales indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

En la fracción A el contenido a los: 21, 28 y 35 días, fue similar (17.65, 16.60 y 16.20%, respectivamente), en la fracción B1 hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los 21 (12.50%) y 35 días al corte (17.40%). Ese comportamiento fue similar en la fracción B2, el mayor ($P < 0.05$) contenido se presentó a 35 días 15.30%, la menor cantidad se registró a los 21 días (7.90%). En la fracción B3 no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre los días al corte, el valor se encontró en el intervalo 22.60% registrado a 35 días al corte y 17.65% a los 28 días al corte. En la fracción C el mayor contenido se obtuvo en el corte efectuado a los 21 días (40.45%) y la menor concentración se registró a los 35 días al corte (31.35%).

Mediante la prueba de contrastes, el efecto lineal es altamente significativo ($P < 0.01$) en las fracciones B1, B2 y C y no significativo ($P > 0.05$) para las fracciones A y B3, el efecto cuadrático es no significativo ($P > 0.05$) en todas las fracciones.

Conclusiones

- Es necesario analizar el contenido de fracciones de la proteína en las gramíneas introducidas que se establecen en distintas regiones del trópico mexicano.
- Las concentraciones de las fracciones de proteína, se modifican con la edad de la especie al corte y en función a los cambios en las condiciones climatológicas que prevalecen en cada región.

Literatura citada

De la Luz, A. N. 2014. Efecto de especie, edad de rebrote y época del año en gramíneas introducidas a Veracruz, sobre su valor nutritivo y fracciones de carbohidratos y proteínas. 1ª parte: Estrella de África. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

Krishnamoorthy, U., H. Soller, H. Steingass, H. K. Menke. 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies in vitro. *Animal Feed Science and Technology* 52(3):177-188.

Licitra, G., M. Hernández, T., P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57(4):347-358.

Mena, U. M. A., A. Hernández, G., J. F., Enríquez, Q., J. Pérez, P., J. L. Zaragoza, R., M. E. Velasco, Z. y J. Avellaneda, C. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto Insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia* 41:1-12.

Ortega-Gómez, R., E. Castillo-Gallegos., J. Jarillo-Rodriguez., R. Escobar-Hernández. y E. Ocaña-Zavaleta y B. Valles de La Mora. 2011. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*13:481-491.

Peralta, M. A. 1990. Pasto Insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf. para incrementar la producción de carne y leche en el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Oaxaca, Oaxaca. 21 p.

EFICIENCIA DEL LEVAMISOL CONTRA NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN CORDERAS PELIBUEY EN CRECIMIENTO

Escamilla-González María Fernanda²⁴⁷, Galindo-Rodríguez Leticia²⁴⁸, Von Son-de Fernex Elke²⁴⁸

Resumen

Con la finalidad de conocer la eficiencia del producto químico como antihelmíntico en un rebaño de corderas pelibuey, se trabajó con 42 corderas en crecimiento las cuales se dividieron en dos grupos: Grupo tratado con levamisol a una dosis de 7.5mg/kg y Grupo sin tratamiento. Se tomaron muestras de heces al día 0, 7, 14 y 21 post-tratamiento. El porcentaje de reducción de huevos por gramo de heces al día 7 fue del 93% con base en los lineamientos de la Asociación Internacional para el Avance de la Parasitología Veterinaria por sus singlas en inglés WAAVP. Los géneros encontrados pre y post- tratamiento fueron *Mecistocirrus digitatus*, *Haemonchus contortus*, *Strongyloides* spp., *Oesophagostomum* sp., *Chabertia* sp., *Trichostrongylus* sp. y *Cooperia* spp. Se concluye que existe una resistencia de parásitos gastrointestinales al levamisol.

Palabras clave: cordera, pelibuey, antihelmíntico, levamisol, resistencia

Introducción

Uno de los principales problemas económicos en la ganadería ovina en zonas tropicales y subtropicales son las parasitosis por nematodos gastrointestinales (NGI) (Medina et al., 2014). Las cuales se caracterizan por generar diarrea, anorexia, anemia, edemas submandibulares, retardo en el crecimiento, disminución en la producción de carne, leche y en algunos casos la muerte (Muñoz et al., 2008; Rojas y et al., 2007). Los nematodos son gusanos redondos, no segmentados, con cuerpo filiforme (Cordero, 1999). Poseen un ciclo de vida directo; es decir, que no requieren de hospederos intermediarios. Consta de dos fases; una endógena y una exógena. La fase exógena inicia cuando los animales infectados excretan los huevos de NGI en las heces. Dependiendo de la temperatura (22-26°C) y humedad relativa (80%), se desarrolla y eclosiona la larva 1 (L₁), posteriormente evoluciona a

²⁴⁷ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.

²⁴⁸ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. FMVZ UNAM.

L₂; las cuales presentan una segunda muda para transformarse en L₃ o estadio infectante (Caballero et al., 2003). Los animales se infectan al ingerir pastos contaminados por L₃, tras su ingestión, las larvas penetran en distintas zonas dentro de la mucosa digestiva, las larvas mudan y pasan a L₄, estas mudan por última vez y se transforman en juveniles o pre-adultos que maduran sexualmente, para finalmente culminar su desarrollo a parásitos adultos (Quiroz et al., 1989). El tiempo que transcurre desde la infección hasta la producción de huevos se le conoce como periodo pre-patente, en la mayoría de los NGI es aproximadamente de 15 a 21 días (Solano, 2003; Esteban-Andrés et al., 2013).

Haemonchus contortus: Pertenecen al orden Strongylida de la familia Trichostrongylidae. El género es *Haemonchus* cuenta con tres especies: *H. contortus*, que se localiza en el abomaso de bovinos, ovinos y caprinos. *Haemonchus placei* y *H. similis* se localizan en el abomaso de bovinos. Los adultos presentan una cavidad bucal pequeña y presentan una lanceta en su interior, además presenta un par de papilas cervicales notorias con dirección antero-posterior (López, 2012; Quiroz, 1989). Es considerado uno de los nematodos de mayor diseminación en los potreros, debido a su potencial biótico, ya que una hembra puede llegar a ovopositar de 5,000 a 10,000 huevecillos por día. Un parásito adulto es capaz de generar una pérdida de 0.05 ml diarios de sangre en los animales, produciendo una anemia normocítica normocromica, hipoproteinemia e hipoalbumemia (López, 2012).

Mecistocirrus digitatus: Son nematodos grandes semejantes a *Haemonchus*, sobre todo porque el tubo genital de color blanco se encuentra enrollando el intestino de color rojo. En el extremo anterior tienen una cápsula bucal rudimentaria y llevan una formación neodonta o diente intraesofageal; y la boca es subterminal. El esófago es largo y delgado; las papilas cervicales se sitúan por debajo del poro excretor. El adulto es el estadio más importante por su patogenia, ya que al ser hematófago produce anemia, así mismo ocasiona diarrea y reducción del peso en el animal afectado. En las infecciones crónicas se presenta edema, ascitis y pérdida de peso, pero si la carga parasitaria es abundante el animal puede morir. Estos nematodos cuando se fijan a la mucosa del abomaso segregan una sustancia anticoagulante que facilita la succión permanente de la sangre. *Mecistocirrus digitatus* tiene una patencia de aproximadamente 12 a 18 meses. El ciclo vital es directo y, el periodo prelatente tiene una duración de 59 a 82 días (Fernando, 1965). Las larvas penetran temporalmente la mucosa del abomaso, después del sexto día de la infección regresa a la superficie y tienen que pasar de 9 a 28 días para que la larva pase a ser L₄, para que complete el ciclo y llegue a ser L₅ tienen que pasar otros 30 días (Van Aken et al., 1998).

Trichostrongylus sp.: Son los miembros más pequeños de la familia Trichostrongylidae, son delgados de una longitud de 10 mm aproximadamente. En los ovinos se localizan

principalmente en el abomaso e intestino delgado; este parásito puede causar erosiones en la superficie de la mucosa, y como consecuencia pérdida de sangre, además, en infecciones severas pueden presentar diarrea y pérdida de peso (Soulsby, 1987). *Trichostrongylus axei* es la única especie presente en el abomaso y la de menor tamaño. Se ha encontrado también en el estómago del cerdo, équidos y hombre. *Trichostrongylus colubriformis* vive en el intestino delgado y a veces en el abomaso de rumiantes. *Trichostrongylus vitrinus* se encuentra en el intestino delgado de pequeños rumiantes *Trichostrongylus capricola* parásito del intestino delgado de cabras y, menos frecuentemente de ovejas (Quiroz, 1989). *Cooperia* spp.: Pertenece al orden Strongylida, familia Trichostrongylidae, y el género es *Cooperia* son cuatro especies principales, que son *C. curticei*, *C. punctata*, *C. pectinata* y *C. oncophora*. Se localizan en el intestino delgado y con menor frecuencia en el abomaso. Son relativamente pequeños, de color rojizo. *Cooperia oncophora* afecta principalmente al ganado bovino. *Cooperia punctata* provoca lesiones en ganado bovino y con menos frecuencia en los ovinos. *Cooperia curticei*: es la especie de mayor interés en el ganado ovino y caprino (Quiroz, 1989).

Strongyloides spp.: Pertenece al orden Rhabditida, familia Strongylidae, y el género es *Strongyloides papillous*. La hembra partenogenica se localiza en la mucosa del intestino delgado, donde depositan sus huevos embrionados, los cuales salen al exterior con las heces del hospedador. Las larvas eclosionan a las 6 horas de haber salido, a una temperatura de 27°C, éstas pueden continuar con su desarrollo hasta alcanzar el tercer estado infectante (ciclo homogónico), o transformarse en hembras y machos de vida libre (ciclo heterogónico) (Soulsby, 1987; Quiroz, 1989). La larva 3 infecta al huésped por vía cutánea a través de la piel o de los folículos pilosos y por vía oral (Quiroz 1989).

Teladorsagia circumcincta: Pertenece al orden Strongylida, familia Trichostrongylidae, y el género es *Teladorsagia circumcincta*. Se localizan en el abomaso y se desarrollan dentro de las células gástricas, lo que conduce a la formación de nódulos en la mucosa del abomaso (Zajac, 2006). En infecciones graves los borregos presentan diarrea, hipoproteinemia, anemia y en algunos casos la muerte (Zajac, 2006).

Chabertia ovina: Pertenece al orden Strongylida, familia Trichostrongylidae, el género y especie son *Chabertia ovina*. Parte de su desarrollo lo realiza en el intestino delgado, una vez que alcanza su estado juvenil se traslada al colon. Se caracteriza por una enteritis crónica anemizante, su acción patógena se debe a las L₄ histotropas (Cordero, 1999).

Oesophagostomum sp.: Los principales signos son diarrea, acompañada de expulsión violenta de heces verdosas, anorexia, deshidratación, caquexia y anemia. En el colón hay

presencia de formaciones nodulares, que encierran larvas de distintas fases de desarrollo. Al causar grandes pérdidas económicas en las producciones, es importante mantener bajo control la presencia de los NGI en los rebaños (Medina et al., 2014). Actualmente, los fármacos antihelmínticos son el principal método de control de los parásitos de los rumiantes. En el mercado existen tratamientos antihelmínticos (AH) de amplio espectro que pertenecen a las familias de los imidazotiazoles, bencimidazoles y lactonas macrocíclicas. Sin embargo, cada vez es más frecuente que los tratamientos no den resultados por la presencia de NGI resistentes a los antihelmínticos, debido al uso indebido en el manejo como: frecuencia de administración, subdosificación, elección errónea del fármaco o rápida reinfección, lo cual ha provocado la resistencia antihelmíntica (RA) (Medina et al., 2014). Las diversas familias y los principios activos de antihelmínticos son:

Bencimidazoles (Thiabendazol; Albendazol; Fenbendazol; Oxfendazol; Oxibendazol; Cambendazol y Luxabendazol): Quimioterapéuticos utilizados en enfermedades parasitarias, tienen actividad antimicóticos, antineoplásicos, cardiotónicos y analgésicos (Sumano y Ocampo, 2006). Actúan evitando la formación de los microtúbulos de las células intestinales y tegumentarias del parásito, fijándose directamente sobre las moléculas β -Tubulina de los parásitos bloqueando así su polimerización, provocan inhibición de la captación de glucosa y disminuyen la secreción de proteínas, causando la muerte del parásito por inanición (Roeber et al., 2013).

Imidazotiazoles (Tretamisol; Levamisol y Butamisol): Moléculas con acción nematicida (Sumano y Ocampo, 2006). Actúan de manera rápido y selectivamente como antagonista colinérgico sobre receptores nicotínicos y extra sinápticos de las membranas de las células musculares de los nematodos. Provocan una parálisis espástica en los nematodos, los cuales son expulsados por la peristalsis (Roeber et al., 2013).

Lactonas macrocíclicas (Ivermectina; Doramectina y Moxidectina): Moléculas con efecto antiparasitario que sólo actúan contra nematodos y ectoparásitos (Sumano y Ocampo, 2006). Aumentan la permeabilidad de los canales de cloro de las células musculares con la consecuente parálisis del nematodo (Roeber et al., 2013). Por otro lado, se entiende como resistencia antihelmíntica (RA) al aumento de individuos de una población de parásitos capaces de tolerar niveles de droga elevados, los cuales han sido comprobados que son letales para los parásitos de la misma especie (Cuellar, 2009). Se atribuye principalmente a un continuo uso de productos químicos, lo que provoca que con cada nueva aplicación sobreviva un cierto porcentaje de NGI, los cuales después de varias generaciones serán resistentes a los desparasitantes (González et al., 2013).

La Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria, (por sus siglas en inglés WAAVP) publicó en 1992 los lineamientos para considerar una población de NGI del orden Strongylida resistentes, susceptibles o sospechosos (Coles et al., 1992).

- Resistente: se considera cuando el porcentaje de reducción del conteo de huevos en heces es menor al 95% y el límite inferior del intervalo de confianza es menor de 90%.
- Sospechoso: Cuando solo uno de los dos criterios anteriores se cumple.
- Susceptible: implica cuando el porcentaje de reducción en el conteo de hpgh es igual o mayor al 95% y el límite inferior del intervalo de confianza es igual o mayor de 90%.

En México la RA está presente en muchos rebaños de ovinos del sureste mexicano, en 1990 Campos et al. reportaron por primera vez una cepa de campo de *Haemonchus contortus* resistente a benzimidazoles en ovinos de raza Pelibuey. Al igual que Torres et al. en el 2002 reportaron la presencia de NGI resistentes a los benzimidazoles en el estado de Yucatán. Durante el año 2002, González et al. evaluaron la efectividad y resistencia del albendazol y levamisol en rebaños de ovinos de pelo en la sierra del estado de Tabasco, obteniendo un promedio de efectividad para albendazol del 61.6% y para el levamisol del 99%. González et al. (2008) evaluaron la efectividad de tres antihelmínticos (Closantel+ Albendazol, Ivermectina y Nitroxinil) en un rebaño de corderas pelibuey en el norte de Chiapas presentando cerca de 40% de resistencia antihelmíntica hacia los productos utilizados; en el 2011 se confirmó la resistencia utilizando solo levamisol obteniendo el 30.2% en la reducción del conteo de hpgh post-tratamiento, en el caso del albendazol registro un promedio del 65% y la ivermectina mostró 87% de efectividad (González et al., 2008). Así mismo, Solano (2003) evaluó la efectividad de Levamisol contra NGI de ovinos de pelo en el MPO del CEIEGT-FMVZ-UNAM y reportó una eficacia del 100. Considerando la importancia del control de parásitos en ovinos por su susceptibilidad y repercusiones negativas en la salud y productividad de los rebaños; se considera pertinente evaluar la acción del levamisol dentro del lote de corderas en crecimiento del MPO. Por lo que los objetivos fueron medir la efectividad del levamisol en un rebaño de corderas en desarrollo de la raza Pelibuey; e identificar los géneros de nematodos gastrointestinales (NGI) presentes dentro del Módulo de producción Ovina (MPO).

Materiales y métodos

Área de estudio: El estudio se realizó en el MPO “El Cenzontle” perteneciente al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. La superficie donde estuvieron pastando las 130 corderas fue de 2.08 ha con pasto estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuerensis*) e

Insurgentes (*Brachiaria brizantha*), y se complementan con cascarilla de cítrico y concentrado comercial, teniendo agua ad libitum.

El control de parásitos se realiza de manera selectiva de acuerdo en la lectura de FAMACHA, desparasitando a los que tiene coloración 3, 4 y 5.

Diseño experimental y dietas: Fueron utilizadas 130 corderas de 4 a 6 meses de las cuales se seleccionaron 42 animales de acuerdo a la clasificación de Hansen y Perry (1994) cuyo nivel de eliminación fue mayor a 800 hpgh.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para distribuir de manera balanceada a las corderas en dos grupos de 21 animales cada uno.

Grupo sin tratamiento: 21 corderas con un promedio de eliminación de 3,328 hpgh.

Grupo tratado: 21 corderas, administrando levamisol (Bovisol, Reg. SAGARPA No Q-0454-021) con dosis de 7.5 mg/kilo PV vía intramuscular, cuyo promedio de eliminación fue de 3,327 hpgh.

Al día cero los animales de cada grupo fueron pesados individualmente para desparasitarlos de acuerdo a su peso exacto.

Técnicas parasitoscópicas: Durante el experimento se realizaron cinco muestreos, el primero fue para seleccionar a los 42 animales y los siguientes, fueron al día 0, 7, 14 y 21 post-tratamiento. Las muestras fueron tomadas directamente del recto del animal en bolsas de polietileno e identificadas; las muestras se transportaron en refrigeración al laboratorio de sanidad del CEIEGT para su posterior análisis por medio de la técnica de Mc Master, que requiere de dos gramos de heces y 28 ml de solución salina saturada (Besné et al., 2006)

FAMACHA y Condición Corporal: La FAMACHA se evaluó junto a la Condición Corporal (CC) en cada muestreo realizado en ambos grupos para determinar la correlación que existente entre la eliminación de huevos por gramo de heces y FAMACHA.

Prueba de reducción de huevos por gramo de heces: Es el principal método para estimar la eficacia de los antihelmínticos, ya que compara la eliminación de huevos por gramo de heces antes y después de la desparasitación (Coles et al., 1992). Con los resultados obtenidos se realizó una base de datos utilizando el programa RESO. EXE en Excel, para obtener el porcentaje de reducción de huevos por gramo de heces, tomando en cuenta los resultados al día 7, utilizando la fórmula recomendada por la WAAVP como a continuación se describe: (Coles et al. 1992).

$$\%R= 100 \left(1 - \frac{\bar{x}_t}{\bar{x}_c}\right) \dots \text{Dónde:}$$

\bar{X}_t = Promedio de hpgh del grupo tratado.

\bar{X}_c = promedio de hpgh del grupo testigo.

Intervalo de confianza del 95%. Para este cálculo se utiliza la media aritmética de cada grupo.

De acuerdo a los lineamientos de la WAAVP, se deben tomar en cuenta los datos al día 7 post-tratamiento. Ya que el efecto del levamisol sólo elimina a los parásitos adultos.

Cultivos e identificación larvaria: Debido a que muchos de los huevos de nematodos gastrointestinales (Strongylida) son muy parecidos, (Figura 1) fue necesario obtener las larvas del tercer estadio (L₃), para identificarlos por tamaño y forma. Para ello se utilizó la técnica Corticelli Lai (1963) modificada, la cual consiste en proporcionar de manera artificial la humedad, temperatura y oxigenación necesarias para que los huevos de nematodos puedan desarrollarse a L₃, tal y como lo hacen en el suelo en condiciones naturales (Figura 1).



Figura 1. Huevos de nematodos gastrointestinales y coprocultivo.

Análisis estadístico: Se utilizó el programa STATGRAPHICS y el coeficiente de correlación de Spearman Rho, el cual es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos (Martínez-Ortega, 2009).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de los análisis parasitológicos en el muestreo previo al trabajo, se obtuvo que el 65.4% de la población presentaba una carga alta de huevos por gramo de heces (Cuadro 1).

Cuadro 1. Carga parasitaria al muestreo previo (Hansen y Perry, 1994).

CARGA PARASITARIA	No. MUESTRAS	%
Negativa	9	8.41
Leve: 50-800 hgh	21	19.62
Moderada: 800-1,200 hgh	7	6.54
Alta: >1, 200 hgh	70	65.42

Eficiencia del antihelmíntico levamisol

La toma de muestras y análisis parasitológicos se realizaron los días 0, 7, 14 y 21, además de la CC y lectura de FAMACHA.

El Cuadro 2, muestra los resultados del Grupo en Tratamiento para los días de muestreo, observando que al día 7 el 28.6% salieron negativos, el 61.9% tenían cargas leves de hpgh, y 9.5% tenía carga alta.

Cuadro 2. Carga parasitaria del Grupo en Tratamiento al día 0, 7, 14 y 21 (Hansen y Perry, 1994).

CARGA PARASITARIA	DÍA 0		DÍA 7		DÍA 14		DÍA 21	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Negativa	0	0	6	28.6	3	14.3	4	19.0
Leve: 50-800 hpgh	0	0	13	61.9	16	76.2	15	71.4
Moderada: 800-1200 hpgh	1	4.8	0	0	2	9.5	0	0
Alta: >1200 hpgh	20	95.2	2	9.5	0	0	2	9.5

En el Cuadro 3, se observa que en el Grupo sin Tratamiento el 85.7% continuaron con una eliminación alta de huevos por gramo de heces, el 14.3% presentaron cargas moderadas al análisis coprológico.

Cuadro 35. Carga parasitaria del Grupo sin Tratamiento al día 0, 7, 14 y 21 (Hansen y Perry, 1994).

CARGA PARASITARIA	DÍA 0		DÍA 7		DÍA 14		DÍA 21	
	N	%	No.	%	No.	%	No.	%
Negativa	0	0	0	0.0	2	9.5	0	0.0
Leve: 50-800 hpgh	0	0	0	0.0	0	0.0	4	19.0
Moderada: 800-1200 hpgh	0	0.0	3	14.3	3	14.3	2	9.5
Alta: >1200 hpgh	21	100.0	18	85.7	14	66.7	15	71.4

Si bien se observa que en el Grupo en Tratamiento hubo una carga baja de hpgh del 61.9% al día 7; tomando en cuenta que el levamisol sólo actúa contra los nematodos adultos y para

obtener el porcentaje de reducción se manejan la media aritmética de cada grupo como lo marca la fórmula. Se obtuvo una eliminación del 93% al día 7, por lo que se concluye que hay una resistencia de los parásitos al producto utilizado ya que se considera que un antihelmíntico eficiente debe eliminar más del 95% (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Eliminación de hpgh por grupo y día de muestreo.

DÍA MUESTREO	GRUPO EN TRATAMIENTO	GRUPO SIN TRATAMIENTO	TOTAL hpgh
0	4,893	4,771	9,664
7	397	4,167	4,564
14	294	2,479	2,773
21	482	2,564	3,046

Cuadro 5. Porcentaje de reducción de huevos al día 7.

No.	PRE-TRATAMIENTO	GRUPO SIN TRATAMIENTO	GRUPO TRATAMIENTO
No.	21	21	21
Media aritmética	4660	4283	290
Var (FEC)	8078316	6689546	145158
% Reducción			93
Var (Reducción)			0.10
>95% CL			97
<95% CL			87

Contrario a lo aquí encontrado, en el año 2003 Solano reportó una eficacia del 100% de los IMZ sobre la eliminación de huevos de parásitos NGI en el MPO “El Cenzontle”. Esto refleja la condición dinámica de la población y lleva a reflexionar sobre el tiempo del uso del levamisol ya que de acuerdo al manejo del módulo se ha estado utilizando este producto desde los años 80, rotándolo con otros antihelmínticos; sin embargo, en los dos últimos años se ha estado usando constantemente.

Géneros de nematodos gastrointestinales encontrados en el MPO

Como parte de este estudio se identificaron los principales géneros de nematodos encontrados en los coprocultivos. Las larvas se inmovilizaron con lugol para su posterior observación al microscopio y así poder diferenciar las características morfológicas como son: largo total, forma y largo del esófago, largo de la vaina larval de la cola (distancia entre el ano y la punta de la cola), número de células intestinales y forma de éstas (Niec, 1968). Los

géneros encontrados fueron: *Cooperia* sp., *Trichostrongylus* sp., *Haemonchus contortus*, *Mecistocirrus*, *Chabertia*, *Oesophagotomum*, *Ostertagia* y *Strongyloides*. A continuación, se hace una breve descripción de ellos. En el Cuadro 6 se muestra el porcentaje de cada género por día de muestreo; observando que conforme fue pasando el tiempo, al día 14 se incrementaron los géneros de NGI hematófagos; sin embargo, las lecturas de FAMACHA siempre se mantuvieron en valores normales (1-2). Aguilar-Caballero et al. (2013) mencionan que a través de la suplementación se puede mantener a los animales con una producción normal a pesar del costo metabólico que implica el parasitismo gastrointestinal.

Cuadro 6. Porcentaje de géneros de NGI encontrados en los coprocultivos.

GÉNERO	DÍA 0	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
No hematófagos (%)				
<i>Cooperia</i>	34.7	49.3	16.7	22.6
<i>Trichostrongylus</i>	4.1	4.3	6.7	19.4
<i>Chabertia</i>	7.1	0	3.3	0
<i>Ostertagia</i>	3.1	5.8	0	0
<i>Strongyloides</i>	3.1	7.2	3.3	12.9
Total	52.1	66.6	30.0	54.9
Hematófagos (%)				
<i>Haemonchus</i>	13.3	11.6	33.3	25.8
<i>Oesophagostomum</i>	21.4	7.2	26.7	19.4
<i>Mecistocirrus</i>	13.3	14.5	10.0	0
Total	48.0	33.3	70.0	45.2

Se analizaron un total de 168 datos para calcular el coeficiente de correlación entre FAMACHA, CC y hpgh eliminados a los días 0, 7, 14 y 21. El Cuadro 7 muestran los resultados obtenidos, los rangos de correlación van de -1 a +1 y miden la relación lineal entre las variables. El segundo número de cada bloque es un valor P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas. Valores-P abajo de 0.05 indican correlaciones significativas, con un nivel de confianza del 95.0%. La correlación entre FAMACHA y CC tiene un valor negativo y un valor P por debajo de 0.5, por lo tanto, la FAMACHA aumenta a medida que la CC corporal disminuye o viceversa. Para las variables de FAMACHA y hpgh la correlación que se obtuvo fue positiva y significativa, esto nos dice que las dos variables tienden a crecer o decrecer juntas.

Al realizar el análisis al día 0 la correlación entre FAMACHA y CC mostró un valor P mayor a 0.5, por lo que no hay una significancia estadística; sin embargo, las variables FAMACHA y

hpgh al día cero sí muestran una correlación positiva con un valor de P menor a 0, esto indica que por cada punto que se eleva la FAMACHA, también se eleva la eliminación de hpgh, por otro lado, al día 14 el análisis arrojó que no existe correlación significativa entre estas variables (Cuadro 8).

Cuadro 76. Correlaciones generales de FAMACHA, CC, HPGH.

SPEARMAN RHO	CC	HPGH
FAMACHA	-0.192	0.206
	0.013	0.007
CC		0.024
		0.75

Cuadro 8. Correlación entre variables FAMACHA, CC y HPGH al día 0 y 14.

SPEARMAN RHO	DÍA 0		DÍA 14	
	CC	HPGH	CC	HPGH
FAMACHA	-0.80	0.309	0.114	0.175
	0.612	0.047	0.304	0.111
CC		-0.141	0.114	
		0.373	.304	

Pese a que se ha demostrado que la FAMACHA es una herramienta útil para la desparasitación selectiva (Arece y López, 2013; Arece et al., 2014) en el presente trabajo se observó que al día 14 no hay una correlación significativa entre las variables hpgh y FAMACHA, se esperaría todo lo contrario, ya que el porcentaje de NGI hematófagos se incrementó, en comparación a los no hematófagos. Arece y Rodríguez (2007) reportan que la FAMACHA sólo funciona frente a infecciones donde predomine *H. contortus* por ser el principal causante de las anemias, no obstante, al día 14 del experimento el 33% de las larvas identificadas pertenecieron a *H. contortus*, y los valores registrados de FAMACHA continuaron estando normales (uno y dos).

Conclusiones

En el rebaño de corderas en crecimiento del MPO el “Cenzontle” existen NGI resistentes al Levamisol.

Principales géneros NGI encontrados: *Haemonchus*, *Mecistocirrus*, *Oesophagostomum*, *Cooperia*, *Chabertia*, *Trichostongylus*, *Strongyloides*.

Literatura citada

- Aguilar-Caballero A, R. Cámara-Sarmiento, C.A. Sandoval-Castro y A. Ortega-Pacheco. 2013. Suplementación alimenticia para el control de los nematodos gastrointestinales en ovinos bajo pastoreo en México.
- Arece J. y Y. López-Leyva. 2013. Validación del método FAMACHA® en la detección de anemia en ovejas Pelibuey en Cuba. *Pastos y Forrajes* 36(4):479-484.
- Arece-García J, Y. López-Leyva, R. González-Garduño y Torres-Hernández. 2014. Evaluación de tratamientos antihelmínticos estratégicos y selectivos en ovejas Pelibuey en Cuba. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 27(4):273-281.
- Arece J, J.G. Rodríguez-Diego, Y. López. 2007. FAMACHA® Methodology: Strategy for the control of ovine gastrointestinal strongyles preliminary results. *Salud Animal* 29 (2):91-94.
- Besné A, J.A. Figueroa, H. Quiroz, A. Ramírez y E. Ramos. 2011. Manual de Prácticas de laboratorio de Parasitología. D.F., México. FMVZ UNAM.
- Campos, R., D. Herrera, H. Quiroz y S. Olazarán. 1990. Resistencia de *Haemonchus contortus* a bencimidazoles en ovinos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 28(1):30-34.
- Coles, C. G, C. Bauer, F. H. Borgsteede, S. Geerts, T. R. Klei, M. A. Taylor and P. J. Waller. 1992. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) Methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology* 44:35-34.
- Cordero del Campillo M. y F. A. Rojo-Vázquez. 1999. *Parasitología Veterinaria*, Madrid, España. McGraw-Hill-Interamericana de España.
- Cuéllar, O. J. A. 2009. Desparasitación selectiva por medio del sistema FAMACHA. *Tecnologías para ovinocultores DF*, México: Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. p. 258-261.
- Cuéllar, O. J. A. 2009. Nuevas opciones para el control de parásitos en la ovinocultura tropical. 1er Simposio de Ovinocultura Tropical, Palenque, Chiapas, México.
- Esteban, D., R. González, G. Garduza, N. J. Ojeda, F. Reyes y S. Gutiérrez. 2013. Desarrollo de resistencia a nematodos gastrointestinales con diferentes niveles de infección. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia* 60(3):169-181.
- Fernando, S. T. 1965. The life cycle of *Mecistocirrus digitatus*, a trichostrongylid parasite of ruminants. *Journal of Parasitology* 51:156-163.

- González, R, G. Torres, M. G. López y P. Mendoza. 2013. Resistencia antihelmíntica de nematodos parásitos en ovinos. *Revista de Geografía Agrícola* 48-49:63-74.
- Hansen, J. and B. Perry. 1994. The epidemiology, diagnosis, and control of helminth parasites of ruminants. International Laboratory for Research on Animal Disease. Nairobi, Kenya.
- López, O. 2012. Estudio de la parasitosis en ovinos de pelo sacrificados en un rastro de Tabasco. Tesis de Maestría. Tabasco, México. Colegio e Postraduales, Campus Tabasco.
- Martínez-Ortega, R. M, L. C. Tuya-Pendás, Martínez-Ortega, A. Pérez-Abreu y A.M. Cánovas. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterizaciones. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* 8:2.
- Medina, P., F. Guevara, La O. M., N. Ojeda y E. Reyes. 2014. Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nematodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes* 37(3):257-263.
- Muñoz, J., F. Angulo, R. Ramírez, O. Vale, E. Chacin, D. Simoes y A. Atencio. 2008. Eficacia antihelmíntica de doracmetina 1%, ivermectina 1% y ricobendazol 15% frente a nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo. *Revista Científica, FCV-LUZ*. XVIII(1):12-16.
- Muñoz-Franco, J., F. Angulo-Cubillán y R. Ramírez-Barrios. 2003. Farmacología y terapéutica en las parasitosis internas en bovinos. Maracaibo, Venezuela: Universidad de Zulia.
- Niec, R. 1968. Cultivo e identificación de larvas infectantes de nematodos gastrointestinales del bovino y ovino. Manual técnico No. 3. INTA, Argentina.
- Quiroz, R. 1989. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. DF, México: Limusa.
- Roeber, F., A. Jex and R. Gasser. 2013. Impact of gastrointestinal parasitic nematodes of sheep, and the role of advanced molecular tools for exploring epidemiology and drug resistance- an Australian perspective. *Parasites Vectors* 6:153.
- Rojas, S., I. Gutiérrez, J. Olivares y M. T. Valencia. 2007. Prevalencia de nematodos gastrointestinales en ovinos en pastoreo en la parte alta del MPIO de Cuetzalan del Progreso, Guerrero-México. *Red Vet.* 8(9).
- Soulsby, E. J. L. 1987. Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos. 7a ed. México: Interamericana. p. 168-254.

- Solano, O. C. 2003. Diagnóstico de nematodos gastrointestinales resistentes a antihelmínticos en un rebaño ovino en el trópico húmedo de México. Tesis de Licenciatura. Veracruz, México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.
- Suiter, J. 1994. Body condition scoring of sheep and goats. Farmnote 69/94. Department of Agriculture and Food, Perth, Australia.
- Sumano, L. H. y C. L. Ocampo. 2006. Farmacología Veterinaria. 3ª ed. DF, México. Mc Graw Hill.
- Torres-Acosta, J. F, A. J. Aguilar-Caballero, H. L. Canal-Ku y M. Pérez-Cruz. 2008. Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. p. 50-52. In: Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Compilado por González-Garduño R, Berumen-Alaforte AC. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Van Aken, D., J. Vercruyse, A. P. Dargantes, J. T. Lagapa, D. J. Shaw and S. Raes. 1997. Pathophysiological aspects of *Mecistocirrus digitatus* (Nematoda: Trichostrongylidae) infection in calves. *Veterinary Parasitology* 69(3-4):255-263.
- Vargas, C. 2006. FAMACHA© Control de Haemonchosis en caprinos. *Agronomía Mesoamericana* 17:79-88.
- Zajac, A. M. 2006. Gastrointestinal nematodes of small ruminants: Life cycle, antihelmintics, and diagnosis. *Vet. Clinic North Am. Food Anim. Pract.* 22(3):529-541.

SEROPREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE LEPTOSPIROSIS EN PERROS Y PROPIETARIOS EN VERACRUZ-BOCA DEL RÍO

Claudia Nelly Ortega González²⁴⁹, David Izcóatl Martínez Herrera^{250*}, Violeta Trinidad Pardío Sedas²⁵⁰, José Alfredo Villagómez Cortés²⁵⁰, Argel Flores Primo²⁵⁰, Dinora Vázquez Luna²⁵¹, Gustavo Celestino Ortiz Ceballos²⁴⁹, Jorge Isaac Torres Barranca²⁵²

Resumen

La leptospirosis es una zoonosis de distribución cosmopolita causada por bacterias del género *Leptospira* que afecta a gran variedad de hospederos entre los que se encuentran el hombre y el perro (Bharti et al., 2003), este último es importante por la estrecha relación que mantiene con el hombre y su capacidad para ser un hospedero de mantenimiento de la bacteria; además, la enfermedad en ambos posee un cuadro clínico que se confunde con otros padecimientos que provoca que muchas veces el proceso se agrave antes de obtener un diagnóstico definitivo. Así el objetivo de este trabajo consistió en la realización de un estudio transversal, para conocer la seroprevalencia de leptospirosis en perros domiciliados y la frecuencia en sus propietarios de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Los datos sobre número de perros en la zona, así como de colonias con mayor concentración de éstos fueron proporcionados por la Jurisdicción Sanitaria No. VIII de la Secretaría de Salud. El tamaño de muestra se calculó con el programa en línea Win Episcopo obteniéndose una $n=176$ como mínimo, que se ajustó a 216 para hacer más representativo el estudio; además, al encontrar perros positivos se procedió a la determinación de anticuerpos en sus propietarios. El diagnóstico en ambas especies se realizó en el Laboratorio de *Leptospira* y leptospirosis de la Universidad Autónoma Metropolitana con la Técnica de Aglutinación Microscópica (MAT) que es de referencia internacional para el diagnóstico de leptospirosis. Las seroprevalencias y factores de riesgo se calcularon con los programas en línea Vassarstats y Win Episcopo, respectivamente. 78/216 perros resultaron positivos

²⁴⁹ Facultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria C.P. 91000, Xalapa, Ver., México. Tel (228)842-17-00.

²⁵⁰ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Miguel Angel de Quevedo Esq. Yañez S/N, Col. Unidad Veracruzana, C.P.91710, Veracruz, Veracruz, México. Fax (229)178 00 44. *dmartinez@uv.mx

²⁵¹ Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria-Acayucan, Universidad Veracruzana, Carr. Costera del Golfo Km 220 C. Agrícola y Ganadera Michiapan Acayucan, Veracruz, México. Tel. 9242479122.

²⁵² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Laboratorio de *Leptospira* y leptospirosis, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud. Del. Coyoacán, Ciudad de México, México.

obteniéndose una seroprevalencia general de 36.10% (IC_{95%}: 29.7-42.9); se encontró además, que la forma de almacenamiento del alimento de los cánidos, la presencia de roedores, así como la colonia Chapultepec representan factores de riesgo para leptospirosis en esta especie. De los propietarios que accedieron 2/30 resultaron positivos, obteniéndose una frecuencia de 6.6% (IC_{95%}: 1.8-21.3), pero no pudieron identificarse factores de riesgo asociados. Se concluye que los perros y sus propietarios están expuestos a serovares de *Leptospira interrogans* y que algunos factores de riesgo contribuyen a esta zoonosis.

Palabras clave: *Leptospira interrogans*, serovares, zoonosis

Introducción

Los perros han sido los animales de compañía más frecuentes a través de la historia de la humanidad y por consiguiente mantienen una estrecha relación con el humano, esto propicia exceso de confianza e incluso omisión en el riesgo de zoonosis como la leptospirosis. Esta enfermedad es causada por espiroquetas del género *Leptospira*, que posee distribución cosmopolita y afecta animales productivos, de compañía, fauna silvestre, fauna nociva y al hombre (Bharti et al., 2003); en particular tanto en este último como en el perro se presenta signología clínica variable, aunque en general hay ictericia, fiebre, escalofríos, mialgias, enrojecimiento cutáneo, daño renal y hepático, que se puede llegar a confundir con otras enfermedades; en humanos por lo general con dengue en zonas endémicas y hepatitis A, B, C, D o E (Carrada, 2005); mientras que en perros, con hepatitis canina infecciosa (Luna, 2008). La bacteria ingresa al organismo por la piel reblandecida, lacerada o bien a través de las mucosas, se disemina por la sangre y es capaz de colonizar diversos órganos, para por último localizarse en riñones y entonces eliminarse por la orina y así lograr su diseminación y mantenimiento en el medio ambiente al contaminar agua, suelos, alimentos y recipientes (Levett, 2001; Pappas et al., 2007). La incidencia es estacional, pero en zonas tropicales la mayoría de los casos se presenta durante la temporada de lluvias y en el verano tardío o el otoño temprano en países del oeste (Bharti et al., 2003). Las leptospirosis provenientes de animales infectados y sobreviven mejor en agua fresca, suelos alcalinos y húmedos, vegetación y fango con temperaturas mayores a 22°C pero menores a 35°C. El clima de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río reúne esas características y favorece la supervivencia de estas bacterias, por tanto es un buen lugar para llevar a cabo este estudio; además, como en algunas colonias se realiza la cría de animales productivos de traspatio, el perro mantiene una estrecha relación tanto con esos animales como con sus propietarios, que aunado a lo encontrado por Villagómez et al. (2014) respecto a la confirmación de casos de leptospirosis humana en la zona central de Veracruz, se hace necesario conocer el

estatus de salud de ambas especies (hombre y perro), para poder proporcionar un panorama más claro sobre la situación de esta zoonosis en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río con el conocimiento de la seroprevalencia y factores de riesgo asociados entre éstos.

Materiales y métodos

Las colonias con mayor concentración de perros de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río fueron proporcionadas por la Jurisdicción Sanitaria No. VIII y se seleccionaron de acuerdo a características como presencia de lagunas, drenajes al descubierto, inundación de calles en temporada de lluvias y nivel socioeconómico; estas fueron Fraccionamiento Río Medio, Unidad Habitacional El Coyol, Colonia Chapultepec y Fraccionamiento Reforma/Zaragoza para el municipio de Veracruz y los ejidos Venustiano Carranza, Primero de Mayo Norte y San José Novillero, para el municipio de Boca del Río. El estudio realizado fue transversal y el tamaño de muestra para los perros se determinó con el programa en línea Win Episcopy bajo la modalidad “estimar porcentajes”, para una población de cánidos domésticos estimada de 10,161 proporcionada por Jurisdicción Sanitaria No. VIII y que toma como referencia una frecuencia de infección por *Leptospira* spp. de 8.7% (Cruz et al., 2013) y 5% de error; con ello se obtuvo una “n” de al menos 176 animales por muestrear, número que se ajustó a 216 para hacer más representativo el trabajo. Las muestras de perros se colectaron en el período comprendido entre noviembre de 2015 y abril de 2016; para el caso de los humanos, el número de individuos se estableció con base en los hallazgos de anticuerpos en sus perros y las facilidades que de manera voluntaria prestaron para participar en el estudio, puesto que, por perfil y ética profesional, la extracción de muestras se realizó en octubre de 2016 por personal especializado de la Facultad de Bioanálisis de la Universidad Veracruzana. Las muestras utilizadas fueron de suero, que en el caso de los perros se extrajo sangre por punción venosa de las venas cefálica, yugular o safena en dependencia de la manipulación permitida por el animal, luego se trasladaron en refrigeración hacia el laboratorio de microbiología de la Posta Zootécnica Torreón del Molino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana donde se centrifugaron a 1,000 X g por 15 minutos para separar el suero, que se almacenó en congelación a -20°C hasta su procesamiento; las muestras humanas fueron colectadas por personal de la Facultad de Bioanálisis de la Universidad Veracruzana y se sometieron al mismo proceso de separación de suero para su almacenamiento y posterior procesamiento. Para ambas especies el diagnóstico se realizó en el Laboratorio de *Leptospira* y leptospirosis de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco que está certificado por el Instituto Nacional de Referencia Epidemiológica (INDRE); se utilizó la Técnica de

Aglutinación Microscópica (Dirección General de Epidemiología, 2012). Se realizaron diluciones dobles seriadas de cada suero que iniciaron con 1:50 para perros y se consideraron positivos aquellos individuos que en una dilución de 1:100 o mayor presentaron al menos 50% de aglutinación; en humanos se inició con 1:20 y se les consideró positivos a partir de la presencia de 50% de aglutinación a una dilución mayor o igual a 1:80. Se empleó una batería de 12 serovariedades de *Leptospira interrogans*, nueve de ellas de referencia internacional (*Icterohaemorrhagiae*, *Pyrogenes*, *Grippotyphosa*, *Canicola*, *Pomona*, *Hardjo*, *Wolffi*, *Tarassovi* y *Bratislava*) y tres aislamientos nacionales (*Hardjo H89*, *Portland-Vere cepa Sinaloa ACR* e *Icterohaemorrhagiae cepa Palo Alto*). Para el cálculo de seroprevalencia y frecuencias se usó el método propuesto por Thrusfield (2005) con apoyo del programa en línea Vassarstats® bajo la modalidad estimar proporciones y se consideraron los intervalos de confianza 95% (IC_{95%}); para determinar los factores de riesgo en perros se empleó la razón de momios (RM) que se estimó con el programa en línea Win Episcopo en el que se consideraron también los IC_{95%} en aproximación logarítmica para análisis univariado.

Resultados y discusión

La seroprevalencia general obtenida para perros en este estudio fue de 36.1% (IC_{95%}: 29.7-42.9), superior a la obtenida por Cruz et al., (2013) de 8.7%. El porcentaje alto de este estudio se debió a que los perros muestreados provinieron de distintos puntos de los municipios de Veracruz y Boca del Río abarcar un mayor número de animales de zonas cuyas características presentaban variaciones tanto del entorno como de alimentación e higiene y los perros muestreados del estudio de Cruz et al. (2013) fueron solo de dos albergues de cánidos, que aunque mantienen a perros que podían provenir de distintos puntos de los municipios de Veracruz y Boca del Río, se encontraban concentrados en un solo lugar. El perro es un hospedero natural para la serovariedad *canicola*, mientras que roedores como ratas y ratones lo son de *icterohaemorrhagiae* (Rivera et al., 1999; Zúñiga y Caro, 2012), pero por la capacidad de ésta para infectar a los cánidos, ambas se encuentran contenidas en bacterinas utilizadas para la inmunización; sin embargo, Lugo et al. (2015) encontraron una seroprevalencia de 66% de leptospirosis en perros del municipio de Ixhuatlancillo, Ver., pero debe considerarse que el estudio se realizó en una demarcación más rural y eso propicia que los perros tengan mayor contacto con animales de producción, puesto que la serovariedad predominante identificada fue *tarassovi* (47%) y esta es más específica para porcinos y bovinos. En este sentido, los inmunógenos comerciales para prevenir la leptospirosis en los perros solo contienen pocos serovares, de forma que, aunque sean vacunados solo sería contra las serovariedades *canicola*, *icterohaemorrhagiae* y

pomona, dejándolos expuestos a cualquier otra porque no se produce inmunidad cruzada entre ellas. De igual forma Lugo et al. (2015) obtuvieron una frecuencia de 25% a canicola, menor a la obtenida en el presente estudio de 56.4%, que aunada al 50% para portland-vere (Cepa Sinaloa ACR) de un aislamiento nacional (Cuadro 1.), explica que los perros de la conurbación Veracruz-Boca del Río, son más propensos a tener contacto con otros perros que con animales de producción por ser ya una metrópoli; sin embargo, se obtuvo una frecuencia de 21.7% para la serovariedad bratislava que si bien afecta a los cánidos es más afín a especies como equinos y porcinos (Quinn et al., 2002), que coincide con la tenencia de perros en colonias donde se mantiene aún algunos animales de traspatio como equinos de trabajo, bovinos y porcinos. Entonces, para el caso de los propietarios, se infiere que la transmisión en los municipios de Veracruz y Boca del Río ha sido perro-perro-humano, mientras que para Ixhuatlancillo pudo ser animal de producción-perro-humano.

Cuadro 1. Frecuencia de serovariedades de *Leptospira interrogans* en perros de la conurbación Veracruz-Boca del Río.

Serovariedad	No. De animales positivos	Frecuencia (%)	*IC _{95%}
icterohaemorrhagiae	12	15.3	8.5-25.7
pyrogenes	0	0	0-5.8
grippotyphosa	3	3.8	1.0-1.6
canicola	44	56.4	44.7-67.4
pomona	0	0	0-5.8
hardjo	0	0	0-5.8
wolffi	1	1.2	0-7.9
tarassovi	0	0	0-5.8
bratislava	17	21.7	13.5-32.8
hardjo H89	0	0	0-5.8
portland-vere (Cepa Sinaloa ACR)	0	50.0	38.5-61.4
icterohaemorrhagiae (Cepa Palo Alto)	12	15.3	8.5-25.7

*IC_{95%}=Intervalo de confianza 95%.

Desde los primeros estudios sobre la leptospirosis, se ha visto asociada a la presencia de roedores como ratas y ratones, porque se ha demostrado que son portadores casi siempre de *Leptospira interrogans*, pero sobretodo de la serovariedad icterohaemorrhagiae que eliminan por la orina y ocasionan así la contaminación del agua, alimentos y el ambiente en general (Levett, 2001); así en este estudio se mantiene esta afirmación porque en los hogares donde había presencia de ratas o ratones fue donde se obtuvo una frecuencia de 55.7% de *Leptospira interrogans* (Cuadro 2). Por otra parte, en aquellos hogares donde el

alimento de los perros no se almacenaba dentro de ningún contenedor con tapa y cierre herméticos ni tampoco se guardaba en algún lugar aislado del exterior como la alacena o el refrigerador los perros tuvieron 1.9 (IC_{95%}: 1.1-3.5) veces más probabilidades de infectarse de leptospirosis y por ello la frecuencia de seropositivos fue de 46.6%, debido a que en estas condiciones los roedores pueden acceder sin dificultades al alimento y contaminarlo con orina (Luna, 2008).

Cuadro 2. Frecuencia y asociación de posibles factores de riesgo para *Leptospira interrogans* en perros de la conurbación Veracruz-Boca del Río.

Variables y categorías	No. De animales	No. De positivos	Frecuencia (%)	IC _{95%} :	RM	*IC _{95%} :
Sexo						
Macho	122	48	39.3	30.7-48.6	1.4	0.8-2.4
Hembra	94	30	31.9	22.8-42.4	0.7	0.4-1.2
Almacenamiento del alimento						
Sin almacenar	75	35	46.6	35.1-58.4	1.9	1.1-3.5
Contenedor	45	14	31.1	18.6-46.8	0.7	0.3-1.5
Alacena	55	14	25.4	15.0-39.2	0.5	0.2-1.0
Refrigerador	41	15	36.5	22.5-53.0	1	0.5-2.0
Presencia de roedores						
Sí	61	34	55.7	42.5-68.2	3.1	1.7-5.8
No	155	44	28.3	21.5-36.2	0.3	0.1-0.5

*IC_{95%}=Intervalo de confianza 95%, RM=Razón de Momios.

Villagómez et al. (2014) realizaron un estudio retrospectivo de casos humanos de leptospirosis en la zona centro del estado de Veracruz y observaron una frecuencia de 42.4%; sin embargo, solo se buscó la confirmación de los casos, pero no se le asoció a la convivencia con animales; en el estudio de Lugo et al. (2015), la seroprevalencia observada para humanos en el municipio de Ixhuatlancillo, Ver. fue de 61% y en el presente estudio que se hizo en la conurbación Veracruz – Boca del Río, la frecuencia fue de tan solo 6.6% (IC_{95%}: 1.1-23.5); cabe señalar, que de los 78 propietarios notificados con perros que resultaron seropositivos a leptospirosis, solo 54 aceptaron ser muestreados y que por conflictos de horario y trabajo, solo fue posible la cooperación de 30 de ellos, pero que aparenta ser consistente con el trabajo de Hernández (2016) para humanos de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río que fue de 5%, si se toma en cuenta que por la confidencialidad de datos no se pudo acceder a información como la convivencia con animales por parte de los individuos afectados y que el número de muestras del que dispuso fue mayor al que se

obtuvo en este estudio. Por otro lado, las serovariedad encontrada en los dos propietarios de perros que resultaron positivos y que presentaron un título de 1:80 fue canicola, mientras que en el de Hernández et al. (2016) fue portland-vere la predominante y de hecho, los autores de ese trabajo concluyen que existe asociación entre leptospirosis y dengue en humanos dentro del área de estudio, así que esto ayuda a corroborar que debe hacerse énfasis en dar conocimiento a la población para reducir la probabilidad de contagio con sus perros y mantener tapado el alimento y controlar a los roedores. Por último al analizar la frecuencia de leptospirosis en perros por colonia se identificó que la Chapultepec es la que tiene frecuencia más alta (57.8%; IC_{95%}: 40.9-73.2) y es un factor de riesgo (RM=2.9; IC_{95%}: 1.4-6.1) para leptospirosis (Cuadro 3.), pero de acuerdo a los datos recabados en las encuestas, se infiere que puede deberse a las condiciones ambientales que propician el desarrollo del agente, como la existencia de una laguna circundante y además de que en algunos hogares tienen más de un perro.

Cuadro 3. Frecuencia por colonia para leptospirosis en perros.

Colonia	No.de perros muestreados	No. De perros positivos	Frecuencia (%)	IC _{95%} :	RM	IC _{95%} :
Ej.V.Carranza	39	12	30.7	17.5-47.7	0.7	0.3-1.5
Ej.1 de Mayo Norte	30	13	43.3	25.9-62.3	1.4	0.6-3-1
San José Novillero	13	3	23.0	6.1-54.0	0.5	0.1-1.9
Frac. Reforma/Zaragoza	32	7	21.8	99-40.4	0.4	0.1-1.0
Col. Chapultepec	38	22	57.8	40.9-73.2	2.9	1.4-6.1
Frac. Río Medio	30	8	26.6	12.9-46.1	0.6	0.2-1.4
U.H. El Coyol	34	13	38.2	22.6-56.3	1.1	0.5-2.3

*IC95%=Intervalo de confianza 95%; RM=Razón de Momios.

Conclusiones

1. Se concluye que la seroprevalencia de leptospirosis en perros domiciliados de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río fue de 36.1%.
2. Asimismo, que los factores de riesgo asociados con esta infección son, la presencia de roedores en las casas habitación, mantener el alimento de los perros fuera de un contenedor sin tapa hermética y mantenimiento de cánidos en la colonia Chapultepec.
3. Por lo que respecta a los propietarios de los perros, la frecuencia de leptospirosis fue de 6.6%. Los serovares de *Leptospira interrogans* más frecuentes encontrados fueron canicola y portland Vere cepa Sinaloa para perros y solo canicola para sus propietarios.

Agradecimientos

A la Universidad Veracruzana por las instalaciones para la realización del posgrado, procesamiento inicial de muestras y a los investigadores que me asesoraron.

Al CENID de microbiología INIFAP por la capacitación para el diagnóstico de leptospirosis.

A la Universidad Autónoma Metropolitana por las facilidades para la realización de los diagnósticos de este estudio en su Laboratorio de Leptospira y Leptospirosis así como a los investigadores que en este laboran.

Al Sistema Producto Ovino Veracruzano por el proyecto Principales enfermedades que afectan a los pequeños rumiantes por el apoyo brindado para la adquisición de reactivos y suplementos para el mantenimiento inicial del cepario de Leptospira.

Literatura citada

Bharti, A. R., E. Nally J., N. Ricaldi J., A. Matthias M., M. Diaz M. and A Lovett M. 2003 Leptospirosis: a zoonotic disease of global importance. *Lancet Infect. Dis.* 3:757-771.

Carrada, B. T. 2005. Leptospirosis humana, historia natural, diagnóstico y tratamiento. *Revista Mexicana de Patología Clínica* 52:246-256.

Cruz, R. A, D. Romero S., C. Ahuja A., M. Aguilar D. and C. Bautista P. 2013. Frequency of canine leptospirosis in dog shelters in Veracruz, Mexico. *African Journal of Microbiology Research* 7:1518-1521.

Hernández, C. G. R. 2016. Zoonosis (brucelosis, salmonelosis, leptospirosis) asociadas con procesos febriles en humanos en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Campus Veracruz, Veracruz, México. 110 p.

Levett, P. N. 2001. Leptospirosis. *Clin. Microbiol. Rev.* 4:296-326.

Lugo, C. B. L., L. C. Velasco R., G. Canales V., J. F. Velázquez H. y E. V. Herrera H. 2015. Detección de anticuerpos antileptospira en una población vulnerable del municipio de Ixhuatlancillo, Veracruz. *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.* 53:158-163.

Luna, A. M. A., L. P. Moles C., D. Gavaldón R., C. Navad V. and F Salazar G. 2008. La leptospirosis canina y su problemática en México. *Rev. Salud. Anim.* 30:1-11.

Dirección General de Epidemiología. Manual para la prevención y diagnóstico de la leptospirosis. 2012.

- Pappas, G., P. Photini, S. Vasiliki, C. Leonidas and A. Nikolaos. 2007. The globalization of leptospirosis: worldwide incidence trends. *International Journal of Infectious Diseases* 12:351-357.
- Quinn, P. J., K. Markey B., E. Carter M., J. Donnelly W. and C. Leonard F. 2003. *Veterinary Microbiology and Microbial Disease*. Can. Vet. J. 44(12):986.
- Rivera, F. A., A. De la Peña, M., M. A. Roa R., y M. L. Ordoñez B. 1999. Seroprevalencia de leptospirosis en perros callejeros del norte de la Ciudad de México. *Vet. Mex.* 105-107.
- Thrusfield, M. 2005. *Veterinary Epidemiology*. 3a. ed. Blackwell Science. Oxford, England. p. 90, 600.
- Villagómez, C. J. A., D. I. Martínez H. and L. A. Olivares S. 2014. Epidemiology of Human Leptospirosis in the Central Region of Veracruz, Mexico. *Annual Research and Review in Biology* 5:132-138.
- Zúñiga, C. I. R. y J. Caro L. 2012. Panorama epidemiológico de la leptospirosis, Estados Unidos Mexicanos 2000-2010. *Enf. Inf. Microbiol.* 2:71-76.

SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN OVEJAS PELIBUEY CON DIFERENTE CONDICIÓN CORPORAL Y NUTRICIÓN FOCALIZADA

José Antonio Hernández-Marín^{253*}, Camelia Alejandra Herrera-Corredor²⁵⁴, Ponciano Pérez-Hernández²⁵⁵, César Cortez-Romero²⁵⁶, Arturo Pro-Martínez²⁵⁷ y Jaime Gallegos-Sánchez²⁵⁷

Resumen

Con la finalidad de evaluar la nutrición focalizada (NF) y su respuesta en la actividad ovárica, la ovulación y el inicio del estro, se sincronizó el estro con progestágenos (CIDR®) en ovejas Pelibuey con diferente condición corporal (CC). Se utilizaron 69 ovejas no gestantes y sin crías (vacías), las cuales se asignaron a un diseño completo con tratamientos aleatorizados en un arreglo factorial 2*2, cada uno a dos niveles, del cual derivaron cuatro tratamientos (T): T1, n=15: ovejas sin nutrición focalizada y condición corporal baja (sNFCCb); T2, n=18: ovejas sin nutrición focalizada y condición corporal alta (sNFCCa); T3, n=18: ovejas con nutrición focalizada y condición corporal baja (cNFCCb); y T4, n=18: ovejas con nutrición focalizada y condición corporal alta (cNFCCa). Se colectaron muestras sanguíneas de las ovejas para analizar la concentración de P₄ y determinar el porcentaje de ovulación. Se evaluó la actividad ovárica (n=3 por tratamiento), mediante ultrasonografía a tiempo real, para cuantificar la población folicular (2 a 3 mm, 4 a 5 mm y mayores de 6 mm de diámetro). Se registró el peso corporal, la respuesta y el inicio del estro. La cantidad de folículos ováricos de 2 a 3 mm y de 4 a 5 mm de diámetro fue similar (P > 0.05) entre tratamientos. No se encontraron diferencias (P > 0.05) en la cantidad de folículos ováricos mayores de 6 mm de diámetro en las ovejas de los tratamientos T1(sNFCCb), T2(sNFCCa) y T3(cNFCCb). Los folículos mayores a los 6 mm de diámetro fueron superiores (P > 0.05; 2.2±0.2) en las ovejas del T4(cNFCCa). La respuesta al estro, el inicio del estro y el porcentaje de ovulación fue similar (P>0.05) entre tratamientos. Se encontraron diferencias (P<0.05) entre tratamientos y por la interacción tratamiento*periodo, en el peso corporal de las ovejas en estudio. Se concluye que la nutrición focalizada aumenta la cantidad de folículos mayores de 6 mm de

²⁵³Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato. Campus Irapuato-Salamanca. *Autor para correspondencia: jahmarin@ugto.mx

²⁵⁴ Facultad de Agronomía-UASPL.

²⁵⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

²⁵⁶ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.

²⁵⁷ Ganadería-Ciencia Animal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

diámetro en ovejas con condición corporal alta, pero no influye en la respuesta al estro, el inicio del estro y el porcentaje de ovulación en ovejas con condición corporal alta o baja.

Palabras clave: suplementación, actividad ovárica, ultrasonografía, folículos ováricos, cambio de peso corporal

Introducción

Es importante conocer el efecto que producen los periodos cortos de alimentación posterior a la alimentación restringida o balanceada en la reproducción durante la época reproductiva y el anestro estacional, para generar alternativas de manejo que mejoren los índices reproductivos en un sistema de producción ovino (Rodríguez-Castillo et al., 2004). Por lo tanto, los procesos fisiológicos de la reproducción se controlan con la nutrición durante el desarrollo folicular, la tasa de ovulación y la prolificidad; en particular en los sistemas de producción extensivos (Martin et al., 2004).

Las ovejas modifican su eficiencia reproductiva en función al contenido nutricional de la dieta y su respuesta se observa en el número de óvulos que producen en cada ciclo ovulatorio. Este fenómeno consiste en cubrir los requerimientos nutricionales para que los animales ganen peso antes del apareamiento, el cual es una técnica antigua usada en la ganadería denominada “flushing” (Scaramuzzi et al., 2006). No obstante, la eficiencia reproductiva de las ovejas, se afecta por condiciones ambientales o factores externos que influyen en los procesos fisiológicos y regulan la actividad ovárica en respuesta a la sincronización del estro. Por ejemplo, las ovejas amamantando ejercen ciclos estrales normales asociados con la actividad ovárica y la ovulación (Hashem et al., 2011). Sin embargo, estrategias de manejo reproductivo como el control del amamantamiento, la inclusión de nutrientes en la dieta y la presencia de los carneros, favorecen la eficiencia reproductiva de un rebaño, como alternativas en las estrategias de manejo reproductivo (Martin, 2009).

En la actualidad, ofrecer una alimentación estratégica, se refiere a los periodos cortos de suplementación de 5 a 7 días, durante los días 9 al 13 del ciclo estral, con raciones alimenticias con alto contenido proteínico y energético, para cambiar el estado metabólico y nutricional del animal e incrementar su potencial ovárico (Scaramuzzi y Martin, 2008; Viñoles et al., 2009a, b; Somchit-Assavacheep et al., 2011; Scaramuzzi et al., 2013). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad ovárica, la ovulación y el cambio de peso corporal en respuesta a la nutrición focalizada durante la sincronización del estro en ovejas Pelibuey con condición corporal alta y baja.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El experimento se realizó durante abril a octubre de 2013, con ovejas Pelibuey adultas, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, estado de México, localizado a 19°29' N y 98°53' O, a una altitud de 2250 m. El clima es Cb (wo) (w) (i') g, templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura promedio anual de 636.5 mm y 15.2°C (García, 2004).

Animales experimentales y manejo

Se utilizaron 69 ovejas Pelibuey adultas sin crías y no gestantes, con un peso de 49.6±10.3 kg, las cuales se denominaron vacías (VA). Las ovejas se asignaron conforme a un diseño completo con tratamientos aleatorizados, con un arreglo factorial 2*2. La combinación entre los niveles de ambos factores, A: sin NF y con NF, B: condición corporal alta y baja, en la escala de 1 a 5 (Russel et al., 1969); generó cuatro tratamientos experimentales. Previo a la asignación a los tratamientos, todas las ovejas se desparasitaron, despezuñaron y se les suministró vitaminas; se mantuvieron en corrales provistos de sombra, comedero, bebedero automático y piso de tierra. Durante el desarrollo del experimento, las ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo, se alojaron junto con sus crías en los mismos corrales, según tratamientos. El peso se registró cada semana para observar cambios durante la fase experimental.

Nutrición focalizada

Las ovejas Pelibuey recibieron una dieta base y se complementaron con 1.5 kg oveja⁻¹ d⁻¹ de una ración alimenticia, durante la permanencia del dispositivo intravaginal (CIDR®) para sincronizar el estro. El alimento adicional contenía 2.6 Mcal de energía metabolizable, 16% de proteína cruda, 88.5% de MS, 11.8% de fibra cruda, y 6.7% de cenizas. Su composición era a base de heno de avena (40%), sorgo molido (16%), maíz molido (16%), pasta de soya (8%), salvado de trigo (6%), melaza (6%), gluten (4%), ortofosfato (1%), CaCO₃ (1%), vitasal (1%), sal común (0.5%) y aceite vegetal (0.5%).

Tratamientos y protocolo experimental

A todas las ovejas se les sincronizó el estro mediante la inserción de un dispositivo intravaginal (CIDR®, 0.3 g de P₄; Pfizer) que permaneció durante nueve días y 48 h antes del retiro, se les aplicó 1 mL de prostaglandina sintética (250 mcg de cloprostenol sódico, Celosil®, MSD Animal Health; México) para lisar algún cuerpo lúteo presente. Después de retirar el CIDR®, todas las ovejas se expusieron a un carnero provisto de un mandil para detectar el estro, en periodos de 30 min cada cuatro horas durante 120 h. Aquella oveja que

respondió al estro, se alojó en un corral diferente y se le registró el inicio del estro. Todas las ovejas en estro se identificaron para realizar posteriormente, el muestreo sanguíneo y la ultrasonografía.

Muestreos sanguíneos

Con la finalidad de determinar la ovulación en respuesta al protocolo experimental, a todas las ovejas se les tomó una muestra de sangre vía punción en la vena yugular en diferentes periodos: 1) A las 12 h antes del retiro del CIDR®, 2) Después de la presentación del estro, 3) A los 9 d de retirar el CIDR®, y 4) A los 11 d de retirar el CIDR®. A todas las muestras se les separó el plasma por centrifugación durante 15 min a 600 g. Después se almacenaron en congelamiento para determinar la concentración de los niveles de P₄ por radioinmunoanálisis. Se consideró que una oveja ovuló cuando dos muestras consecutivas tuvieron una concentración de 0.5 ng mL⁻¹, o se observó >1 ng mL⁻¹ de P₄ en una sola muestra.

Evaluación del desarrollo folicular ovárico

Se seleccionó al azar una muestra representativa de tres ovejas para cada tratamiento y después de cada muestreo, los ovarios de las ovejas se examinaron mediante un transductor transrectal de 7.5 Mhz, integrado a un equipo de ultrasonografía (SONOACE Pico). Los folículos ováricos se cuantificaron y clasificaron según su diámetro de 2 a 3 mm, de 4 a 5 mm y mayores de 6 mm (Bartlewski et al., 2011).

Variables de estudio

Desarrollo folicular ovárico (n). Conteo y clasificación de los folículos ováricos de acuerdo con su diámetro, presentes en ambos ovarios por oveja.

Porcentaje de ovulación (%). Proporción de ovejas con niveles de P₄ mayores a 1 ng mL⁻¹ o con dos muestras consecutivas de 0.5 ng mL⁻¹.

Ovejas en estro (n). Cantidad de hembras que presentaron estro, en respuesta a la sincronización con el CIDR®, expresada en porcentaje.

Inicio del estro (h). Tiempo transcurrido desde el retiro del CIDR® hasta que la oveja manifestó signos de estro.

Cambio de peso (kg). Peso corporal de las ovejas registrado cada semana durante el periodo experimental, que se comparó en el tiempo para cada tratamiento y entre tratamientos por cada periodo de evaluación.

Análisis estadístico

Se utilizó el software Statistical Analysis Systems® (SAS Institute Inc, 2012) para el análisis de los datos. La cantidad de folículos ováricos se analizaron con el procedimiento GLM, en

un diseño completo con tratamientos aleatorizados (DCA) con efectos fijos en arreglo factorial 2*2, cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es el valor observado de la variable respuesta.

μ = Media general.

τ_i = Efecto fijo de la nutrición focalizada en su i-ésimo nivel (i = sin, con).

β_j = Efecto fijo de la condición corporal en su j-ésimo nivel (j = baja, alta).

$(\tau\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción estado fisiológico y nutrición focalizada.

ε_{ijkl} = Error experimental asociado a Y_{ijk} ; $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$.

La respuesta al estro y a la ovulación se analizó por medio de una regresión logística con PROC LOGISTIC mediante la prueba de Wald, cuyo modelo es el siguiente:

$$P(Y/X) = e^{(\beta_0 + \beta_1 X)} / [1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X)}]$$

Donde:

$P(Y/X)$: Probabilidad de presentar estro u ovular dado el tratamiento X.

e: 2.71

β_0 y β_1 : Coeficientes del modelo

Y: Respuesta (si o no)

X: Tratamiento

Para el inicio del estro, se realizó la prueba de Shapiro y Wilk (1965) para observar normalidad univariada y justificar el análisis con el método de curvas de supervivencia de Kaplan Meier y la Regresión de Cox (Salinas, 2008), y se usó la prueba de Log-Rank con el procedimiento LIFETEST, en el siguiente modelo:

$$H(t) = [H(t)]_0 * e^{(X_1 * \beta_1 + X_2 * \beta_2 + X_k * \beta_k)}$$

Donde:

$H(t)$: función de riesgo (hazard ratio) de que la oveja inicie el estro al tiempo t.

$H(t)_0$: función de riesgo mínima al tiempo t.

X_k : variable predictora k.

β_k : constante asociada a la variable k.

El cambio de peso de las ovejas Pelibuey se comparó con un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC MIXED (Littell et al., 1998). Se empleó LSMEANS para calcular las medias de los mínimos cuadrados de los efectos fijos, y ADJUST para ajustar las pruebas de comparación múltiple de medias en pares (Tukey, $\alpha=0.05$), con un modelo mixto en un arreglo factorial 2*2, modificado para observar los efectos principales e interacciones en el periodo de evaluación (semana), de la siguiente manera:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + A*B_{ij} + d_{ij} + P_k + (AP)_{ik} + (BP)_{jk} + (A*B*P)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

$$Y_{ijkl} = \text{Variable respuesta, } i = 1,2; j = 1,2; k = 1,2 \dots 11; l = 1,2.$$

μ = Media general

A_i = Efecto del factor A, reconstituyente energético a nivel i

B_j = Efecto del factor B, 'efecto macho' al nivel j

P_k = Efecto del periodo P al nivel k

d_{ij} = Error aleatorio dentro de efectos principales (tratamientos)

$(AB)_{ij}$, $(AP)_{ik}$, $(BP)_{jk}$, $(ABP)_{ijk}$, $(AB)_{ij}$ = Efecto de las interacciones

E_{ijkl} = Error aleatorio

Resultados y discusión

Actividad folicular ovárica

La nutrición focalizada y la condición corporal no influyeron ($P > 0.05$) en la cantidad de folículos ováricos de 2 a 3 mm y de 4 a 5 mm de diámetro. Esta misma respuesta ($P > 0.05$) se observó en la cantidad de folículos ováricos mayores de 6 mm de diámetro en las ovejas sin nutrición focalizada y con diferente condición corporal, y también en aquellas con nutrición focalizada y condición corporal baja. Las ovejas suplementadas con nutrición focalizada y con condición corporal alta, presentaron mayor cantidad ($P < 0.05$) de folículos ováricos mayores de 6 mm de diámetro (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de folículos ováricos en ovejas Pelibuey con y sin nutrición focalizada y diferente condición corporal.

Tratamientos (T)	Folículos ováricos (n) [†]		
	2 a 3 mm	4 a 5 mm	> 6 mm
T1: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal baja (sNFCCb)	3.2±0.33 ^a	1.4±0.14 ^a	1.2±0.2 ^a
T2: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal alta (sNFCCa)	2.9±0.33 ^a	1.9±0.14 ^a	1.3±0.2 ^{ab}
T3: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal baja (cNFCCb)	2.8±0.33 ^a	1.2±0.14 ^a	1.6±0.2 ^{ab}
T4: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal alta (cNFCCa)	2.8±0.33 ^a	1.4±0.14 ^a	2.2±0.2 ^b

^a, ^b: Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ($P < 0.05$). [†]Media ± error estándar.

Porcentaje de ovulación

El radioinmunoanálisis indicó que la concentración de progesterona mayor a 1 ng mL^{-1} en una sola muestra, o que superó los 0.5 ng mL^{-1} en dos muestras consecutivas, fue similar ($P > 0.05$) en las ovejas Pelibuey con diferente condición corporal y con dos esquemas de nutrición focalizada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de ovulación en ovejas Pelibuey con y sin nutrición focalizada y diferente condición corporal.

Tratamientos (T)	n	Ovejas que ovularon	
		n	%
T1: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal baja (sNFCCb).	18	17	94.7 ^a
T2: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal alta (sNFCCa).	18	18	100.0 ^a
T3: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal baja (cNFCCb).	15	14	93.3 ^a
T4: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal alta (cNFCCa).	18	17	94.4 ^a

^a: Valores con misma literal en columna, son similares ($P > 0.05$).

Respuesta a la sincronización del estro

La nutrición focalizada, la condición corporal y la interacción entre factores, no influyeron ($P > 0.05$) en la respuesta al estro y en el inicio del estro en las ovejas Pelibuey (Cuadro 3). Los datos para el inicio del estro no presentaron normalidad univariada ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Respuesta al estro en ovejas Pelibuey con y sin nutrición focalizada y diferente condición corporal.

Tratamientos (T)	n	Ovejas en estro		Inicio del estro [†] (h)
		n	%	
T1: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal baja (sNFCCb).	18	14	77.8 ^a	36.2±1.7 ^a
T2: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal alta (sNFCCa).	18	13	78.2 ^a	43.1±5.0 ^a
T3: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal baja (cNFCCb).	15	13	86.7 ^a	58.6±9.8 ^a
T4: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal alta (cNFCCa).	18	13	72.2 ^a	58.6±9.8 ^a

^a: Valores con misma literal en columna, son similares ($P > 0.05$). [†]Media ± error estándar.

Cambio de peso

La nutrición focalizada y la condición corporal influyeron ($P < 0.05$) en el cambio de peso corporal de las ovejas Pelibuey durante el periodo experimental. Se registró menor peso en las ovejas sNFCCb y mayor peso en aquellas cNFCCa. El peso corporal aumentó ($P < 0.05$) a partir del día 56, en las ovejas sNFCCa y en aquellas cNFCCb; mientras que, el de las ovejas sNFCCb y cNFCCa, aumentó ($P < 0.05$) y se mantuvo ($P > 0.05$) a partir del día 70 del periodo experimental (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cambio de peso en ovejas Pelibuey con y sin nutrición focalizada y diferente condición corporal.

Tratamientos (T)	Periodo experimental (d)						\bar{x}
	35	42	49	56	63	70	
T1: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal baja (sNFCCb).	41.4 ^a _C	43.3 ^a _B	42.3 ^b _{BC}	42.4 ^a _{BC}	46.7 ^a _A	46.8 ^b _A	43.8 ^a
T2: Ovejas sin nutrición focalizada con condición corporal alta (sNFCCa).	48.0 ^a _{BC}	48.9 ^{ab} _B	49.3 ^{ab} _B	47.2 ^{ab} _C	53.1 ^{ab} _A	52.0 ^{ab} _A	49.7 ^c
T3: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal baja (cNFCCb).	45.7 ^a _B	45.4 ^a _B	45.4 ^{bc} _B	45.7 ^b _B	49.6 ^a _A	48.9 ^a _A	46.8 ^b
T4: Ovejas con nutrición focalizada con condición corporal alta (cNFCCa).	56.3 ^b _B	53.3 ^b _{CD}	53.9 ^c _C	52.0 ^b _D	58.6 ^b _A	58.6 ^b _A	55.5 ^d

^{a, b, c}: Valores con distinta literal minúscula en la misma columna, son diferentes ($P < 0.05$).

^{A, B, C, D}: Valores con distinta literal mayúscula en la misma fila, son diferentes ($P < 0.05$).

Discusión

Actividad folicular ovárica

Las deficiencias nutricionales, ya sea por los nutrientes en la dieta o por los intermediarios metabólicos, afectan la foliculogénesis en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Scaramuzzi et al., 2011). La acción de los nutrientes en la actividad ovárica influye en la foliculogénesis, aunque el número de folículos ováricos no aumente en respuesta a la suplementación (Somchit et al., 2007). El componente de la dieta, que probablemente sea el más importante en la función ovárica, es la energía derivada de la glucosa, aunque la evidencia en favor de cualquier nutriente en particular es aún controversial, y las interrelaciones precisas entre la función ovárica y los componentes de la dieta todavía no son claros (Scaramuzzi y Martin, 2008).

Somchit et al. (2007) alimentaron con heno y suplementaron a diario con 500 g de lupino (*Lupinus luteus*) a ovejas Welsh Mountain y no obtuvieron similitud en la cantidad de folículos

de 2.0 a 2.4 mm, 2.5 a 3.5 mm y mayores de 3.5 mm de diámetro. Lo cual difiere con la similitud en la cantidad de folículos de 2 a 3 mm y 4 a 5 mm de diámetro en las ovejas Pelibuey con condición corporal alta o baja con diferente nivel de nutrición focalizada, en el presente estudio. La relación entre la condición corporal y la nutrición focalizada en periodos cortos, aún es tema controversial. Morley et al. (1978) reportaron que ovejas con condición corporal 2 (escala 0 a 5 unidades; Russel et al., 1969) respondieron mejor a la nutrición focalizada en periodos cortos, con respecto a aquellas con mejor condición corporal. Leury et al. (1990) observaron que la condición corporal alta, responde mejor a la nutrición focalizada comparada con la condición corporal baja. Este efecto coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, para las ovejas Pelibuey con condición corporal alta, alimentadas con nutrición focalizada durante el periodo de sincronización, lo cual se reflejó en la cantidad de folículos mayores de 6 mm de diámetro.

Hashem et al. (2011) reportaron que las ovejas en época de anestro presentaron actividad ovárica con folículos de diámetros menores de 4 mm (0.9 ± 0.2), menores (0.5 ± 0.3) y mayores de 5 mm (0.6 ± 1.0). Huchkowsky et al. (2002) reportaron folículos de diferente diámetro, 4.1 ± 0.3 (2 mm), 2.0 ± 0.1 (3 mm), 1.3 ± 0.1 (4 mm) y 0.4 ± 0.1 (>5 mm) en ovejas Western White-Faced en anestro temprano. Vilariño et al. (2013) sincronizaron el estro en ovejas con CIDR® usados por primera, segunda y tercera ocasión, y reportaron que el diámetro folicular a la ovulación fue 5.6 ± 0.6 , 6.7 ± 0.8 y 5.6 ± 0.5 mm, respectivamente. Bartlewski et al. (2001) observaron que el promedio de los folículos antrales de 3 mm de diámetro no aumentó y se redujeron en los ovarios que contenían CL, en ovejas que ovularon de manera unilateral. Lo cual sugiere que, las estructuras lúteas pueden suprimir localmente el crecimiento de folículos antrales ováricos de diámetros diferentes de 3 mm, pero no es un efecto inhibitor de los CL en el crecimiento de los folículos ováricos para los diámetros más grandes. Además, la presencia de estructuras lúteas no parece afectar la longitud de la vida útil de los folículos que alcanzan diámetro mayor de 5 mm, ni la cantidad de ovulaciones por ovario en ovejas cíclicas. Por lo cual, el crecimiento de los folículos antrales posiblemente sea sistémico a nivel local y se atribuya a los efectos de la progesterona (Bartlewski et al., 2011).

De la Isla-Rivera et al. (2011) encontraron similitud en la cantidad de folículos con diámetro máximo, en ovejas con condición corporal alta o baja y observaron que la cantidad de folículos mayores de 4 mm, se incrementó en aquellas cuando la condición corporal baja aumentaba, pero no se modificó cuando la condición corporal alta disminuía. Lo cual difiere con los resultados obtenidos en la cantidad de folículos mayores de 6 mm de diámetro en las ovejas Pelibuey sin nutrición focalizada, con condición corporal alta o baja, en el presente estudio. Es posible que la condición corporal en la oveja aumente la cantidad de folículos de mayor diámetro folicular y esta respuesta, se atribuya al aprovechamiento de los nutrientes adicionados a la nutrición focalizada. Viñoles et al. (2009a) evaluaron la asociación entre los

efectos estático (condición corporal) e inmediato (suplementación de corta duración) de la nutrición y observaron que las ovejas con condición corporal alta (4 unidades) respondieron mejor a la suplementación, con respecto a aquellas con condición corporal baja (2 unidades; Russel et al., 1969).

En ovejas, un patrón de tres oleadas de desarrollo folicular se asocia al incremento en la velocidad y al número de folículos de recambio (Evans, 2003). Además, se relaciona la cantidad de oleadas foliculares con la tasa de ovulación, y si esta asociación resulta positiva, mayor cantidad de folículos estén disponibles para reclutarse dentro de una oleada ovulatoria. Por lo tanto, se requieren más estudios para determinar la condición corporal en ovejas, en la cual se optimice la respuesta a la suplementación de corta duración para aumentar la tasa ovulatoria.

Porcentaje de ovulación

Investigaciones realizadas en la misma área de estudio de la presente investigación, reportaron que el porcentaje de ovulación en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo sin hormonas exógenas, fue 70.0% a los 60.5 ± 2.7 d postparto (d PP; Morales-Terán et al., 2004), 18.8% a los 52.6 ± 2.0 d PP (Pérez-Hernández et al., 2009), 35.7% a los 56.7 ± 1.7 d PP (Morales-Terán et al., 2011) y 52.1% a los 35 d PP, pero en ovejas estimuladas con 'efecto macho', previo a la sincronización con CIDR® (Castillo-Maldonado et al., 2013). Estos resultados difieren con el 95% de ovulación promedio, obtenido en las ovejas Pelibuey con condición corporal alta o baja, con nutrición focalizada durante el periodo de sincronización con CIDR® por 9 d, en la presente investigación.

Estas diferencias se atribuyen a que la sincronización del estro del presente estudio, se realizó durante abril a junio. Además, no se consideró el estímulo del carnero ('efecto macho'), previo a la sincronización del estro, lo cual indica que algunas ovejas Pelibuey son capaces de mostrar actividad reproductiva continua durante los meses del anestro (Valencia et al., 2006), pero la presencia del carnero durante la detección del estro ejerce un efecto estimulador durante la actividad estral (Ungerfeld et al., 2013). Por lo tanto, es posible que los efectos de los factores ambientales como la época reproductiva, la región geográfica, el fotoperiodo, el nivel nutricional y el estado fisiológico, influyan en la respuesta reproductiva en las ovejas (Hashem et al., 2011).

Con respecto al aporte nutricional, existe evidencia de que la tasa ovulatoria aumenta con una mejor nutrición (flushing) durante un período de 10 días antes del apareamiento. Incluso, en periodos más cortos, a partir de 4 a 8 d antes de la ovulación, que coinciden con la oleada folicular (Viñoles et al., 2009b). Sin embargo, se recomienda que en un periodo más prolongado, la nutrición en las ovejas se realice 10 d antes de la introducción de los carneros (Robinson et al., 2006). Por tanto, la nutrición ejerce diferentes efectos en la actividad

ovárica, como la inhibición completa de la reproducción, en respuesta a la desnutrición a través del mecanismo hipotalámico que controla la ovulación y, por otro lado, mejora la fecundidad con la suplementación nutricional, a través de un mecanismo directo del ovario, en las ovejas ovulando (Scaramuzzi y Martin, 2008).

Respuesta a la sincronización del estro

La reproducción de pequeños rumiantes se controla con varios métodos desarrollados en las últimas décadas. La progesterona (P₄) o sus análogos actúan en la fase lútea del ciclo y simulan la acción de la P₄ natural producida por el CL después de la ovulación (Abecia et al., 2012). Hashem et al. (2011) evaluaron la respuesta al estro en ovejas lactantes alrededor de 40 a 120 d postparto y reportaron 34% (32/94) de respuesta al estro. Franco-Guerra et al. (2012) sincronizaron el estro en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo, con FGA por 12 d más 300 UI de eCG aplicadas 48 h antes del retiro de la esponja, y no obtuvieron respuesta a los 30 d postparto, pero observaron 60% de respuesta a los 60 d postparto. Estos resultados difieren con lo obtenido en el presente estudio, en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo (>66%) y en ovejas vacías (>72%), con condición corporal alta o baja, respondieron al estro postparto por efecto de la nutrición focalizada ofrecida durante el periodo de sincronización. Por tanto, es posible atribuir estos efectos al estado fisiológico de las ovejas, debido a que la respuesta es favorable, según la adición de la ingesta de acuerdo con la condición corporal. Los efectos del amamantamiento también se consideran, debido a que la lactancia incrementa el anestro posparto (Morales-Terán et al., 2004) y es evidente cuando se reduce el período de destete, porque se relaciona con el inicio del estro posparto (Pérez-Hernández et al., 2009); o cuando las ovejas amamantan a dos corderos, porque se manifiesta un período mucho más prolongado entre el parto y la gestación, que cuando amamantan a uno (Herrera et al., 2010).

Castillo-Maldonado et al. (2013) reportaron 100% de respuesta al estro en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo, sincronizadas a los 35 d postparto con CIDR® durante 9 d; lo cual difiere con lo obtenido en el presente estudio, lo cual se atribuye al estímulo previo el carnero y al control del amamantamiento. Además, es posible relacionar los efectos de la nutrición con los eventos reproductivos, en el equilibrio de la energía, lo cual se observa cuando los requerimientos nutricionales son mayores a la ingesta de nutrientes, porque los animales utilizan sus reservas de energía (glucógeno, triglicéridos y proteínas) para cubrir el déficit; por el contrario, si un animal está deficiente, se encuentra en "balance negativo de energía", lo mismo ocurre cuando el requerimiento de nutrientes es menor que el consumo, el animal lo almacena (en forma de glucógeno y triglicéridos) o lo dispersa en calor metabólico (Scaramuzzi et al., 2006). Por lo anterior, los mecanismos de los efectos nutricionales en la foliculogénesis, probablemente no se relacionan con el suministro de los nutrientes y

correspondan a los efectos de nutrientes específicos de señalización que enlazan la reproducción con las condiciones ambientales favorables para la reproducción (Somchit-Assavacheep et al., 2011). En contraste, la restricción nutricional, incluso durante un período corto, se relaciona con la presencia de folículos grandes en fase de crecimiento que, a pesar de alcanzar la ovulación, se mantienen estáticos durante la fase folicular inducida y el desarrollo de los folículos subordinados no se inhibe (Sosa et al., 2010).

Inicio de estro

El uso de progestágenos en ovejas amamantando, mejora el porcentaje de respuesta al estro, lo cual sugiere que los progestágenos disminuyen el efecto negativo del amamantamiento durante el anestro postparto (Smart et al., 1994) y la restricción del amamantamiento acelera la presentación del estro postparto (Camacho-Ronquillo et al., 2008; Castillo-Maldonado et al., 2013). Estas aseveraciones difieren con los resultados obtenidos en las ovejas Pelibuey en el presente estudio; sin embargo, coinciden con lo reportado por Abecia et al. (2012), quienes mencionaron que al sincronizar el estro con CIDR® durante 12 a 14 días, las ovejas presentaron estro 48 h después del retiro del dispositivo.

El inicio del estro obtenido en el presente estudio, se atribuye al efecto de la nutrición focalizada ofrecida durante la sincronización, o al estado fisiológico de las ovejas con diferente condición corporal. El uso estratégico de suplementos nutricionales es una herramienta de gestión en los sistemas de producción. Investigaciones recientes sugieren maximizar el potencial prolífico (tasa de ovulación), para evitar la pérdida de embriones, la programación de la productividad futura de la descendencia, la maximización del desarrollo y la supervivencia postnatal (Martin et al., 2004). Es posible considerar cada período de enfoque alimenticio, para diferenciar la composición y la duración de la dieta, y también la relación entre la condición corporal con la respuesta reproductiva de cada oveja (Martin y Kadokawa, 2006). Al respecto, Araujo et al. (2009) observaron que la condición corporal de ovejas Santa Inés aumentó a los 56 d postparto y que la duración en el reinicio de la actividad ovárica postparto fue similar ($P>0.05$; 34.1 ± 15.3 d postparto), en respuesta a diferentes niveles de inclusión de cáscara de soya en la dieta.

Cambio de peso

De la Isla-Herrera et al. (2011) reportaron que el peso final promedio de ovejas con condición corporal alta fue de 32.1 ± 1.3 kg, lo cual representó una pérdida promedio de 8.5 kg, mientras que aquellas con condición corporal baja ganaron 5.9 kg aproximadamente, después de alimentarlas con una dieta a base de maíz molido (21.4%), harina de soya (18.1%), heno de *Brachiaria brizantha* (48.7%), melaza (8.6%) y minerales (3.2%); sincronizadas con 40 mg de

FGA durante 12 d. Estos resultados difieren con los obtenidos en el presente estudio, donde las ovejas Pelibuey vacías, con condición corporal alta o baja a diferentes niveles de nutrición focalizada, no disminuyeron su peso corporal durante el periodo experimental. Además, el mayor peso se registró en aquellas ovejas alimentadas con nutrición focalizada, con condición corporal alta, y el cambio de peso se observó después de 21 d de la asignación al tratamiento. Lo anterior, se atribuye al efecto de la nutrición focalizada en las ovejas Pelibuey vacías con condición corporal baja, debido a que la adición extra de una ración alimenticia favorece el peso y la condición corporal (Khalifa et al., 2013).

Conclusiones

1. La nutrición focalizada aumenta la cantidad de folículos ováricos mayores de 6 mm de diámetro en las ovejas Pelibuey con condición corporal alta.
2. La respuesta de la nutrición focalizada y la condición corporal, no incide la cantidad de folículos ováricos de 2 a 3 mm y de 4 a 5 mm de diámetro durante la sincronización del estro con CIDR®.
3. Las ovejas Pelibuey con condición corporal alta, presentan cambios de peso corporal en respuesta a la nutrición focalizada ofrecida durante la sincronización del estro.

Agradecimientos

Los resultados son parte del Proyecto de Tesis de Doctorado del primer autor, financiado por el Colegio de Postgraduados mediante el Fideicomiso No. 167304/2011, con el apoyo de la LPI-5 Biotecnología Microbiana Vegetal y Animal, y del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos durante 2010 a 2014.

Literatura citada

- Abecia, J. A., F. Forcada and A. González-Bulnes. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 130:173-179.
- Araujo, R. C., A. V. Pires, I. Susin, C. Q. Mendes, G. H. Rodrigues, F. S. Urano et al. 2009. Postpartum ovarian activity of Santa Inês lactating ewes fed diets containing soybean hulls as a replacement for coastcross (*Cynodon sp.*) hay. *Small Ruminant Research* 81:126-131.

Bartlewski, P. M., A. P. Beard, C. L. Chapman, M. L. Nelson, B. Palmer, J. Aravindakshan et al. 2001. Ovarian responses in GnRH-treated anestrous ewes: follicular and endocrine correlates with luteal outcome. *Reproduction Fertility and Development* 13:133-142.

Bartlewski, P. M., T. E. Baby and J. L. Giffin. 2011. Reproductive cycles in sheep. *Animal Reproduction Science* 124:259-268.

Camacho-Ronquillo, J. C., J. C. Rodríguez-Castillo, J. E. Hernández-Hernández, A. Pro-Martínez, C. M. Becerril-Pérez y J. Gallegos-Sánchez. 2008. Características reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 16:18-24.

Castillo-Maldonado, P. P., H. Vaquera-Huerta, L. Tarango-Arámbula, P. Pérez-Hernández, A. Herrera-Corredor y J. Gallegos-Sánchez. 2013. Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. *Archivos de Zootecnia* 62(239):419-428.

De la Isla-Herrera, G. A. Ayala-Burgos, R. Aké-López and A. Gonzalez-Bulnes. 2011. Effects of body condition change over oestrus, follicular development and ovulation rate in Pelibuey ewes under tropical conditions. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:337-347.

Evans, A. C. O. 2003. Ovarian follicle growth and consequences for fertility in sheep. *Animal Reproduction Science* 78:289-306.

Franco-Guerra, F. J., J. E. Hernández, O. A. Villarreal-Espinobarros, C. Quiroz-Ruiz, J. Gallegos-Sánchez y J. C. Camacho-Ronquillo. 2012. Variables productivas de corderos y ovejas Pelibuey inducidas al estro con hormonas exógenas y con diferentes tipos de amamantamiento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 20(1-2):47-53.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 5ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. México.

Hashem, N. M., S. Z. El-Zarkouny, T. A. Taha and Z. R. Abo-Elezz. 2011. Effect of season, month of parturition and lactation on estrus behavior and ovarian activity in Barki x Rahmani crossbred ewes under subtropical conditions. *Theriogenology* 75:1327-1335.

Herrera, J., H. Jordán and A. F. Senra. 2010. Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44(3):211-219.

Huchkowsky, S. L., P. M. Bartlewski and N. C. Rawlings. 2002. Ovarian follicular development and endocrine function in non-prolific Western White Face ewes with early or late onset of seasonal anestrous. *Small Ruminant Research* 46:191-199.

Khalifa, E. I., M. E. Ahmed, Y. H. Hafez, O. A. El-Zolaky, K. M. Bahera and A. A. Abido. 2013. *Annals of Agricultural Science* 58(2):163-172.

Leury, B. J., P. J. Murray and J. B. Rowe. 1990. Effect of nutrition on the response in ovulation rate in Merino ewes following short-term lupin supplementation and insulin administration. *Australian Journal of Agricultural Research* 41:751-759.

Littell, R. C., P. R. Henry and C. B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal Animal Science* 76:1216-1231.

Martin, G. B. 2009. The 'clean, green and ethical' concept in animal production. *Agrociencia* 13(3):1-7.

Martin, G. B. and H. Kadokawa. 2006. Clean, green and ethical animal production. Case study: reproductive efficiency in small ruminants. *Journal Reproduction and Development* 52:145-152.

Martin, G. B., J. T. B. Milton, R. H. Davidson, G. E. Banchemo, D. R. Lindsay and D. Blache. 2004. Natural methods of increasing reproductive efficiency in sheep and goats. *Animal Reproduction Science* 82-83:231-46.

Morales-Terán, G., A. Pro-Martínez, B. Figueroa-Sandoval, C. Sánchez-Real y J. Gallegos-Sánchez. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro posparto en ovejas Pelibuey. *Agrociencia* 38:165-171.

Morales-Terán, G., C. A. Herrera-Corredor, P. Pérez-Hernández, J. Salazar-Ortiz and J. Gallegos-Sánchez. 2011. Influence of controlled suckling and the male effect on the resumption of postpartum ovarian activity in Pelibuey sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3):493-500.

Morley, F. W. H., D. H. White, P. A. Kenney and I. F. Davis. 1978. Predicting ovulation rate from live weight in ewes. *Agricultural Systems* 3:27-45.

Pérez-Hernández, P., V. M. Hernández-Valdez, B. Figueroa-Sandoval, G. Torres-Hernández, P. Díaz-Rivera y J. Gallegos-Sánchez. 2009. Efecto del tipo de amamantamiento en la actividad ovárica posparto de ovejas Pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias* 19:343-349.

Robinson, J. 2006. Prenatal programming of the female reproductive neuroendocrine system by androgens. *Reproduction* 132: 539-547.

Rodríguez-Castillo, J. C., A. Pro-Martínez, C. M. Becerril-Pérez, B. Figueroa-Sandoval y J. Gallegos-Sánchez. 2004. Respuesta reproductiva y tasa ovulatoria en cabras Boer x Nubia en diferentes épocas del año. *Interciencia* 29(8):468-472.

Russel, A. J. F., J. M. Doney and R. G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science* 72:451-454.

Salinas, F. M. 2008. Modelos de Regresión VI. Análisis de supervivencia. *Ciencia y Trabajo* 28:75-78.

SAS Institute Inc. 2012. SAS user's Guide Statistics, version 9.4 (TS1MO). Cary, NC, USA.

Scaramuzzi, R. J. and G. B. Martin. 2008. The importance of interactions among nutrition, seasonality and socio-sexual factors in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reproduction Domestic Animal* 43(2):129-136.

Scaramuzzi, R. J., B. K. Campbell, J. A. Downing, N. R. Kendall, M. Khalid, M. Muñoz-Gutiérrez et al. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition and Development* 46(4):339-354.

Scaramuzzi, R. J., D. T. Baird, B. K. Campbell, M. A. Driancourt, J. Dupont, J. E. Fortune et al. 2011. Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reproduction Fertility and Development* 23:444-467.

Scaramuzzi, R. J., L. Oujagir, J. B. Menassol, S. Freret, A. Piezel, H. M. Brown et al. 2013. The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. *Reproduction Fertility and Development* 26(8):1154-1165.

Shapiro, S. S. and M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality. *Biometrika* 52: 591-611.

Smart, D., I. Singh, R. F. Smith and H. Dobson. 1994. Opioids and suckling in relation to inhibition of oestradiol-induced LH secretion in postpartum ewes. *Journal of Reproduction and Fertility* 101:115-119.

Somchit, A., B. K. Campbell, M. Khalid, N. R. Kendall and R. J. Scaramuzzi. 2007. The effect of shortterm nutritional supplementation of ewes with lupin grain (*Lupinus luteus*), during the luteal phase of the estrous cycle on the number of ovarian follicles and the concentrations of hormones and glucose in plasma and follicular fluid. *Theriogenology* 68:1037-1046.

Somchit-Assavacheep, A. 2011. Influence of nutritional management on folliculogenesis in ewes. *Thai Journal of Veterinary Medicine (Suppl.)*. 41:25-29.

Sosa, C., A. Gonzalez-Bulnes, J. A. Abecia, F. Forcada and A. Meikle. 2010. Short-term undernutrition affects final development of ovulatory follicles in sheep synchronized for ovulation. *Reproduction in Domestic Animals* 45:1033-1038.

Ungerfeld, R., D. Gamboa and L. Álvarez. 2013. Response of ewes primed with new CIDRs, previously used CIDRs, or previously used and autoclaved CIDRs to the ram effect during the non-breeding season. *Animal Reproduction* 10(4):704-707.

Valencia, J., A. Porras, O. Mejía, J. M. Berruecos, J. Trujillo y L. Zarco. 2006. Actividad reproductiva de la oveja Pelibuey durante la época del anestro: Influencia de la presencia del macho. *Revista Científica, FCV-LUZ* 2:136-141.

Vilariño, M., E. Rubianes and A. Menchaca. 2013. Ovarian responses and pregnancy rate with previously used intravaginal progesterone releasing devices for fixed-time artificial insemination in sheep. *Theriogenology* 79:206-210.

Viñoles, C., A. Meikle and G. B. Martin. 2009b. Short-term nutritional treatments grazing legumes or feeding concentrates increase prolificacy in Corriedale ewes. *Animal Reproduction Science* 113:82-92.

Viñoles, C., B. Paganoni, J. T. B. Milton, D. Blache, M. A. Blackberry and G.B. Martin. 2009a. The static and immediate effects of nutrition on ovulation rate in Merino ewes-evaluation with a 'one-wave model' for studying follicular dynamics. *Reproduction Submitted*.

EFFECTO DE DIFERENTES DIETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE TRASPATIO DE CONEJO NUEVA ZELANDA, IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ

Oscar Borjas Vázquez²⁵⁸, Norma Mora Collado^{258*} y Ricardo Serna Lagunes²⁵⁸

Resumen

El conejo de la raza Nueva Zelanda (*Oryctolagus cuniculus*) es un organismo que se originó en los Estados Unidos de América, pero que actualmente se reproduce en diversos países del mundo. La alimentación para estos organismos al igual que todos los seres vivos es de gran importancia, por lo que en los criaderos o granjas utilizan el alimento procesado; sin embargo, en la actualidad debido a los altos costos de estos de alimentación se ha optado por buscar alternativas, por lo que se ha optado por la utilización de follajes tanto arbustivos como arbóreos que se pueden encontrar en el entorno y que pueden reducir los costos de producción en la alimentación, aprovechando las hojas, flores y tallo de diversos vegetales. Por lo que el presente trabajo evaluó la calidad bromatológica (índice proteína-fibra) de dos especies vegetales, Mozoquelite (*Bidens pilosa* L.) y la hoja del plátano (*Musa paradisiaca* L.) las cuales fueron colectadas de la comunidad de Zapoapan, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Se formaron tres grupos de cuatro conejos, a los cuales se les suministró cada una de las plantas. Cada animal se pesó al inicio y al finalizar el experimento de alimentación. Con los datos de peso, se aplicó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey para determinar que planta aportó mayor peso a los individuos. Los principales resultados muestran, que, después del alimento procesado, *B. pilosa* proporcionó un mayor peso a los conejos, con respecto a *Musa paradisiaca*. Esto permite recomendar, una dieta alternativa para la producción de conejos de traspatio, con lo cual se satisfacen las necesidades nutricionales y se economiza en la alimentación.

Palabras clave: producción de traspatio, raza nueva Zelanda, *Bidens pilosa*, *Musa paradisiaca*

²⁵⁸ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana. Camino antiguo Peñuela-Amatlán km. 1. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P.94950. nmora@uv.mx

Introducción

La cunicultura es una actividad importante, pues se obtienen productos como la carne, piel y crías; además, subproductos como la orina y artesanías (Campos, 2008). Para su crianza, se deben conocer sus características de vida y contar con las instalaciones adecuadas para su manejo (Ferrer y Valle, 1968). Los conejos como herbívoros, tienen un estómago sencillo y el ciego es muy grande, en donde se desarrollan algunas bacterias para el aprovechamiento de carbohidratos estructurales (Rodríguez, 1999), de importancia para su alimentación (Roca, 1991).

A nivel mundial, la producción de carne de conejo en 2012, fue de 1.8 millones de t. China produce un total de 735,000 t, Venezuela 275.000 t, Italia 262.436 t, Corea del Norte 149.500 t, España 68.000 t (Murcia, 2014). En México, la producción de carne de conejo en 2012 fue de 2,340 t. Los lugares con mayor producción y comercialización fueron los municipios de Amecameca y Texcoco; la zona del Valle de Toluca, al de Estado de México; el municipio de Jilotepec y Atlacomulco, localizados en el estado de Veracruz; beneficiando a 1,500 familias dedicadas a esta actividad, destacando que la carne de conejo es 20% más económica y sana que la carne de bovino (SAGARPA, 2012).

Existen 28 diferentes razas de conejos a nivel mundial para su explotación. Las más utilizadas para la producción de carne son: Conejo Belga, Californiano, Chinchilla, Holandés, Danés Gigante, Nueva Zelanda Rojo y Blanco y Rex; en México, Arroyo (1997) indica que las razas más explotadas son Nueva Zelanda, Chinchilla, California y Azteca Negro, así como híbridos de alta productividad para carne descendientes de Gigante Bouscat x Nueva Zelanda, Nueva Zelanda x California, Gigante Bouscat x California, Nueva Zelanda x Pequeño Ruso, entre otros. Quan (2002), menciona que desde hace muchos años la crianza de conejos ha tenido un gran auge principalmente para las personas de escasos recursos. Sin embargo, la alimentación es uno de los grandes problemas a nivel granja, ya que, para poder obtener un recurso económico y alimenticio en corto tiempo, se utiliza alimento procesado balanceado para su engorde, que a veces no es de calidad nutrimental (Rodríguez, 1999).

Con base a lo anterior resulta preponderante implementar una dieta con un balance nutricional complementado con las plantas que se desarrollan en las zonas donde se ubican los criaderos, y de esta manera se economice en el alimento y se contribuya al crecimiento de los ejemplares. Lo que se persigue es un doble beneficio económico al disminuir el costo o gasto en la compra del alimento procesado, al sustituir una porción de este, a base de una dieta natural que aporte elementos nutricionales para la producción de carne. En este sentido, este trabajo se enfocó a elaborar dos dietas con las plantas *B. pilosa* y *M. paradisiaca* y las cuales se encuentran localizadas en el área de estudio y ofrecidas en

conejos de la Raza Nueva Zelanda, determinando los nutrientes de las mismas, comparando el peso para correlacionar con la producción de carne de conejo. El objetivo del trabajo fue Evaluar la inclusión de *Bidens pilosa* y *Mussa paradisiaca* como dieta alternativa para el crecimiento y engorde del conejo raza Nueva Zelanda.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó durante 15 días en una granja privada en donde se realiza la crianza de conejos de la raza nueva Zelanda en modalidad de traspatio, ubicado en la localidad de Zapoapan, Ixtaczoquitlán, Veracruz. El clima es templado húmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 18°C (INEGI, 2016).

Se utilizaron 12 organismos en la etapa de destete (30-35 días de edad); los cuales se pesaron, midieron y sexaron. El peso osciló de los 240-850 gramos; estos fueron marcados cuidadosamente para mantener el control de consumo, se ubicaron en 3 grupos con 4 individuos y colocados individualmente en jaulas elaboradas de bambú con maya de gallinero, de 3m de largo x 1m de alto x 50cm de ancho con divisiones de 50cm aproximadamente. La base en el suelo evitaba que los organismos se lastimaran las patas; además de obtener los alimentos que tiraban y se colocaron dentro de un área techada en la cual se mantuviera las condiciones ambientales.

Durante una semana en adaptación se ofrecieron las plantas *B. pilosa* y *M. paradisiaca*, recién cortadas para la aceptación de los animales. El alimento fue ofrecido todos los días, de 9:00 am a 6:00 pm con la finalidad de que aceptaran las dietas en forma natural, esto sirvió para estimar la cantidad de alimento que se ofrecería de manera individualmente dentro del experimento. El diseño experimental fue con tres tratamientos y cuatro repeticiones por cada uno. Las dietas evaluadas fueron TT= 10g de alimento balanceado comercial Ganador, TP= 10g de planta (*B. pilosa*) y TF=10g de planta (*M. paradisiaca*). El contenido de los nutrientes se investigó, para proporcionar los porcentajes de proteína-fibra y lograr que se obtuvieran una cantidad con la misma relación que el alimento procesado. Se formularon para cubrir los requerimientos de proteína-fibra en los conejos de engorde.

El material vegetal se pesó con la finalidad de obtener la relación entre el alimento ofrecido y el desechado. Las plantas utilizadas fueron sometidas a un análisis bromatológico en la Facultad de Ciencias Químicas (Orizaba) U.V., determinándose los índices proteína-fibra en materia base seca. Utilizando los análisis químicos proximales Kjeldahl y el de digestión acida-alcalina, respectivamente. Se aplicó un análisis de varianza y una prueba de medidas de Tukey para determinar cuál de los tratamientos dietéticos proporcione mayor ganancia de peso y desarrollo en los organismos.

Resultados y discusión

La composición química de las plantas en sus porcentajes de proteína-fibra, mostraron que la especie *B. pilosa* tuvo un valor proteico (2.22%) en 100gr. de muestra en base seca. Mientras que la *M. paradisiaca* tuvo un valor de fibra de (2.04%) en muestra seca, por lo que se utilizó la regla de tres para sacar la relación. De acuerdo a diferentes bibliografías que han obtenido la composición nutricional de varias plantas, se consideró establecer las dos dietas de especies vegetales, tomando en cuenta los índices de proteína-fibra, como parte importante en el proceso digestivo de los organismos y que permiten medir el aumento de peso (Nieves et al., 2008; Dihigo et al., 2001; Lebas, 1992). Dentro del consumo del alimento se pudo observar que el TP tuvo mayor aceptación en la ingesta (Fig. 1), con respecto al TF y TT, sin embargo, no se logró encontrar diferencias significativas ($p>0.05$) en los tratamientos con respecto a los requerimientos nutricionales antes mencionados en las dietas naturales utilizadas en este trabajo.

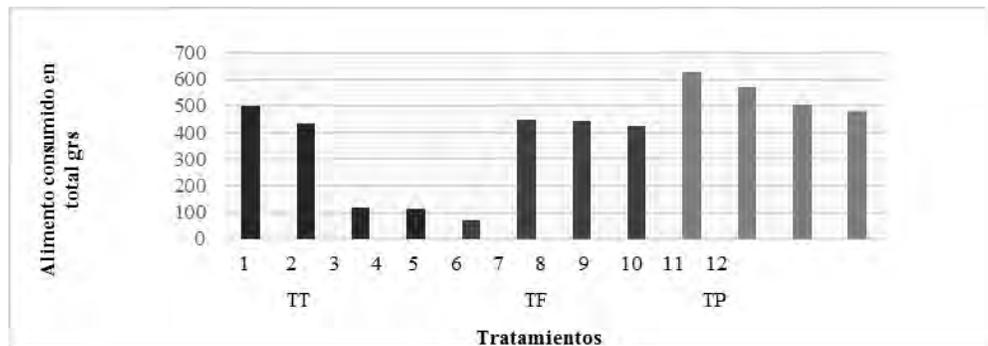


Figura 1. Consumo de tratamientos en los individuos por grupo.

Con respecto a las variables de peso, medición de la longitud de la pata y abdomen de los ejemplares, no se lograron encontrar diferencias significativas ($p>0.05$) con los tratamientos utilizados. Los resultados reflejan que el TT, permitió un aumento constante en peso y longitud de la pata y abdomen de los organismos (Figura 2).

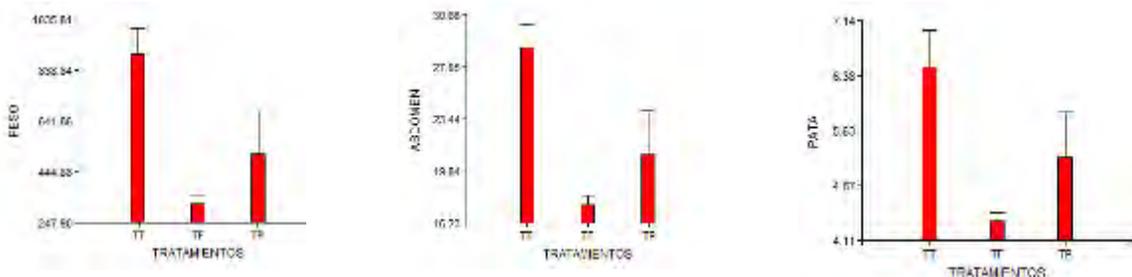


Figura 2. Requerimientos de peso y masa corporal de los conejos.

Se realizó una comparación de acuerdo a las medias con respecto a los tres tratamientos utilizados en los tres grupos obtenidos para comparar cuál de ellos era el más efectivo para los organismos durante la etapa de su crecimiento; mostrándose que la dieta a base de alimento procesado como cumple con los requisitos nutrimentales necesarios para el crecimiento de los conejos; pero no ayuda totalmente a mantener el crecimiento y condición corporal de los conejos como la materia vegetal, ya que juega un papel primordial al cubrir varias de las necesidades nutrimentales esenciales en los herbívoros como es el caso de los conejos, son componentes fundamentales en la formación de tejidos, como el muscular y las membranas celulares de ciertas hormonas y de otras enzimas, así como en la formación de la flora intestinal necesaria en los procesos digestivos (digestibilidad y tiempo de tránsito) (Rodríguez, 1999).

Las especies vegetales (*Leucaena leucocephala*, *Trichanthera gigantea*, *Morus alba*, *Arachis pintoi*, *Ipomea batatas*) se han reportado como parte de una dieta natural en conejos de la raza Nueva Zelanda (Nieves et al., 2008). Dichas dietas fueron diseñadas con base al contenido químico de las especies vegetales, por lo que es importante mencionar que de acuerdo al análisis bromatológico mostró que estas especies contienen los índices de proteína-fibra que requieren los conejos para su buena alimentación. Los mismos índices se utilizaron para valorar las dietas con respecto a otros estudios con conejos (Sánchez y Peralta, 2001; Villamide et al., 2003). Notando que las dietas proporcionan el contenido de proteína-fibra necesario para satisfacer ciertas necesidades fisiológicas de los organismos. Las especies vegetales (*B. pilosa* y *M. paradisiaca*) que se han utilizado en el presente trabajo, se han reportado en el caso del plátano como parte de una dieta en animales monogástricos y rumiantes y también ha sido utilizada como una dieta en el cerdo de Indonesia (Godoy y Elliot, 1981; Babatunde, 1992).

Comparando los reptiles herbívoros tienen una menor ingesta de alimentos y una retención digestiva más larga que los mamíferos herbívoros, mientras que su capacidad intestinal es comparable. Se menciona que en el caso de los mamíferos herbívoros se necesita de nivel metabólico más alto, lo cual se encuentra ligado a una mayor ingesta de alimentos, y esto conduce a una retención digestiva más corta, lo que compromete su digestibilidad. Sin embargo, estos organismos cuentan con microorganismos, como protozoos y bacterias en su estómago que ayuda a descomponer las grandes moléculas como es el caso de la celulosa y así degradarlas por unas más sencillas las cuales son aprovechables. Los conejos en comparación con otras especies domésticas (cerdos, aves y rumiantes) tienen una alimentación que presenta problemas adicionales específicos ya que es un organismo monogástrico y herbívoro, por lo que se tomó en cuenta que los nutrientes estuvieran proporcionados en base a índices nutrimentales establecidos para los organismos. Ya que desde hace algunos años se han incrementado las dietas con follajes en la alimentación de

los conejos y las cuales se han vuelto populares entre las granjas y los pequeños criaderos. Los materiales vegetales utilizados en el presente trabajo a pesar de no presentar diferencias significativas mayores ($p > 0,05$) en comparación a las medidas corporales marcadas, si generan un aporte importante tanto en los nutrientes absorbidos como en permitir la digestibilidad en los individuos. Por lo que es importante analizar la composición química y valor nutritivo de los alimentos para dichos organismos, se puede proponer formulas dietéticas que permitan alcanzar requerimientos nutricionales a menor costo y a su vez evitar excesos de algunos nutrientes que puedan ser causantes de enfermedades durante el crecimiento o desarrollo del organismo (Nieves et al., 2008) y que pueden ser de importante contribución en la búsqueda de formas adecuadas para los sistemas de producción.

Los mamíferos herbívoros se clasifican en fermentadores pre-gástricos, rumiantes y fermentadores post-gástricos, cuyo ciego ha evolucionado para funcionar semejantemente hasta cierto punto como el rumen (Van y Regueiro, 2008); en el caso de los conejos pertenece al grupo de los fermentadores post-gástricos, Varela y Grotiuz (2002) mencionan que la degradación bacteriana ocurre en el ciego, después que la materia vegetal ha pasado por el intestino delgado, los animales aprovechan el beneficio de la fermentación del ciego recurriendo a la coprofagia (comer de heces) de la cual obtienen más del 30% de las proteínas para su crecimiento.

Conclusiones

El alimento balanceado (TT) es considerado importante para los conejos durante su etapa de crecimiento y los procesos digestivos al contener los nutrientes establecidos, sin embargo, a pesar de que se consideran los más adecuados; las dietas naturales ayudan favoreciendo el tránsito del alimento durante su digestión y proporciona los nutrientes indispensables para su crecimiento. Los organismos requieren del 10% del peso corporal para cubrir las necesidades alimenticias diarias. Para este caso todos los individuos tuvieron un aumento de aproximadamente 6grs./día para cubrir los diversos procesos fisiológicos lo que permite mantener un promedio adecuado de crecimiento.

Las dietas elaboradas con materia vegetal *B. pilosa* (TP) presentaron un mayor aporte en crecimiento a los individuos, de aproximadamente 5.34% en comparación de la *M. paradisiaca* (TF) que su crecimiento fue de 1.1%. Utilizar plantas tanto arbustivas como arbóreas como parte de una alimentación complementaria en los animales de crianza, permite que obtengan esos requerimientos nutricionales y que se ha demostrado que la materia vegetal permite mantener el medio adecuado para la proliferación de la flora

intestinal además de estar presentes en todas las estaciones del año, permitiendo así que las disponibilidades de las partes vegetales sean aprovechadas por los herbívoros.

Literatura citada

Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Arroyo, L. M. 1997. Renace la cunicultura en México impulsada por el Centro Nacional de Cunicultura. *Lagomorpha (Mataró)*. 89:38-44.

Babatunde, G. M. 1992. Availability of banana and plantain products for animal feeding. In: Machin, D. and S. Nyvold (eds.). *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding*. FAO Animal Production and Health Paper. Roma. 95: 251-276.

Campos, S. G. 2008a b. Conceptos básicos de la cunicultura.

Dihigo, L. E., L. Savón y F. Sierra. 2001. Estudios morfométricos del tracto gastrointestinal y órganos internos de conejos alimentados con piensos que contienen harina de caña de azúcar. *Cienc. Agric.* 35(4):361.

Ferrer Palaus, J. y J. Valle Arribas. 1968. *El arte de criar conejos* (No. 636.9 F385 1968). Aedos.

Godoy, R. y P. Elliot. 1981. Efecto de cinco forrajes tropicales sobre algunos parámetros de la función ruminal y flujo de nutrientes al duodeno de bovinos alimentados a base de melaza-urea. *Producción Animal Tropical* 6(2):177-184.

Lebas, F. 1992. Alimentación práctica de los conejos de engorde. *Cunicultura* 17(97):161-168.

Murcia, J. L. 2014. Tendencias en el consumo mundial de carnes. Mercasa.

Nieves, D., A. Barajas, G. Delgado y C. González. 2008. Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos. Comparación entre métodos directo e indirecto. *Bioagro* 20(1):67-73.

Quan, C. Z. 2002. *La Cunicultura: Crianza de Conejos*.

Roca, T. 1991. *El arte de criar conejos*. Nueva edición revisada y actualizada. 214: 89-100.

Rodríguez, P. I. H. 1999. Nutrientes de los conejos. *Agricultura* (17), 1.

SAGARPA. 2012. El Estado de México primer lugar en producción y consumo de conejo.

Sánchez, D. H. y M. A. C. Peralta. 2001. Digestibilidad in vitro, población de bacterias celulolíticas y totales del apéndice cecal, ciego y colon del conejo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 39(3):229-236.

Van Lier, E. y M. Regueiro. 2008. Digestión en retículo-rumen. *Revista Sistemas de Producción Agroecológica* 2(2).

Varela, G. y G. Grotiuz. 2002. *Fisiología y metabolismo bacteriano*. Uruguay, Editorial Cefa.

Villamide, M. J., J. García, C. Cervera, E. Blas, L. Maertens and J. M. Pérez. 2003. Comparison among methods of nutritional evaluation of dietary ingredients for rabbits. *Animal Feed Science and Technology* 109(1):195-207.

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE *Toxoplasma gondii* EN LECHE DE CABRAS EN MUNICIPIOS DE VERACRUZ

Javier Cruz Huerta Peña²⁵⁹, David Itzcoatl Martínez Herrera^{259*}, Violeta Trinidad Pardío Sedas²⁵⁹, Carlos Ricardo Cruz Vázquez²⁶⁰, Maria Cecilia Venturini²⁶¹, Juan Manuel Unzaga²⁶¹, Gastón Moré²⁶¹, Joaquín Murguía González²⁶², Gabriela Romina Hernández Carbajal²⁵⁹ y Ricardo Flores Castro²⁶³

Resumen

La toxoplasmosis es considerada una de las principales zoonosis, pues se estima que afecta alrededor de un tercio de la población humana en el mundo y puede ocasionar abortos o enfermedades congénitas en sus diversos hospederos intermediarios. Por otra parte, los hospedadores definitivos son los felinos y los intermediarios pertenecen a una gran diversidad de especies animales de sangre caliente entre las que se incluyen aves, mamíferos marinos y terrestres donde se encuentra el humano. El consumo de leche o productos lácteos sin pasteurizar constituyen un factor de riesgo para la toxoplasmosis humana. El objetivo del presente estudio fue determinar la presencia de *Toxoplasma gondii* en muestras de leche por técnicas moleculares en cabras pertenecientes a municipios de la zona centro del estado de Veracruz, debido a que es en esa zona se concentra más del 90% del inventario caprino del estado. El estudio fue de tipo transversal donde se colectaron 45 muestras de leche previa asepsia realizada antes de colectar las muestras a las ubres de las cabras pertenecientes a nueve rebaños caprinos que se encontraban en producción; cinco de estos, pertenecen a municipios que resultaron de riesgo a la presencia de *Toxoplasma gondii* en un estudio serológico previo por la técnica de ELISA indirecta. Las muestras se analizaron con la técnica de Reacción de la Cadena de la Polimerasa (PCR) convencional para identificar ADN de *Toxoplasma gondii*. Se encontró ADN de *Toxoplasma gondii* en 4/45 (8.9%; IC_{95%}: 2.9-22.1) muestras de la leche de las hembras que pertenecen a los rebaños de los municipios de Coatepec y Naolinco. Se concluye que el consumo de leche de cabra sin

²⁵⁹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), Universidad Veracruzana (UV), Circunvalación Esq. Yañez S/N, Col. Unidad Veracruzana, C.P. 91710, Veracruz, Veracruz, México. *dmartinez@uv.mx

²⁶⁰ Instituto Tecnológico el LLano, México 70, C.P. 20330, Aguascalientes, Aguascalientes, México.

²⁶¹ Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Calle 60 S/N, Casco Urbano, C.P. 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

²⁶² Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FCBA), Universidad Veracruzana (UV), Peñuela Amatlán S/N, Centro, C.P. 94945, Amatlán de los Reyes Veracruz, México.

²⁶³ CENID Microbiología Animal-INIFAP, Km 15.5 Carretera México-Toluca, Col. Palo Alto, C.P. 05110 México, D.F.

pasteurizar o de sus derivados elaborados con ésta, son una fuente potencial de infección por *Toxoplasma gondii* para los consumidores de queso de cabra de tipo artesanal en la zona de estudio.

Palabras clave: toxoplasmosis, PCR, riesgo

Introducción

La toxoplasmosis es una zoonosis causada por el protozooario *Toxoplasma gondii* que pertenece al orden coccidio y al phylum apicomplexa. Afecta animales de sangre caliente incluido el hombre y los felinos, en particular los gatos son considerados los principales hospederos definitivos (Dubey, 2010). Se ha demostrado que el contacto con gatos, consumo de leche sin pasteurizar y/o de carne mal cocinada, poca higiene en la manipulación de alimentos y malas prácticas agrícolas son factores de riesgo para la infección por *Toxoplasma gondii* (Black y Boothroyd, 2000). En la actualidad se han desarrollado varias técnicas basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para identificar y amplificar el ADN de *Toxoplasma gondii* en diversos tipos de muestras como músculo o leche de los diversos hospederos intermediarios, además de agua; no obstante, aunque la PCR es en extremo sensible, en caso de ser el único método disponible, se obtienen diagnósticos más fiables si se utiliza en combinación con otros datos de diagnóstico, como por ejemplo la evidencia serológica de exposición de los animales productivos al protozooario, signos clínicos presuntivos y entre estos el aborto, y la presencia de casos humanos que han entrado en contacto con los animales expuestos con sus productos o subproductos (Aguilar-Domínguez et al., 2011; Huerta-Peña et al., 2016). A nivel mundial se ha estimado que *Toxoplasma gondii* constituye la causa de 11 a 14% de los abortos que ocurren en ovinos y caprinos (Roberts et al., 1996) y ello implica pérdidas económicas millonarias para los productores cada año. En Veracruz son escasos los estudios realizados en humanos como los realizados por Velasco-Castrejón et al. (1992) quienes encontraron una prevalencia de 66.5% o el de Aguilar-Domínguez et al. (2011) realizado en el municipio de Yecuatla, Ver., que informaron de una prevalencia de 80.5% y donde además existe una alta vocación por la caprinocultura y la elaboración de productos lácteos artesanales con leche de cabra sin pasteurizar. Huerta-Peña et al. (2016) en un estudio en caprinos que abarcó 14 municipios de la zona centro del estado de Veracruz determinaron una seroprevalencia general de 36.7%, que que estaba asociada a diversos factores de riesgo como la residencia en los municipios de Yecuatla (RM=3.4; IC_{95%}: 1.7 – 7.1), Tlacolulan (RM=3.4; IC_{95%}: 1.7 – 6.6), Chiconquiaco (RM=3.1; IC_{95%}: 1.5 – 6.4), Coatepec (RM=2.4; IC_{95%}: 1.2 – 4.5), Xico (RM=1.7; IC_{95%}: 1.1 – 3.1), que los

animales procedieran de otro estado del país (RM 1.4; IC_{95%}: 1.1-2.1); hembras en producción láctea (RM=2.4; IC_{95%}: 1.6-3.4) y caprinos entre 47 y 50 meses de edad (RM=3; IC_{95%}: 2.1-4.4). Las prácticas generalizadas en las zonas rurales de consumir leche no pasteurizada de cabras o algunos de sus subproductos, puede entonces convertirse en una fuente cada vez más importante de infección por *Toxoplasma gondii*. También son muy pocos los estudios que se han hecho en el estado de Veracruz para conocer sobre la toxoplasmosis en rebaños caprinos en la zona centro de la entidad, que es donde se encuentra más del 90% del inventario caprino de la entidad. El presente estudio pretende identificar la presencia de *Toxoplasma gondii* por técnicas moleculares a partir de la leche de caprinos de municipios de la zona centro de Veracruz.

Material y métodos

Lugar de estudio y localización

El muestreo se realizó en el área de influencia del DDR 04 Coatepec de la Delegación Estatal de la SAGARPA, ubicado en la zona centro del Estado de Veracruz. Los municipios tienen una altitud que varía desde 885 hasta 2,400 msnm. El clima en la zona centro del estado de Veracruz es templado húmedo regular, excepto en el municipio de Perote en el que predomina el clima frío seco. Las muestras fueron colectadas de rebaños pertenecientes a los municipios de Coatepec, Coacoatzintla, Naolinco y Xico; de los cuales dos de los cuatro (Coatepec y Xico) resultaron como variable de riesgo para *Toxoplasma gondii* en un estudio previo a el presente (Huerta et al., 2016).

Tipo de estudio y tamaño de muestra

El tipo de estudio fue transversal, los rebaños y caprinos fueron seleccionados al azar de donde se obtuvo una muestra de 45 hembras que se encontraran en producción láctea. De cada hembra seleccionada se obtuvieron 20 mL de leche directo de cada uno de los medios de ubre; previo a una adecuada antisepsia de cada glándula mamaria. Las muestras colectadas fueron transportadas en hieleras a 4°C hasta el Laboratorio Microbiología de la Posta Zootécnica Torreón del Molino de la Universidad Veracruzana, donde se conservaron en refrigeración, para después ser transportadas en hieleras a 4°C al Laboratorio de Inmunoparasitología de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) en la provincia de La Plata, Argentina; una vez, allí fueron conservadas a -20°C hasta su procesamiento.

Diagnóstico de laboratorio

El diagnóstico se realizó con la identificación de *Toxoplasma gondii* con el empleo de la técnica molecular de PCR a punto final (convencional) por la amplificación del gen 18s rARN con la utilización de los iniciadores TOX5 (secuencia 5'-3': CGCTGCAGACACAGTGCATCTGGATT) y TOX8 (secuencia 5'-3': CCCAGCTGCGTCTGTCTGGGAT). La extracción de ADN se hizo con el kit de purificación Wizard Genomic, que básicamente consta los siguientes pasos; primero se lleva a cabo una purificación lisa de las células y los núcleos, para el aislamiento de ADN que implica la lisis en la Solución de Lisis de Núcleos; después las proteínas celulares son eliminadas por una etapa de precipitación de la sal, que precipita las proteínas, pero deja el ADN genómico de alto peso molecular en solución; por último este ADN genómico se concentra y se desalta por precipitación con isopropanol. Proceso que se realizó en su totalidad en el laboratorio de Inmunoparasitología de la Universidad Nacional de la Plata, en Argentina.

Análisis estadístico

La frecuencia en la identificación de *Toxoplasma gondii* a partir de las muestras colectadas se estimó con el uso del programa en línea Vassarstats® para estimar proporciones, en el que además se consideraron los intervalos de confianza 95% (IC_{95%}).

Resultados y discusión

Toxoplasma gondii se identificó en 4/45 muestras de leche analizadas (8.9%; IC_{95%}: 2.9-22.1), como se puede observar en la Figura 1. Este resultado es semejante al encontrado por Amairia et al. (2016) quienes observaron también una frecuencia en la identificación del protozario de 7.8%, y comprueba en ambos sentidos, que el consumo de leche de cabras que no se ha sometido a un debido proceso de pasteurización que garantice la destrucción de *Toxoplasma gondii* o los diversos subproductos que se elaboran con ésta, pueden resultar en un riesgo importante de infección para quien los consume, puesto que es claro que el protozario se elimina por esta vía (Havelaar et al., 2010; Scallan et al., 2011). Aunque la frecuencia encontrada no es muy alta si es de consideración, debido a que algo importante de mencionar es que de los nueve rebaños analizados, en tres se logró identificar en la totalidad de las muestras el ADN de *Toxoplasma gondii* por PCR, y esto es indicativo de que puede convertirse sino es que ya es, un problema de Salud Pública para la región, debido a que en la zona de estudio se comercializa mucho queso de cabra de tipo artesanal que no cuenta con procesos de pasteurización o en algunos casos muchos de los productores y sus familias consumen esta leche de manera cruda (sin pasteurizar o por lo menos hervida) y es

por tanto un riesgo permanente para la adquisición de esta y otras zoonosis de importancia. Al respecto, Aguilar-Domínguez et al. (2011) observó que 80.5% de las personas que decidieron participar de forma voluntaria en su estudio sobre toxoplasmosis en el municipio de Yecuatla, resultaron seropositivas a la prueba de ELISA, además que las familias de la comunidad que atendió se dedicaban a la caprinocultura y consumían leche de cabra sin pasteurizar o queso elaborado con ésta; asimismo, ante los resultados observados por Huerta-Peña et al. (2016) en el estudio que se hizo en los caprinos de los 14 municipios, donde 5/14 (35.71%) resultaron de riesgo, incluido de nueva cuenta Yecuatla, sobre todo por la popularidad que tiene el consumo de queso de cabra en la región De Capital en el estado de Veracruz, la evidencia serológica debía complementarse por pruebas directas como la PCR y en este caso, resultó contundente como se aprecia en la Figura 1

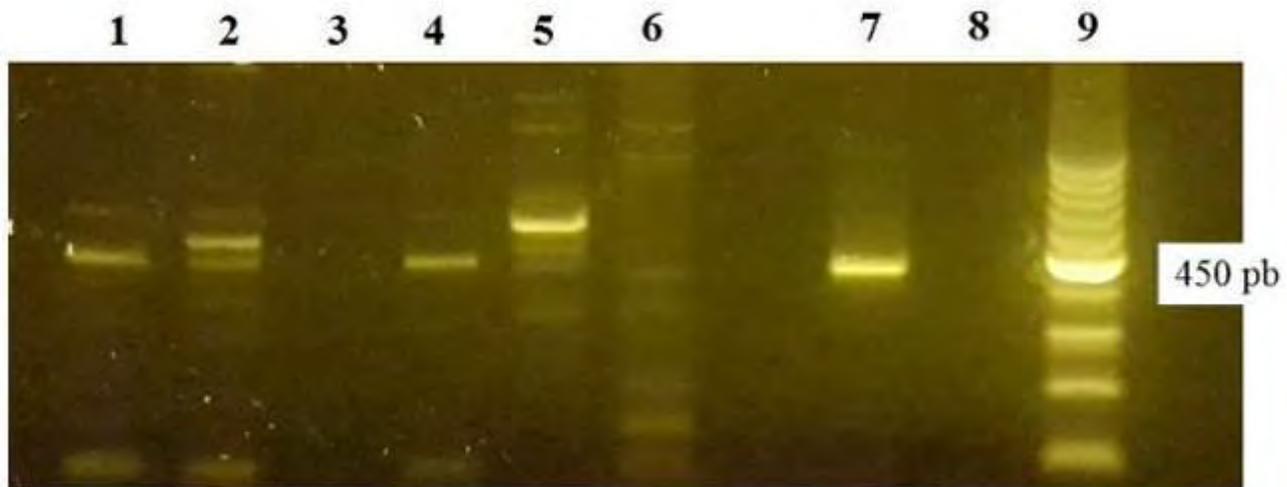


Figura 1. Carril 1, 2, 4 y 5: muestras tox5 tox8+ positivo; Carril 7: control positivo (gen 18s rARN); Carril 8: control negativo; Carril 9: marcador de ADN (100 a 1000 pb).

Conclusiones

Se identificó *Toxoplasma gondii* en 4/45 (8.9%) de las muestras de leche procesadas por la técnica de PCR y eso significa que el consumo de ésta sin pasteurizar o subproductos derivados que sean elaborados con la misma, representan una fuente potencial de infección para el humano que los consume en la zona centro del estado de Veracruz.

Literatura citada

- Aguilar, D. M., S. D. Romero, S. V. Pardío, V. Z. García, B. D. Correa, O. H. Caballero, P. F. Olea, M. Salman. 2011. Risk factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in goats and producers in Yecuatla, Veracruz. Proceedings of the 56th Annual Meeting of the American Association of Veterinary Parasitologists. July 16th-19th St. Louis, Missouri, USA.
- Amairia, S., M. Rouatbi, M. R. Rjeibi, H. Nouasri, L. Sassi, M. Mhadhbi and M. Gharbi. 2016. Molecular prevalence of *Toxoplasma gondii* DNA in goats' milk and seroprevalence in Northwest Tunisia. *Veterinary Medicine and Science* 2(3):154-160.
- Black, M. W. and J. C. Boothroyd. 2000. Lytic cycle of *Toxoplasma gondii*. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64:607-623.
- Dubey, J. P. 2010. *Toxoplasmosis of animals and humans*, 2nd ed. CRC Press. Boca Raton, FL. 336 p.
- Havelaar, A. H., F. van Rosse, C. Bucura, M. A. Toetenel, J. A. Haagsma and D. Kurowicka. 2010. Prioritizing emerging zoonoses in The Netherlands. *PLoS One* 5, e13965. doi: 10.1371/journal.pone.0013965.
- Huerta-Peña, J. C., D. I. Martínez-Herrera, V. T. Pardío-Sedas, C. R. Cruz-Vázquez, J. Murguía-González, A. J. E. Peniche-Cardena, J. A. Villagómez-Cortés, G. R. Hernández-Carbajal y R. Flores-Castro. 2016. Epidemiología de la toxoplasmosis caprina en Veracruz, México. p. 805-819.
- Innovando el Agro Veracruzano 2016. Frente a los retos de la relación Sociedad-Naturaleza. Dr. Felipe Gallardo López. Colegio de Posgraduados. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2012. Manual de las Pruebas Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres. Capítulo 2.9.10: 3-5.
- Roberts, C. W., D. J. Ferguson, H. Jebbari, A. Satoskar, H. Bluethmann and J. Alexander. 1996. Different roles for interleukin-4 during the course of *Toxoplasma gondii* infection. *Infection and Immunity* 64(3):897-904.
- Scallan E., R. M. Hoekstra, F. J. Angulo, R. V. Tauxe, M. A. Widdowson and S. L. Roy. 2011. Foodborne illness acquired in the United States-major pathogens. *Emerging Infectious Diseases* 17:7-15.
- Velasco-Castrejón, O., B. Salvatierra-Izaba y J. L. Valdespino. 1992. Seroepidemiología de la toxoplasmosis en México. *Salud Públ. Méx.* 34: 222-229.

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE DE BÚFALA (*Bubalus bubalis*) DEL SUR DE VERACRUZ

Yolanda, Retama-Ortiz^{264*}, Cruz Palacios Gerónimo²⁶⁴, Cid Ramón González-González²⁶⁴ y José Manuel Julian Sánchez²⁶⁴

Resumen

En México, desde hace dos décadas se han comenzado a introducir búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en las principales zonas ganaderas del sur del estado de Veracruz, como una alternativa de producción pecuaria. El objetivo de este estudio fue analizar la carga microbiana de la leche de búfala producida en la comunidad de Aguilera, Veracruz, en un hato de 200 búfalas de la raza bufalipso. El muestreo se realizó al azar. Se analizaron por triplicado cinco muestras de leche de 50 mL cada una. Las muestras se transportaron en una heladera desde el rancho hasta el Laboratorio de Microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan, para la cuantificación de enterobacterias, mesofilos aerobios totales, así como hongos y levaduras. Las determinaciones se realizaron, de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994 para mesófilos aerobios; NOM-133-SSA1-1994 para enterobacterias y cuenta de hongos y levaduras de acuerdo a la norma NOM-111-SSA1-1994. Los resultados obtenidos, muestran alta presencia de enterobacterias 7×10^4 UFC/mL; mientras que mesofilos aerobios totales 3.3×10^4 UFC/ml; hongos 5×10^6 UFC/mL y levaduras 1.2×10^6 UFC/mL son valores considerados como bajos en relación a la normatividad.

Palabra claves: enterobacterias, mesófilos, hongos

Introducción

En los últimos treinta años, el crecimiento de la producción de leche de búfala fue del 248.4%, en cambio la leche de vaca en ese mismo periodo alcanzó el 40.5%, la de cabra fue del 105.4% y la de oveja del 40.0%. Actualmente por volumen de leche producido, la de búfala ocupa el segundo lugar en importancia, luego de la leche de vaca y seguido por la de

²⁶⁴ Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. E-mail: ortiz-15@hotmail.com

cabra y oveja que ocupan el tercero y cuarto lugar respectivamente (FAO, 2005). Los diez principales países productores de leche de búfala en el mundo (expresados en toneladas) son: India (60.9 millones), Pakistán (20.9 millones), China (2.9 millones), Egipto (2.6 millones), Nepal (980,000), Irán (240.000), Myanmar (ex Birmania) (220,464), Italia (220,000), Turquía (32,000) y Vietnam (31,422) (FAO, 2010). El continente asiático es el responsable del 96% de la producción mundial de leche bubalina, cifra provista mayoritariamente por India, Pakistán y China. Se destacan la India por producir el 65.6% de la leche bubalina a nivel mundial (FAO, 2010). Actualmente, en Italia, China, Filipinas, Nepal, así como la Unión Europea elaboran con la leche de búfala, quesos, mantequilla leche en polvo, leches maternizadas, leches fermentadas, helados y dulce de leche. En el continente americano, se produce y comercializa leche bubalina y derivados en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, destacándose países como Brasil, Venezuela, Colombia, Argentina y Cuba. La lechería bubalina se posiciona actualmente como una alternativa pecuaria promisoría, tanto a nivel de grandes, medianos y pequeños productores en países de América Latina y el Caribe.

La producción diaria promedio de leche por búfala es de 7 a 12 L; contienen 30 a 40% más calorías que la leche de vaca. Es de sabor dulce y blanca, por la presencia de vitamina A, que es incolora, mientras que la del bovino posee caroteno (INTA, 2006). Las mayores producciones de alimentos lácteos derivan de la leche bovina, por lo que el aprovechamiento de la leche bubalina, como fuente de nutrientes y alimentos funcionales conserva un potencial que no puede ser desaprovechado (Pérez, 2011). Posee un alto valor nutritivo y un óptimo rendimiento en la elaboración de productos derivados, debido al contenido de sólidos totales (17%), grasa (7%), proteína (5%) y lactosa (6%) (Cervantes et al., 2010; Patiño, 2010), sin embargo, estos parámetros varían de acuerdo a la raza, alimentación y a las diferentes estaciones del año (Patiño, 2010).

En la leche cruda de búfalo se han encontrado, lactococos y lactobacilos, así como coliformes, E. coli, S. aureus y endosporas bacterianas, destacando la presencia de bacterias tecnológicamente relevantes, así como microorganismos que son motivo de preocupación con respecto a la calidad y la seguridad alimentaria (Ercolini et al., 2004; Han et al., 2007). También se ha demostrado que la leche cruda de búfala, contiene una rica diversidad de bacterias que cambian durante la fermentación subsecuente para la fabricación del queso mozzarella tradicional (Ercolini et al., 2001). Recientemente, la secuenciación de alto rendimiento se ha aplicado para identificar las poblaciones bacterianas presentes en la leche de búfalo y a lo largo de la fabricación de queso mozzarella (Ercolini et al., 2012). Los microorganismos dominantes en la leche cruda son *Lactococcus* spp (30%), *Acinetobacter* spp (21%), *Pseudomonas* spp. (20%), *Streptococcus macedonicus* (10%) y *Lactococcus lactis* (10%). Además, en menor abundancia se encontraron *Brochothrix*, *Carnobacterium*,

Chryseobacterium, Clostridium, Corynebacterium, Enterobacteriaceae, Gammaproteobacteria y Haloanella.

La composición química de la leche de búfalo proporciona oportunidades perfectas para el desarrollo de la industria láctea local y proporciona los nutrientes necesarios para los seres humanos, por lo que es esencial para productores, técnicos e industriales conocer la composición fisicoquímica de la leche de las diferentes razas de búfalos existentes y de los factores que la afectan, tales como el contenido de grasa, proteína, sólidos totales y su carga microbiana, los cuales influyen en la elaboración de derivados de gran importancia para la industria, el comercio de lácteos y principalmente para el consumo humano. La presencia de patógenos, indicadores e índice de microorganismos presentes en leche cruda y productos hechos de leche tratada térmicamente, podría constituir una amenaza para la salud, por lo que el objetivo de este estudio fue analizar la carga microbiana de la especie *Bubalis bubalus* en el sur de Veracruz, con el fin garantizar el consumo seguro para la población.

Materiales y métodos

El área de muestreo fue el rancho el Cubilete que pertenece a la empresa “ILAMA ERIC” ubicado en la Comunidad de Aguilera perteneciente al municipio de Sayula de Alemán, en la zona sur del estado de Veracruz. Cuenta con un hato de 200 cabezas de búfalos con una extensión de 90 hectáreas para su producción de carne y reproducción de la especie. El rancho llamado “El Cubilete” se encuentra ubicado en la carretera hacia el poblado “La Caudalosa” a las orillas de la localidad de Aguilera y se encuentra en las coordenadas Latitud 17.8167; Longitud: -95.0083 y a 120 msnm.

Durante los meses de agosto 2016 a febrero de 2017 se recolectaron 5 muestras de leche de búfala recién ordeñada, en un horario de siete de la mañana. Las muestras fueron recolectadas y transportadas de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, bienes y servicios. Procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

Las muestras se recolectaron en frascos estériles de plástico totalmente cerrados para evitar contaminación no deseada en la muestra y posteriormente se trasladaron al laboratorio en un contenedor térmico a una temperatura de 5°C para el recuento de mesófilos aerobios totales, enterobacterias, mohos y levaduras de acuerdo a las Normas NOM-092-SSA1-1994 para mesófilos aerobios; NOM-133-SSA1-1994 para enterobacterias y cuenta de hongos y levaduras de acuerdo a la norma NOM-111-SSA1-1994.

Para realizar los análisis microbiológicos se realizaron las diluciones correspondientes de la siguiente manera: 10 ml de leche de cada muestra, se homogeneizaron en bolsas estériles

que contenían 90 ml de agua de peptona tamponada estéril durante 1-2 min. Se prepararon diluciones de 10^{-1} a 10^{-6} para inocular las placas de agar. La cuenta de mesófilos aerobios totales se realizó por extensión en placa en medio de cultivo agar para recuento en placa, con las diluciones preparadas previamente. Las placas se incubaron a 37°C por 24 h. El agar rojo bilis violeta se utilizó para determinar el recuento de bacterias coliformes y se incubaron bajo condiciones aerobias a 37°C por 24 h. Se realizaron cultivos con papa dextrosa-agar acidificado con ácido tartárico al 1%, para recuento de levaduras y mohos y se incubaron a 25°C por 72 h bajo condiciones aerobias. Las pruebas se realizaron por triplicado para cada uno de los análisis planteados y al final del tiempo de incubación establecido se cuantificaron las colonias para reportarse como UFC/mL.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los valores de las medias de 15 muestras analizadas por cada grupo microbiano.

Cuadro 1. Resultados de análisis microbiológicos de leche cruda de búfala (*Bubalus bubalis*) (\log_{10} UFC/mL). n=60.

Fecha de colecta	No. Muestra	Enterobacterias	MAT	Levaduras	Hongos
19/09/2016	M1	4	5.14	4.95	0
05/10/2016	M2	5.85	6.52	6.08	5.3
18/10/2016	M3	6.04	6.57	6.51	5.47
09/11/2016	M4	6	7	7.96	0
14/02/2017	M5	7	7.3	8.34	7
	Media	5.77	6.50	6.76	3.55

En este estudio, el recuento de enterobacterias, mesófilos aerobios totales, levaduras y mohos (\log_{10} UFC/mL) fueron 5.77, 6.50, 6.76, y 3.55 respectivamente (Cuadro 1). Se observa que el desarrollo de la carga microbiana fue mayor durante los meses de invierno. De acuerdo al estándar de la NOM-1994 el número permitido para mesófilos aerobios totales es de 3×10^6 UFC/mL para la leche cruda de vaca, mientras que la especificación de EU (Directiva comunitaria 92/46/CEE, 2004) para la leche cruda de búfalo es un promedio de 5×10^5 UFC/mL. En este estudio, se determinó la media como 7.4×10^6 UFC/mL. Este nivel es más alto que el especificado en las normas. La razón principal de estas cuentas relativamente más altas puede atribuirse a las condiciones de higiene durante el ordeño.

Los valores obtenidos son más altos en relación a los reportados por Han et al. (2007) quienes obtuvieron 2.42; 5.59; 4.62 y 1.79 (\log_{10} UFC/mL) para coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras respectivamente en 120 muestras de leche de búfalo. Coroian et al., (2010) reportó valores promedio de 4.96; 4.46; 6.33 y 4.7 (\log_{10} UFC/mL) en muestras de leche de 42 búfalos, respectivamente y también determinaron 3.27 \log_{10} ufc/mL de *E. coli* en tres muestras, lo cual sugiere que la leche de búfala presenta también microorganismos patógenos. Según los resultados de este estudio, los valores de enterobacterias, mesófilos y levaduras, fueron más altos que los reportados por Coroian et al., (2010); sin embargo, el nivel de hongos filamentosos que se encontró fue menor. Los mismos investigadores reportaron para la especie de búfalo Murrah: Coliformes, *E. coli*, *S. aureus*, levaduras y mohos (\log_{10} UFC/ml) y obtuvieron valores de 3.95, 1.80, 1.80 y 1.33 (\log_{10} UFC/ml), lo cual pone de manifiesto también la presencia de microorganismos patógenos.

Conclusiones

Aunque se ha demostrado la presencia de microorganismos con potencial industrial (BAL) no dejan de ser preocupante los altos valores de mesófilos aerobios y enterobacterias presentes en la leche de búfala. Algunos de estos microorganismos causan acidificación rápida, deterioro y color no deseado, sabor y amargor en la leche lo que resulta en una calidad deficiente, por lo que se hace necesario, evaluar periódicamente la calidad sanitaria de la leche de los diferentes hatos presentes en el estado de Veracruz, con el fin de hacer propuestas de consumo seguro para la población.

Literatura citada

Coroian, A., C. O. Coroian, D. C. Vodnar and M. Trif. 2010. Study on the main microbiological traits in Romanian buffalo milk. *Bioflux* 2(2):92-98.

EU Directive 92/46/EEC. 2004. Health rules for the production and placing on the market of raw milk heat-treated milk and milk-based products. EU: EU Directive.

Ercolini D., G. Mauriello, G. Blaiotta, G. Moschetti and S. Coppola. 2004. PCR-DGGE fingerprints of microbial succession during a manufacture of traditional water buffalo mozzarella cheese. *J. Appl. Microbiol.* 96:263-270.

Ercolini, D., F. Russo, I. Ferrocino and F. Villani. 2009. Molecular identification of mesophilic and psychrotrophic bacteria from raw cow's milk. *Food Microbiol.* 26:228-231.

D. Ercolini, F. De Filippis, A. La Stora and M. Lacono. 2012. "Remake" by high-throughput sequencing of the microbiota involved in the production of water buffalo mozzarella cheese. *Appl. Environ. Microbiol.* 78:8142-8145.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. Producción mundial láctea de las especies domésticas. Revista de información general. Roma. URL disponible: <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/eeb/tendencia.htm> [fecha de acceso 17 de julio de 2017].

FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. FAOSTAT. Agriculture Database. Disponible en: <http://apps.fao.org/page/collections?Subsedy=agriculture>.

Han, B. Z, Y. Meng, M. Li, Y. X. Yang, F. Z. Ren, Q. K. Zeng and M. J. R. Nout. 2007. A survey on the microbiological and chemical composition of buffalo milk in China. *Food Control* (18): 742-746.

INTA. 2006. Características productivas del búfalo de agua. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Corrientes, Argentina. 408 p.

Patiño, E. M. 2010. Leche de búfala: su composición y procesamiento. *ECAG Informa (Costa Rica)* 12(52):26-29.

Perez, L. M. 2011. La producción de leche. El libro blanco de la leche y los productos lácteos. Estrada MM (ed). Litho Offset Imprenta México, D. F. p. 10-26.

Secretaría de Salud. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

Secretaría de Salud. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de hongos y levaduras.

Secretaría de Salud. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-133-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de enterobacterias.

INTEGRACIÓN DE LAS CADENAS DE VALOR EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO EN SAYULA DE ALEMÁN

María Magdalena Rosales Mora^{265*}, Carlos Alberto Tinoco Alfaro²⁶⁶ y Pablo Tadeo Cruz²⁶⁵

Resumen

La producción de queso en el sur de Veracruz, carece de una integración de los eslabones de la cadena de producción, ya que los ganaderos venden la leche o queso a intermediarios. En las estrategias de competitividad se considera que los productores primarios, además de ser proveedores de materia prima, deben involucrarse en los demás eslabones de la producción. El presente estudio desarrolló una metodología de cuatro etapas, con las cuales el productor de leche pueda participar en las cadenas de valor de producción de queso. La primera etapa se relacionó con la identificación de la problemática y soluciones para mejorar la producción y calidad de leche en los sistemas de doble propósito de los pequeños ganaderos del Ejido Veinte de Noviembre. La segunda etapa consideró la aplicación de encuestas a productores de queso, para identificar su problemática y plantear acciones para producir quesos con calidad e inocuidad. La tercera etapa consideró la realización de un estudio de mercado de quesos en la ciudad de Coatzacoalcos. La cuarta etapa consideró la elaboración de proyectos para obtener apoyos financieros. Los resultados indican que los pequeños ganaderos del ejido Veinte de Noviembre, para aumentar la producción y calidad de la leche, deben mejorar la alimentación y genética de sus animales, lo cual se corroboró con el 10% de ellos, que al tener mejores condiciones en ambos componentes aumentaron su producción y calidad de leche. En la elaboración de quesos, es necesario mejorar la infraestructura y los procesos de elaboración, para tener quesos con mejor sabor y calidad. En el estudio de mercado, en Coatzacoalcos se prefiere el queso de hebra, fresco y panela. En la elaboración de proyectos se encontró que existen muchas convocatorias; sin embargo, hace falta que como productores organizados los elaboren para mejorar sus técnicas y métodos de producción de leche, quesos y su comercialización y les sirva para acceder a apoyos y créditos.

Palabras clave: leche, estudio de mercado, proceso de elaboración de lácteos, proyectos

²⁶⁵ Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Campus Acahucan. magda_9525@hotmail.com

²⁶⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias. CIRGOC. C.E. Cotaxtla.

Introducción

La producción de bovinos de leche, bajo el sistema de ganadería de doble propósito es aquel que produce simultáneamente carne y leche, en estos sistemas, la alimentación depende principalmente del pastoreo, las vacas que se ordeñan una vez al día por la mañana, requiriéndose para ello el apoyo del becerro hasta el destete (Ruíz et al., 2008), Como resultados de dichos sistemas de producción, la producción de leche es una de las principales actividades económicas en el Sur de Veracruz, (SIAP, 2007). No obstante lo anterior, es importante señalar que este sistema no está bien desarrollado tecnológicamente, lo cual provoca bajos rendimientos y rentabilidad. La problemática en las explotaciones de doble propósito es muy compleja, pero destacan como obstáculos prioritarios la falta de planeación e integración de los diferentes eslabones de la cadena, la falta de una organización de productores con visión empresarial, la estacionalidad de la producción, la deficiente alimentación, la falta de investigación científica y capacitación, la baja eficiencia reproductiva, el manejo sanitario deficiente, la escases de financiamiento, la carencia de infraestructura, la falta de registros productivos, reproductivos y contables para tomar decisiones y crear planes estratégicos que mejoren la eficiencia y contribuyan a la sustentabilidad del sistema (Ruíz et al., 2008). El aspecto de comercialización en este sistema de doble propósito se puede señalar que la mayoría de los ganaderos venden la leche que producen en sus ranchos; sin embargo, existe otra opción poco realizada y que tiene que ver con la producción y comercialización de quesos, siendo esta una actividad un poco más rentable. Aunque la mayoría de los ganaderos del sur de Veracruz, manejan el sistema de doble propósito, la comercialización de la leche es un problema y las ganancias son muy bajas, debido a los bajos niveles de producción y al bajo precio de venta de la leche, no obstante lo anterior, como ya se mencionó, es lo que hace la mayoría de productores en esta región. Es importante mencionar que muy pocos productores se dedican a la transformación de la materia prima en quesos; sin embargo, presentan grandes limitantes como mala infraestructura, no tienen las medidas de higiene básicas, obtienen bajos rendimientos, baja rentabilidad y sus ventas son a intermediarios, quienes obtienen las mayores ganancias. Como una estrategia para mejorar este sistema de producción, con la mayoría de los productores, en especial con aquellos que tienen problemas con la comercialización de la leche o desean realizar una actividad empresarial, sería conveniente realizar la transformación de la materia prima en queso o en otras opciones como yogurt, crema, requesón y otros productos derivados lácteos que se puedan elaborar, para tener una mayor rentabilidad y estabilidad económica, Para lograr lo anterior, haría falta desarrollar un plan de trabajo integral en el que se mejore la producción y calidad de la leche, realizar una transformación de esta materia prima en quesos de calidad y distribuirlos hacia un mercado

local, todo lo anterior bajo un proyecto que contemple la búsqueda de recursos económicos que permita realizar las mejoras del sistema de producción, elaboración de productos lácteos y distribuirlos a través de diversos canales de comercialización.

Materiales y métodos

El presente estudio comprendió cuatro etapas, con las cuales se pretende que los productores se integren a las cadenas de valor en la producción de quesos y se describen a continuación:

Primeara etapa. Se relacionó con la identificación de la problemática técnica que limita el volumen y calidad de leche y sus posibles alternativas de solución para mejorar la producción y calidad en los sistemas de doble propósito de pequeños ganaderos del Ejido Veinte de Noviembre. Para el conocimiento de las técnicas de producción de los ganaderos, se diseñó un cuestionario de veinte preguntas, las cuales fueron aplicadas a nueve productores que entregan su leche a la Quesería “La Lupita” ubicada en la localidad de Veinte de noviembre del Municipio de Sayula de Alemán, Veracruz, ubicada a los 94° 48’ 58” longitud Oeste, 17° 35’ 29” Norte y 20 msnm. Esta comunidad está conformada por una población de 384 habitantes, que viven en 81 hogares, según el censo de población (INEGI, 2010).

Segunda etapa. Consideró la recopilación de literatura sobre la elaboración de quesos y la aplicación de encuestas a seis productores de queso, para identificar su problemática y plantear acciones para producir quesos con calidad e inocuidad. Las encuestas para los productores de queso tuvieron veinte preguntas relacionadas con su infraestructura, técnicas y resultados de producción.

Tercera etapa. Consideró la realización de un estudio de mercado de quesos en la ciudad de Coatzacoalcos. Para determinar la demanda del estudio de mercado, se diseñó un cuestionario en el que la mayoría de las preguntas fueron de opción múltiple. El levantamiento de información se realizó en colonias, mercados y supermercados de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz la cual se localiza en la zona sur del Estado, en las coordenadas 18° 09’ latitud norte y 94° 26’ longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. El levantamiento de información se realizó entre los meses de noviembre a diciembre 2016, las funciones de supervisión consistieron en la revisión de llenado de encuesta por cada uno de los entrevistadores para garantizar el control de muestreo así como la realización de todas las encuestas como se definió en el marco de muestreo.

Cuarta etapa. Consideró la elaboración de proyectos para obtener apoyos financieros de acuerdo a los formatos y requisitos solicitados en convocatorias vigentes y disponibles de la SAGARPA. En esta etapa se trabajó con una organización que apoya a productores del sur de Veracruz, con ellos se tuvo una relación de orientación sobre la recopilación de los documentos necesarios para participar en convocatorias, entre ellas la elaboración de un proyecto con los formatos preestablecidos en una de las convocatorias disponibles.

Resultados y discusión

Descripción de los sistemas de doble propósito y la problemática de los productores entrevistados. El número de vacas ordeñadas en promedio es 14, muy por debajo de las 30 a nivel nacional. El volumen de leche promedio fue de 4.8 litros por vaca, lo cual genera un volumen de 64 litros por día, que el productor vende a un precio promedio de \$5.2, los variables productivas y económicas antes señaladas, están muy relacionados con el manejo tradicional de los sistemas de producción, lo cual provoca que La actividad ganadera de la zona de estudio cuente con muchas deficiencias en el sistema, además de un bajo nivel tecnológico, los problemas inician desde las actividades rutinarias que el productor deja de hacer por falta de conocimientos o por cultura, actividades sencillas como la higiene en la sala de ordeño, el registro productivo de su hato o suministrar agua limpia al ganado, no son considerados importantes. De manera específica los problemas de la baja producción, es causada por varios factores como la mala alimentación que se traduce en el manejo de las parcelas, pues dividen el terreno con base a la forma del mismo y no a la cantidad, calidad y tipo de forraje que se encuentra en el terreno, además de que el período de descanso por división es de hasta ocho días, esta mala alimentación provoca que las hembras se encuentren vacía durante el período de lactancia, ya que éste dura hasta 300 días, lo cual es bastante drástico, ya que las vacas deben preñarse a los 90 días después del parto, otra consecuencia de la mala alimentación es la baja cantidad de leche que la vaca produce, que si bien esto es malo para el ingreso del productor, también lo es para el becerro que es destetado hasta los 215 días.

Otra consecuencia de la mala alimentación de las vacas y que impacta directamente sobre la calidad de leche, es el bajo contenido de sólidos totales en la leche, que se ven reflejados en el volumen de producción y calidad de queso, que al final se traduce en la baja rentabilidad. Es importante indicar que en los meses de junio a septiembre los sólidos totales son muy bajos en comparación con los otros meses, lo cual coincide con lo expuesto por Santos (2007), quien señala la importancia de planear y trabajar durante la época de abundancia para prepararse para la época escasez.

El Cuadro 1, muestra que el número de vacas no logra determinar la ganancia de los productores, ya que como se puede observar, el que tiene una mayor ganancia, es el que en promedio sus vacas producen 7 litros, este mismo productor es el que suministra sales minerales y tiene razas diferentes a las comunes entre los productores, él cuenta con cruza de Suizo-Sardo negro, que al manejar mejor a sus 17 vacas, sus ingresos son mayores diariamente (\$714.00), que los obtenidos al ordeñar 20 y ganar sólo \$440.00.

Cuadro 1. Estimación de las ganancias diarias del productor por número de vacas.

Número de vacas que ordeña diario	Promedio por vaca (litros)	Producción diaria (litros de leche)	Precio (\$) por litro	Ganancia diaria (\$)
17	7	119	6	714
8	5	40	4.8	192
10	5	50	5	250
17	4	68	5	340
20	4	80	5.5	440
12	5	60	5	300

En cuanto a la reproducción del hato, el 90% utiliza el empadre continuo y solo el 10% realiza la inseminación artificial, los genotipos que se pueden encontrar dentro de los productores entrevistados son Cebú con suizo, mientras que los productores que inseminan su genotipo es suizo con sardo negro, teniendo una producción de 7 a 8 litros diarios y aunque esto no es mucho comparado con las grandes explotaciones, 3 litros más por vacas comparado con los demás productores, provocado que los demás se interesen en este tipo de técnicas que permiten que la producción aumente hasta en un 100%, al comparar los 7 litros en promedio que produce el productor con los 4 litros de que produce la mayoría, lo cual hace que las ganancias se aumenten casi al doble, pero esto no es lo única ventaja que genera la inseminación o la buena alimentación, este tipo de prácticas ayuda a un mejor desarrollo del hato, cuando las vacas están bien alimentadas, producen más leche, mejoran su condición corporal, la cual se puede mantener aún durante el período de seca, alimenta bien a su becerro y registran un empadre continuo, acortando los días entre partos a diferencia de los demás productores.

Es importante mencionar que dado que en el trópico se cuenta con una gran riqueza de forrajes, es necesario mejorar su aprovechamiento con asesorías y conocimiento de nuevas tecnologías que permitan tener una mayor eficiencia en los ranchos. En relación con la calidad de la leche, el productor esta consiente de la importancia de la calidad de la leche; sin embargo, ellos no hacen mucho por producir con calidad, ya que no le beneficia, pues ésta no es incentivada por los que la compran.

Descripción del proceso de elaboración de quesos y su problemática

Considerando que la actividad económica más importante de las comunidades estudiadas: Veinte de Noviembre, La Victoria 1 y 2; 27 de Septiembre y Cangrejera es la ganadería de doble propósito y la producción de queso desde hace varias décadas. La elaboración de queso está delimitada a una superficie muy pequeña, pero con gran tradición quesera, además de limitantes como la distancia con las zonas de mercado.

De forma artesanal se elabora el queso enreatado, por sus características físicas, ya que durante el proceso es prensado con riatas. El origen de este queso no es conocido, pero la gente cuenta que les enseñaron a elaborar este tipo de queso personas del municipio de Morelos, mismo que les compraban y en algunos casos todavía les compran el producto. Este queso se elabora con leche cruda de vaca, es madurado, tiene un sabor fuerte, salado y se distingue por el molde en forma de riata en la superficie; es producido durante todo el año, aunque la producción más fuerte se da durante el verano o época de lluvias por la disponibilidad de pastura natural.

Durante este proceso las deficiencias de acuerdo con la información obtenida y por experiencia, es que desde el momento de la recepción el quesero debe medir la leche con el densímetro diario, ya que si es cierto que no mide los sólidos totales, pero es una forma práctica y económica para que el productor cuidara de su producto, el quesero no mide el cuajo y lo agrega al tanteo, tal vez por su experiencia el quesero sabe que cantidad, pero al no haber una cantidad específica del cuajo de acuerdo a la cantidad de litros, el queso puede tornarse de una textura y sabor diferente diariamente, otra deficiencia es la forma del corte de la cuajada ya que este debe ser lo más uniforme posible, pues de esto dependerá la compactación del grano, lo recomendable es utilizar las liras de acero inoxidable y hacer primero el corte en forma horizontal y posteriormente el vertical.

Otra deficiencia es el mismo quesero, que si bien para el proceso se deben manejar tiempos y la consistencia del queso para realizar los pasos de la elaboración, muchas veces el quesero con el afán de terminar pronto su trabajo, corta antes el queso, lo desuera antes, le aplica sal antes, lo picotea antes, haciendo que todo el proceso se recorte y desde el desuerado al ser un grano tierno pierde en el suero materia seca que formará el queso.

Desde el punto de vista económico, la producción diaria de leche que procesan las diez queserías que se entrevistaron en las comunidades de La Victoria 1 y 2, 27 de septiembre, La cangrejera, Paraíso y el Veinte, todas estas comunidades pertenecientes al municipio de Sayula, se estima en una cantidad de 9,830 litros diarios aproximadamente, con base en este dato y los diez litros en promedio para producir un kilogramo de queso, se estima que se producen cerca de 930 kilogramos de queso diario que venden en promedio a \$65.00, lo cual da un ingreso bruto diario de \$63,895.00, haciendo el análisis completo y costo de producción por kilogramo de queso que es de \$55.00 se obtiene una ganancia diaria de

\$9,830.00 con una rentabilidad del 15%, se estima que con la recepción de una mejor calidad de lecho y un mejor manejo de sus procesos de transformación sería factible incrementar la rentabilidad por lo menos a un 30%, además de producir los mismos quesos artesanales con inocuidad, en beneficio de la sociedad.

El estudio de mercado de quesos en la ciudad de Coatzacoalcos

En la Figura 1, se observa que más de la tercera parte de los entrevistados consumen queso, pues además de ser un producto nutricional, es un ingrediente que no falta en la gastronomía mexicana, el consumo anual por persona de queso en México, en el 2011, fue de 2.83 kg, cifra muy por debajo al consumo anual per cápita en España que en 2001 fue de 8.02 kg, o comparado con Grecia que se ubicó en 23.5 kg por persona en el 2001. Es importante señalar que el 13% señaló no consumir queso por problemas de salud y principalmente por no confiar en la higiene del mismo en su elaboración y comercialización.

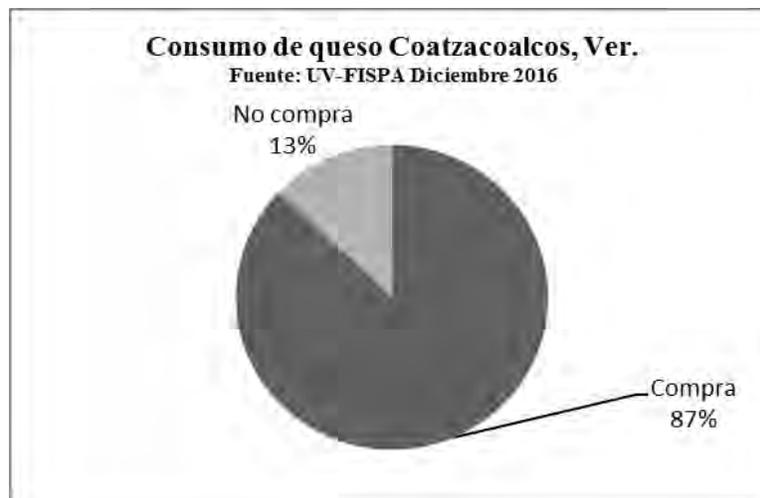


Figura 1. Consumo de queso en Coatzacoalcos, Ver.

En la Figura 2, se observa que en las familias entrevistadas, el queso de hebra es el de mayor consumo por semana. Respecto al resto del porcentaje, el segundo queso que prefieren y más se compra es el queso fresco, que tiene vida corta de anaquel.

El queso de hebra que es el de mayor consumo, se observó en qué lugar se compra con mayor frecuencia. En la siguiente Figura 8, se muestra que la mayor frecuencia de compra es en el mercado, donde se compra a \$80.00 y en el súper está entre \$75.00 y \$80.00, mientras que el valor más elevado, en este caso \$100.00 se encontró en las tiendas detallistas y los precios más bajos en las tiendas y el mercado, esto indica que si se desea vender el queso a buen precio, cualquiera de los tres lugares sería buena opción.

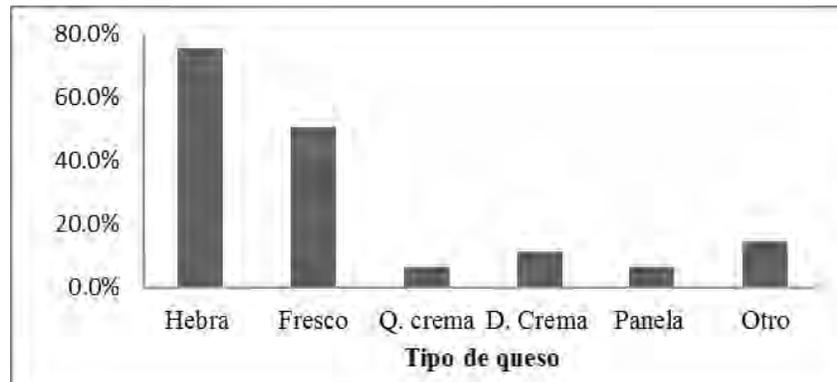


Figura 2 Frecuencia del consumo por tipo de queso.

Propuesta de proyecto para obtener apoyos o créditos por parte de productores

El trabajo realizado con la asesoría de una organización que apoya a productores del sur de Veracruz, se generó un proyecto que consideró los siguientes elementos Nombre del proyecto, lugar donde se llevará a cabo el proyecto, giro del proyecto, producto final, nombre del grupo, monto solicitado, nombre del asesor técnico, análisis de mercado, ingeniería de proyecto, análisis financiero e impactos.

Integración de los factores que interviene en la producción de quesos

Para alcanzar y optimizar la eficiencia reproductiva en la producción de quesos es necesario trabajar de manera integrada en la identificación de los animales, registro de producción, mejoramiento genético, selección de cruzamientos, alimentación, programa reproductivo, así mismo es necesario mejorar en la infraestructura y procesos de elaboración de los quesos y como se observó en los estudios de mercado, vale la pena conocer la magnitud de la oferta y la demanda como herramienta para determinar la factibilidad de una empresa de quesos. Todo lo anterior puede quedar en buenas intenciones si no va acompañado de recursos económicos que ayuden en la implementación de un plan de mejora en cada una de las etapas, por lo cual programas de apoyos institucionales o de créditos para el desarrollo del campo son sumamente necesarios.

Conclusiones

1. El mejoramiento de la producción y calidad de leche es el componente determinante sobre la cantidad y calidad del queso, con el cual se cubre las expectativas de los consumidores.
2. La integración de los eslabones de la cadena de producción hace eficiente el sistema y es beneficiado el productor, vendedor y consumidor.

3. Los productores de las comunidades, Veinte de Noviembre, cuentan con gran potencial sin explotar, las ganancias que obtienen con la forma de manejo a sus hatos, la elaboración y venta de queso les genera liquidez.
4. Para lograr que el productor cambie su forma de producción es un proceso que requiere asesoría y recursos económicos de apoyos o créditos que le permitan mejorar su hato, infraestructura en la elaboración y comercialización de sus quesos.
5. El mercado de Coatzacoalcos demanda queso fresco y hebra, mientras que el mercado potencial está en los estados de Morelos y Guerrero.

Literatura citada

Agudelo-Gómez, D. A. y O. Bedoya-Mejía. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación enero-junio:38-42.

Galván, M. 2005. Proceso básico de la leche y el queso. Revista Digital Universitaria 6 p.

Hernández-Trujillo, J. M., E. y Salinas-Callejas. 2009. "Visión retrospectiva del campo mexicano". El Cotidiano, num. Julio-Agosto. p. 63-75

Molina L., H., M. Casanova, A. González L., M. Pinto, E. Carrasco and C. Brito. 2003. Identification of the genetic variants of κ -casein in milk by isoelectric focusing electrophoresis. International Journal of Dairy Technology 56(4):211-214.

Cesín-Vargas, A. 2014. La leche y los quesos artesanales en México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 11(2), 243-248. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000200008&lng=es&tlng=es [consultado el 24 de junio de 2017].

Ruíz, C. L. García, C. Ávila and L. Brunett. 2008. Sustentabilidad financiera: El caso de una empresa ganadera de bovino de doble propósito. Revista Mexicana de Agronegocios 12:503-515.

Santos, A. 2007. Leche y sus Derivados. Editorial Trillas. 2a. ed. México. p. 27-33.

PREVALENCIA DE RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA EN TOROS EN TRÓPICO HÚMEDO

Jorge V. Rosete Fernández²⁶⁷, Ángel Ríos Utrera^{268*}, Juan P. Zárate Martínez²⁶⁸, Lorenzo Granados Zurita²⁶⁹, Víctor M. Banda Ruíz²⁷⁰, Guadalupe A. Socci Escatell²⁷⁰, Abraham Fragozo Islas²⁶⁷, Sara Olazarán Jenkins²⁶⁷ y Viridiana Tobón Martínez²⁷¹

Resumen

La rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) es altamente contagiosa, causada por un herpesvirus que se manifiesta clínicamente de diferentes maneras. El objetivo fue determinar la prevalencia de anticuerpos contra IBR en toros y los factores de riesgo, genotipo, rancho y localidad. El trabajo se realizó en ranchos del trópico húmedo de Puebla, Veracruz y Tabasco, área de influencia de los campos experimentales del INIFAP: Las Margaritas, en Puebla; La Posta, en Veracruz; y Huimanguillo, en Tabasco. A los toros se les tomó una muestra de sangre para la obtención del suero. Las muestras se analizaron para la detección de anticuerpos contra IBR por la técnica de ELISA. La prevalencia de anticuerpos se consideró como una característica binaria (0, 1), siendo 1 cuando el semental resultó seropositivo, y 0 en caso contrario. Para el análisis estadístico, se utilizó un modelo de regresión logística que incluyó como factores de riesgo estado de la República Mexicana, rancho anidado en estado y genotipo del semental. Los análisis se realizaron con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete SAS, asumiendo una función liga logit para distribución binomial. El criterio de convergencia aplicado en el análisis estadístico fue 10^{-8} . La prevalencia de anticuerpos contra IBR fue alta, variando de 0.46 a 0.90 entre ranchos, por lo que todos los ranchos se consideran infectados, por lo que los toros son un factor de riesgo por la convivencia con las hembras y por la transmisión sexual del virus.

Palabras clave: rinotraqueitis infecciosa bovina, prevalencia de anticuerpos, toros, factores de riesgo

²⁶⁷ INIFAP-CIRGOC, Sitio Exptal. Las Margaritas.

²⁶⁸ INIFAP-CIRGOC, Campo Exptal. La Posta.

²⁶⁹ INIFAP-CIRGOC, Campo Exptal. Huimanguillo.

²⁷⁰ INIFAP-CENID Microbiología.

²⁷¹ Profesional independiente.

Introducción

La rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) es altamente contagiosa, causada por un herpesvirus que se manifiesta clínicamente de diferentes maneras, el virus se puede transmitir por contacto directo con secreciones oculares y genitales, por vía respiratoria; así como también con semen de toros infectados (Nuotio et al., 2007).

En México, la IBR es de gran importancia pues en la mayoría de los animales la enfermedad transcurre en forma subclínica. Esta enfermedad tiene como principal característica el aborto, afectando los indicadores reproductivos y productivos e incrementando notablemente pérdidas económicas (Bracho et al., 2006).

El fenómeno de latencia de la infección por el herpesvirus bovino tipo 1 (HVB-1) es el punto más crítico en los planes de prevención, control y erradicación de la infección, ya que la biología propia del virus le permite evadir la respuesta inmune del individuo, permanecer durante toda la vida del animal y reactivarse en situaciones de estrés, para ser eliminado e infectar nuevos hospederos (Ruiz et al., 2008).

Se ha recuperado el virus en semen congelado y además en centros de inseminación artificial se han realizado aislamientos de este agente en toros clínicamente sanos (Martínez et al., 2008).

Por otro lado, las fallas reproductivas en vacas debidas a IBR son mayores al 50%, ya que la prevalencia de la IBR representa un aspecto limitante de la eficiencia reproductiva de los hatos ganaderos (Campero, 2002).

Los toros seropositivos a anticuerpos en épocas de empadre constituyen una vía fundamental en la diseminación del virus de la IBR, ya que, en cualquier momento pueden eliminar el virus a través del semen infectando a las vacas (Repiso et al., 2005). De igual manera, la adquisición de sementales sin control zoonosanitario también contribuye en gran medida al estatus zoonosanitario del hato, pues el cambio de sementales al menos una vez cada 2 a 5 años, permite la entrada del virus de la IBR a los hatos (Zavaleta et al., 2016). Sin embargo, es difícil saber si los sementales que provienen de otras unidades de producción son seropositivos a anticuerpos de IBR o pudieron haberse contagiado al momento de su incorporación en la nueva unidad de producción (Magaña et al., 2005), por lo que es necesario realizar pruebas diagnósticas de prevalencia a todos los sementales para tomar medidas de control, que se incluyan en un protocolo zoonosanitario, considerando la aplicación de la vacunación (Córdova et al., 2007; Zavaleta et al., 2016). Por lo tanto, en este estudio se planteó determinar la prevalencia a IBR en sementales de ranchos comerciales de Puebla, Veracruz y Tabasco, representativos del trópico húmedo, y los factores de riesgo, genotipo, rancho y localidad, como medida inicial de diagnóstico, toda vez que los sementales mantienen contacto constante y directo con las hembras en reproducción.

Materiales y métodos

Lugar de realización. El trabajo se realizó en ranchos ubicados en el trópico húmedo de Puebla, Veracruz y Tabasco. Los ranchos están ubicados en el área de influencia de los campos experimentales del INIFAP: Las Margaritas, en Puebla; La Posta, en Veracruz y Huimanguillo, en Tabasco.

Toma de muestras de sangre. A todos los sementales se les tomó una muestra de sangre por punción de la vena yugular. Las muestras se conservaron en frío en una hielera con congelantes, a una temperatura de 4°C a 6°C hasta llegar al laboratorio. Las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos. El suero que se obtuvo se contuvo en viales de 6 mL, conservándose en congelación a -20°C hasta el momento de su análisis mediante la prueba de ELISA, para detectar anticuerpos contra el virus de IBR.

Análisis estadístico. La prevalencia de anticuerpos en suero contra IBR se consideró como una característica binaria (0, 1), por lo que se registró como 1 cuando el semental resultó seropositivo a la prueba de ELISA; en caso contrario, se registró como 0. Para analizar la prevalencia, se utilizó un modelo estadístico de regresión logística, el cual incluyó los factores de riesgo estado de la República Mexicana, rancho anidado en estado de la república y genotipo del semental. Los análisis de regresión logística se realizaron con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete computacional SAS, asumiendo una función liga logit para la distribución binomial. El criterio de convergencia aplicado durante el análisis estadístico fue 10^{-8} .

Resultados y discusión

Los factores de riesgo estado de la República Mexicana, rancho anidado en estado y genotipo del toro no afectaron la prevalencia de anticuerpos en suero contra rinotraqueitis infecciosa bovina ($P > 0.05$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia estadística de los factores de riesgo incluidos en el modelo para analizar rinotraqueitis infecciosa bovina.

Factor de riesgo	Grados de libertad	Chi-cuadrada	Significancia
Estado de la República	2	1.80	0.4064
Rancho anidado en estado	10	8.17	0.6124
Genotipo	2	3.18	0.2038

En el Cuadro 2 se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero contra rinotraqueitis infecciosa bovina, por estado de la República Mexicana. Las prevalencias fueron: 0.66 ± 0.18 , 0.83 ± 0.07 y 0.70 ± 0.10 para los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por estado.

Estado	No. de toros	Media \pm error estándar	IC 95%
Puebla	11	0.66 ± 0.18^a	0.29 - 0.90
Tabasco	34	0.83 ± 0.07^a	0.63 - 0.93
Veracruz	29	0.70 ± 0.10^a	0.47 - 0.86

^aLas medias no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero contra rinotraqueitis infecciosa bovina, por rancho, se presentan en el Cuadro 3 y Figura 1. El intervalo de prevalencias fue de 0.28 (Rancho 3) a 0.90 (Ranchos 4, 5 y 7); con prevalencias intermedias de 0.46 (Rancho 8) y 0.58 (Rancho 9).

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por rancho.

Rancho	No. de toros	Media \pm error estándar	IC 95%
1 ^b	2	0.71 ± 0.31^a	0.11 - 0.98
2 ^b	6	0.88 ± 0.12^a	0.43 - 0.99
3 ^b	3	0.28 ± 0.27^a	0.03 - 0.84
4 ^c	6	0.90 ± 0.11^a	0.47 - 0.99
5 ^c	6	0.90 ± 0.11^a	0.47 - 0.99
6 ^c	7	0.82 ± 0.18^a	0.30 - 0.98
7 ^c	7	0.90 ± 0.10^a	0.48 - 0.99
8 ^c	8	0.46 ± 0.20^a	0.15 - 0.80
9 ^d	12	0.58 ± 0.17^a	0.27 - 0.84
10 ^d	4	0.72 ± 0.25^a	0.18 - 0.97
11 ^d	3	0.76 ± 0.24^a	0.19 - 0.98
12 ^d	3	0.58 ± 0.31^a	0.10 - 0.94
13 ^d	7	0.81 ± 0.14^a	0.40 - 0.97

^aLas medias no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

^{b,c,d}Ranchos del estado de Puebla, Tabasco y Veracruz, respectivamente.

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero contra rinotraqueitis infecciosa bovina, por genotipo, se presentan en el Cuadro 4. Las prevalencias fueron: 0.79 ± 0.10 , 0.54 ± 0.13 y 0.84 ± 0.12 para los genotipos Cebú, cruza y europeo, respectivamente. Los genotipos no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0.05$). Este resultado indica que la IBR afecta por igual a cualquiera de estos genotipos estudiados; sin embargo, al detectar estas prevalencias tan altas, indican que los toros están latentemente infectados, siendo los principales transmisores de la enfermedad, ya que se ha documentado que en sementales infectados latentemente, el virus es eliminado en secreciones nasales, oculares, genitales y en el semen en situaciones de depresión inmunológica, causados por estrés (Ruiz et al., 2008), siendo la eliminación del virus en semen un factor de riesgo muy alto en la transmisión de la enfermedad (Nuotio et al., 2007).

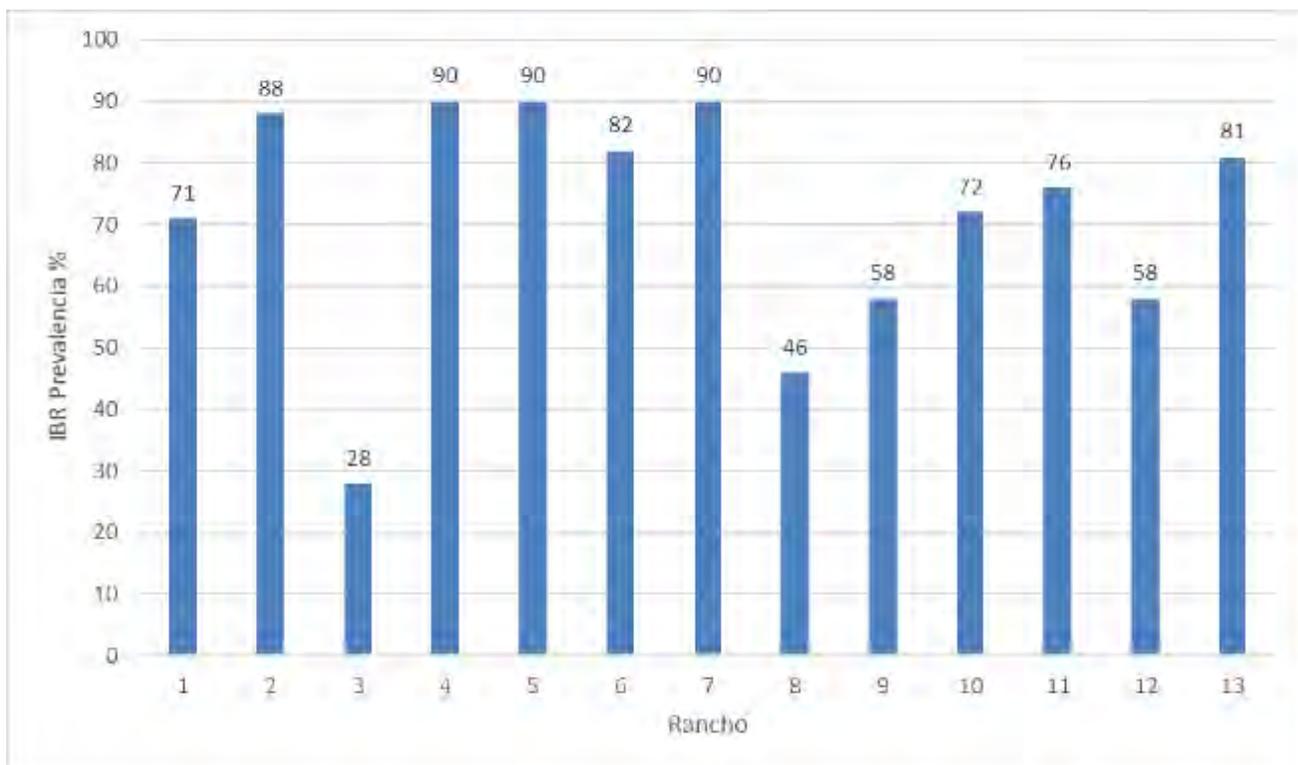


Figura 1. Medias de cuadrados mínimos para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por rancho.

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina, por genotipo.

Genotipo	No de toros	Media \pm error estándar	IC 95%
Cebú	33	0.79 ± 0.10^a	0.52 - 0.92
Cruza	29	0.54 ± 0.13^a	0.30 - 0.76
Europeo	12	0.84 ± 0.12^a	0.46 - 0.97

^aLas medias no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

Conclusiones

La prevalencia de anticuerpos contra rinotraqueitis infecciosa bovina en toros fue alta, fluctuando desde 0.46 hasta 0.90 entre ranchos, por lo que se consideran ranchos infectados, asumiendo que los toros son un factor de riesgo por la convivencia con las hembras y por la transmisión sexual del virus.

Literatura citada

Bracho, C. A., C. J. Jaramillo A., J. J. Martínez M., J. A. Montaña H. y A. Olgún B. 2006. Comparación de tres pruebas diagnósticas para el aborto por rinotraqueítis infecciosa bovina en hatos lecheros. *Veterinaria México* 37:151-163.

Campero, M. C. 2002. Pérdidas ocasionadas por las enfermedades venéreas de los bovinos. *Revista Idia (Argentina)* 21(2):127-131.

Córdova, I. A., C. A. Córdova J., M. S. Córdova J., J. A. Saltijeral O., C. G. Ruiz L., V. M. Xolalpa C., S. Cortes S. y J. E. Guerra L. 2007. Seroprevalencia de enfermedades causantes de aborto bovino en el trópico húmedo mexicano. *Revista Veterinaria* 18(2):139-142.

Magaña, A. U., J. L. Solorio R. y J. C. Segura, C. 2005. Rinotraqueitis infecciosa bovina en hatos lecheros de la región Cotzco-Téjaro, Michoacán, México. *Técnica Pecuaria en México* 43(1):27-37.

Martínez, C. P. J. y I. M. Riveira S. I. 2008. Antecedentes, generalidades y actualización en aspectos de patogénesis, diagnóstico y control de la diarrea viral bovina (DVB) y rinotraqueitis infecciosa bovina. Tesis Licenciatura en Microbiología Agrícola y Veterinaria. Facultad de Ciencias. Carrera de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá D.C. Colombia.

Nuotio, L., E. Neuvonen and M. Hyytiäinen. 2007. Epidemiology and eradication of infectious bovine rhinotracheitis/infectious pustular vulvovaginitis (IBR/IPV) virus in Finland. *Acta Veterinaria Scandinavica* 49(3):1-6.

Repiso, M. V., A. Gil, P. Bañales, N. D'Anatro, L. Fernández, H. Guarino, B. Herrera, A. Nuñez, M. Olivera, T. Osawa y M. Silva. 2005. Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. *Sitio Argentino de Producción Animal* 40(157):5-28.

Ruiz, J., J. Jaime y V. Vera. 2008. Latencia del herpesvirus bovino-1: El papel de los transcritos relacionados con latencia (RL). *Acta Biológica Colombiana* 13:3-22.

Zavaleta, A. J., A. Ríos U., J. V. Rosete F., J., A. García C. y J. P. Zarate M. 2016. Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en hembras en tres épocas del año en la zona centro de Veracruz. *Nova Scientia. Revista electrónica* 8(1):213-227.

SEROPREVALENCIA DE DIARREA VIRAL BOVINA EN TOROS MANTENIDOS EN CLIMA TROPICAL HÚMEDO

Jorge V. Rosete Fernández²⁷², Juan P. Zárate Martínez^{273*}, Ángel Ríos Utrera²⁷³, Lorenzo Granados Zurita²⁷⁴, Víctor M. Banda Ruiz²⁷⁵, Guadalupe A. Socci Escatell²⁷⁵, Abraham Fragozo Islas²⁷², Sara Olazarán Jenkins²⁷² y Edgar Rodríguez Peña²⁷⁶

Resumen

La diarrea viral bovina (BVD) afecta la reproducción y, como también es de transmisión sexual, los toros infectados son un alto factor de riesgo. El objetivo fue determinar la prevalencia de anticuerpos contra BVD en toros de ranchos de Puebla, Veracruz y Tabasco, evaluando como factores de riesgo el genotipo, el rancho y la localidad. El trabajo se realizó en ranchos del trópico húmedo de Puebla, Veracruz y Tabasco, área de influencia de los campos experimentales del INIFAP: Las Margaritas, en Puebla; La Posta, en Veracruz; y Huimanguillo, en Tabasco. A los toros se les tomó una muestra de sangre para la obtención del suero, que se analizó para la detección de anticuerpos contra BVD, mediante la técnica de ELISA. La prevalencia de anticuerpos se consideró como una característica binaria (0, 1), registrándose como 1 cuando el semental resultó seropositivo, y como 0 en caso contrario. Se utilizó un modelo de regresión logística para analizar la prevalencia de anticuerpos, incluyendo los factores de riesgo estado de la República, rancho anidado en estado y genotipo del semental. El análisis se realizó con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete SAS, asumiendo una función liga logit para distribución binomial. El criterio de convergencia aplicado en el análisis estadístico fue 10^{-8} . La prevalencia de anticuerpos contra diarrea viral bovina en toros fue alta, fluctuando desde 0.43 hasta 0.86 entre ranchos, por lo que se consideran ranchos infectados, asumiendo que los toros son un factor de riesgo por la convivencia con las hembras y por la transmisión sexual.

Palabras clave: diarrea viral bovina, prevalencia de anticuerpos, toros, factores de riesgo, trópico

²⁷² INIFAP-CIRGOC, Sitio Exptal. Las Margaritas.

²⁷³ INIFAP-CIRGOC, Campo Exptal. La Posta.

²⁷⁴ INIFAP-CIRGOC, Campo Exptal. Huimanguillo.

²⁷⁵ INIFAP-CENID Microbiología.

²⁷⁶ Profesional independiente.

Introducción

El virus de la BVD tiene una distribución mundial y es un importante patógeno del bovino que, a pesar de su nombre, afecta principalmente la salud reproductiva del hato, originando importantes pérdidas económicas (Lértora, 2003; Rivera, 2008).

Una de las características importantes de este virus es su alta frecuencia de mutación, lo que lleva a que tenga una gran diversidad genética y antigénica; problema que se ve reflejado en las múltiples manifestaciones clínicas observadas en los animales afectados (Vargas et al., 2009).

Además, el virus de la BVD utiliza múltiples estrategias para asegurar su supervivencia y propagación exitosa en huéspedes mamíferos, con lo cual suprime el sistema inmune del hospedador (González et al., 2015), ya que tiene tropismo por los linfocitos y los neutrófilos a los que afecta (Sánchez, 2012; Tizard, 2009).

Por otro lado, un factor importante son los animales persistentemente infectados (PI) los cuales juegan un papel en la transmisión y diseminación del virus, dado que son portadores asintomáticos; consecuentemente, la BVD es causante de problemas reproductivos asociados a disminución de la fertilidad en hembras y machos (Rondon, 2006).

Por lo tanto, los toros con infección aguda son importante vía de transmisión. Un toro con infección aguda puede escapar al aislamiento viral en sangre, superar el periodo de cuarentena y seguir siendo una amenaza (Lértora, 2003); se puede decir que la presencia de esta enfermedad no está influenciada por el genotipo del animal, concordando con otros autores, quienes expresan que la transmisión del virus de la BVD vía genital es predominante en las ganaderías extensivas, independientemente del tipo de explotación y, por ende, del ganado (Betancur et al., 2007). De esta forma, la transmisión puede ser directa e indirecta.

Adicionalmente, las biotecnologías de reproducción asistida que han adquirido importancia y donde ha surgido la interrogante sobre el rol en la posible transmisión del virus vía semen congelado resulta ser de consideración si el semen proviene de toros infectados (González et al., 2015). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la prevalencia de diarrea viral bovina en toros y los factores de riesgo, genotipo, rancho y estado de la República Mexicana.

Materiales y métodos

Lugar de realización. El trabajo se realizó en ranchos ubicados en el trópico húmedo de Puebla, Veracruz y Tabasco. Los ranchos están ubicados en el área de influencia de los

campos experimentales del INIFAP: Las Margaritas, en Puebla; La Posta, en Veracruz; y Huimanguillo, en Tabasco.

Toma de muestras de sangre. A todos los sementales se le obtuvo una muestra de sangre por punción de la vena yugular. Las muestras de sangre se conservaron en frío en una hielera con congelantes entre 4°C y 6°C, hasta llegar al laboratorio. Estas muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos y el suero obtenido se contuvo en viales de 6 mL, conservándose en congelación a -20°C hasta el momento de su análisis, mediante la prueba de ELISA, para detectar anticuerpos contra el virus de la BVD.

Análisis estadístico. La prevalencia de anticuerpos en suero contra BVD se consideró como característica binaria (0, 1), por lo que se registró como 1 cuando el semental resultó seropositivo a la prueba de ELISA; en caso contrario, se registró como 0. Se utilizó un modelo estadístico de regresión logística para analizar la prevalencia, el cual incluyó los factores de riesgo estado de la República Mexicana, rancho anidado en estado y genotipo del semental. Los análisis se hicieron con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del paquete computacional SAS (2013), asumiendo una función liga logit para la distribución binomial. El criterio de convergencia aplicado fue 10^{-8} .

Resultados y discusión

Los factores de riesgo para estado de la República Mexicana, rancho anidado en estado y genotipo del toro no afectaron la prevalencia de anticuerpos en suero contra diarrea viral bovina ($P > 0.05$; Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia estadística de los factores de riesgo incluidos en el modelo para analizar diarrea viral bovina.

Factor de riesgo	Grados de libertad	Chi-cuadrada	Significancia
Estado de la República	2	1.56	0.4582
Rancho anidado en estado	11	2.37	0.9967
Genotipo	2	1.45	0.4848

En el Cuadro 2 se presentan las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero contra diarrea viral bovina, por estado de la República. Las prevalencias fueron: 0.58 ± 0.11 , 0.59 ± 0.11 y 0.76 ± 0.11 para los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de diarrea viral bovina, por estado.

Estado	No. de toros	Media \pm error estándar	IC 95%
Puebla	28	0.58 \pm 0.11 ^a	0.36 - 0.77
Tabasco	26	0.59 \pm 0.11 ^a	0.38 - 0.78
Veracruz	22	0.76 \pm 0.11 ^a	0.49 - 0.92

^aLas medias no son estadísticamente diferentes ($P>0.05$).

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero de diarrea viral bovina, por rancho, se presentan en el Cuadro 3 y Figura 1. El intervalo de prevalencias fue de 0.43 (Rancho 4) a 0.86 (Rancho 14); encontrándose también prevalencias intermedias de 0.45 (Rancho 8) y 0.74 (Rancho 12), sin ser diferentes ($P>0.05$) estadísticamente. Las prevalencias serológicas de anticuerpos tan altas encontradas en los ranchos denotan que los toros son un factor de riesgo para el hato, toda vez que la transmisión es constante por la convivencia entre toros y vientres y, además, por ser de transmisión sexual.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de diarrea viral bovina, por rancho.

Rancho	No. de toros	Media \pm error estándar	IC 95%
1 ^b	2	0.56 \pm 0.37 ^a	0.06 - 0.96
2 ^b	7	0.65 \pm 0.21 ^a	0.23 - 0.92
3 ^b	4	0.79 \pm 0.21 ^a	0.25 - 0.98
4 ^b	3	0.43 \pm 0.31 ^a	0.06 - 0.90
5 ^b	6	0.59 \pm 0.21 ^a	0.20 - 0.89
6 ^b	3	0.58 \pm 0.31 ^a	0.10 - 0.95
7 ^b	3	0.45 \pm 0.33 ^a	0.06 - 0.92
8 ^c	6	0.58 \pm 0.21 ^a	0.20 - 0.88
9 ^c	6	0.58 \pm 0.21 ^a	0.20 - 0.88
10 ^c	7	0.68 \pm 0.20 ^a	0.26 - 0.93
11 ^c	7	0.53 \pm 0.20 ^a	0.19 - 0.85
12 ^d	12	0.74 \pm 0.14 ^a	0.42 - 0.92
13 ^d	3	0.66 \pm 0.29 ^a	0.13 - 0.96
14 ^d	7	0.86 \pm 0.14 ^a	0.40 - 0.98

^aLas medias no son estadísticamente diferentes ($P>0.05$).

^{b,c,d}Ranchos del estado de Puebla, Tabasco y Veracruz, respectivamente.

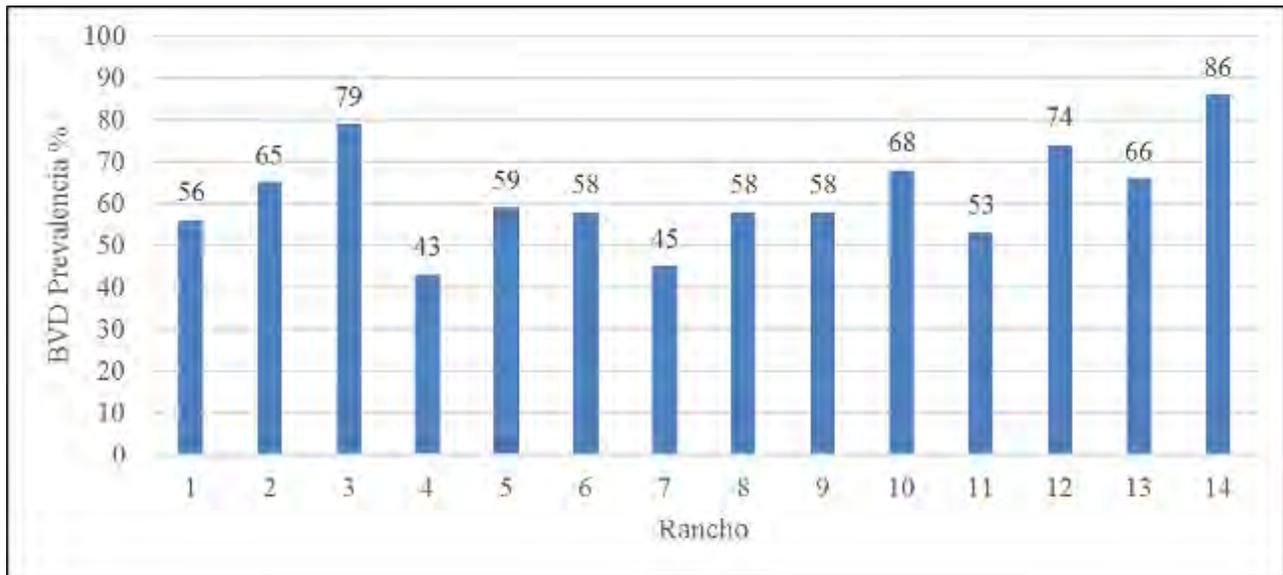


Figura 1. Medias de cuadrados mínimos para prevalencia de diarrea viral bovina, por rancho.

A este respecto, se ha documentado la influencia de los toros con relación a las vacas que indican una dependencia entre la presencia de la BVD con respecto al sexo, indicando una alta proporción de hembras infectadas (42%) en relación a los toros (8%) por rancho, indicando el riesgo alto de transmisión al tener más vacas infectadas (Betancur et al., 2007). Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para prevalencia de anticuerpos en suero de diarrea viral bovina, por genotipo se presentan en el Cuadro 4. Las prevalencias fueron: 0.54 ± 0.13 , 0.60 ± 0.10 y 0.79 ± 0.14 para los genotipos Cebú, cruza y europeo, respectivamente. Ningún genotipo fue estadísticamente diferente ($P > 0.05$). Este resultado indica que la BVD afecta por igual a cualquiera de estos genotipos estudiados, concordando con el trabajo de Betancur et al. (2007).

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para prevalencia de diarrea viral bovina, por genotipo.

Genotipo	No de toros	Media \pm error estándar	IC 95%
Cebú	29	0.54 ± 0.13^a	0.29 - 0.77
Cruza	33	0.60 ± 0.10^a	0.40 - 0.77
Europeo	14	0.79 ± 0.14^a	0.43 - 0.95

^aLas medias no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

Conclusiones

La prevalencia de anticuerpos a diarrea viral bovina en toros fue alta, fluctuando desde 0.43 hasta 0.86 entre ranchos, por lo que se consideran ranchos infectados, asumiendo que los toros son un factor de riesgo por la convivencia con las hembras y por la transmisión sexual.

Literatura citada

Betancur, H. C. A., M. Gogorza, L. y G. Martínez F. 2007. Seroepidemiología de la diarrea viral bovina en Montería (Cordoba, Colombia). *Analecta Veterinaria* 27(2):11-16.

González, A. E. A., G. Kaiser G. y C. Odeón, A. 2015. El rol de las biotécnicas de reproducción asistida en la transmisión del virus de la diarrea viral bovina. *Investigación Veterinaria* 17(1):35-45.

Lértora, W. J. 2003. Diarrea Viral Bovina: Actualización. Catedra de patología general y sistémica. Facultad de Ciencias Veterinarias. *Revista Veterinaria* 14(1):42-51.

Rivera, G. H. 2008. Evolución del conocimiento sobre la enfermedad de la diarrea viral bovina y su agente etiológico. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 19(1):93-112.

Rondón, I. 2006. Diarrea viral bovina: Patogénesis e inmunopatología. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia Córdoba* 11(1):649-704.

Sánchez, C. Y. M., J. G. Rodríguez D., M. Pedroso y S. Cuello. 2012. Simultaneidad serológica de *Neospora caninum* con *Brucella abortus* y los virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en bovinos pertenecientes al Estado de Hidalgo, Mexico. *Revista de Salud Animal* 34(2):95-100.

Tizard, I. R. 2009. Inmunidad en el feto y en el recién nacido. p. 223-238. In: Tizard, I. R. (ed.). *Introducción a la inmunología veterinaria*. (8ª. ed.). Elsevier Saunders. Barcelona, España.

Vargas, S. D., J. Jairo y V. Vera J. 2009. Perspectivas para el control del virus de la diarrea viral bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 22:677-688.

LA CRIANZA CON GALLINA MEJORA EL DESEMPEÑO DE POLLITOS CAMPEROS

Miguel Ángel Matus-Aragón²⁷⁷, Mónica de la C. Vargas-Mendoza^{277*}, Silvia López-Ortiz²⁷⁷ y Pablo Díaz-Rivera²⁷⁷

Resumen

Se evaluó la influencia materna en el desempeño de pollos camperos de 1-8 semanas, Red Rhode Island x Barred Plymouth Rock. El desempeño fue evaluado en parámetros productivos (ganancia de peso e índice de conversión alimenticia) y en el uso del hábitat. Se emplearon dos tratamientos: 1) pollos (n=14) acompañados por una gallina (CG) y 2) pollos (n=14) sin gallina (SG), con tres repeticiones cada uno distribuidas completamente al azar en corrales experimentales de 150 m². El estudio comprendió dos periodos de 28 días cada uno; en el periodo 1, los pollos CG convivieron libremente con la gallina y los SG estuvieron solos con fuente de calor artificial; en el periodo 2, a los pollos se les retiraron las gallinas y las fuentes artificiales de calor. El peso de los pollos al final del experimento fue de 698 y 740 g para CG y SG, respectivamente; la ganancia de peso y conversión alimenticia, no fue diferente entre tratamientos ($p>0.05$). Con respecto al uso del hábitat, los pollos SG utilizaron con mayor frecuencia la sección del hábitat más cercana a la caseta que los CG (78.7% vs. 49.4%, periodo uno y 51.9% vs. 49.9%, periodo dos); los pollos CG visitaron con mayor frecuencia que los SG las secciones más distantes del área (11.6% vs. 1.09%, periodo uno y 12.4% vs. 10.5%, periodo dos). Se concluye que la influencia materna indujo a los pollos a explorar y utilizar áreas más lejanas al gallinero durante mayor tiempo, y a desarrollar mayores actividades de locomoción sin detrimento de sus parámetros productivos, lo cual puede conducir a un uso más eficiente del hábitat disponible para los pollos.

Palabras clave: cuidados maternos, comportamiento, sistemas camperos, uso del hábitat.

Introducción

Un aspecto poco abordado en los sistemas camperos es la influencia materna en el uso del hábitat por los pollos. En ambientes confinados y de laboratorio se ha establecido que la crianza materna produce diferencias perdurables en el comportamiento y la estabilidad

²⁷⁷ Programa de Maestría en Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. mvgargas@colpos.mx

emocional de los pollos (Edgar et al., 2016). Una gallina llama a sus crías a comer, descansar o resguardarse ante algún peligro, y las ayuda a adquirir habilidades para la exploración y el pecoreo (De Margerie et al., 2012); también es determinante de sus preferencias alimenticias (Wauters et al., 2002) o de uso del hábitat (Gadjon et al., 2015). Los cuidados maternos pueden disminuir la incidencia de los comportamientos agresivos (Shimmura et al., 2015), y contribuir a la estabilidad emocional y reactividad social de los pollos (Perré et al., 2002). Si la crianza materna confiere tales habilidades a las crías, incluir la crianza materna en los sistemas camperos podría conducir a que los pollos hagan un uso más eficiente de las áreas de pecoreo y sus recursos, y mejorar así su desempeño y bienestar. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue el determinar la influencia materna sobre el desempeño de pollos domésticos (*G. gallus domesticus*) en condiciones experimentales de producción campera.

Materiales y métodos

Se evaluó la influencia materna, sobre la ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y el uso del hábitat, en pollos camperos Red Rhode Island x Barred Plymouth Rock de 1 a 56 días de edad. Se emplearon dos tratamientos: CG) pollos (n=14) acompañados por una gallina y SG) pollos (n=14) sin gallina, con tres repeticiones por tratamiento. Se realizó de mayo a julio del 2016, en la unidad experimental avícola del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, la cual comprendió seis corrales contiguos, de 5 x 30 m, cercados con malla gallinera metálica, de 1.80 m de alto y 0.03 x 0.05 m de luz. Cada corral contó con una caseta de resguardo y un área de pecoreo y se le asignó aleatoriamente uno de los dos tratamientos. El área de pecoreo contó con dos sombraderos artificiales de palma de 2 x 5 m, a una altura de 2 m, árboles jóvenes de *Moringa oleifera* plantados en marco real a 4 x 2 m y con cobertura de vegetación herbácea espontánea. En la base del cerco de cada corral, se añadió una barrera visual de polietileno negro de 0.5 m de alto, marcando con pintura seis secciones de 3.75 m de largo y una séptima de 7.5 m de largo, como referencia para determinar la ubicación de los pollos en el hábitat (Figura 1). El estudio se dividió en dos periodos de 28 días; en el periodo 1, los pollos CG convivieron libremente con la gallina y los SG estuvieron solos con fuente de calor artificial dentro de la caseta; el área de pecoreo incluyó solo las secciones 1 a la 6, y se impidió con polietileno negro la vista y al paso al área siete. En el periodo 2, a los pollos se les retiraron las gallinas y las fuentes artificiales de calor; el área de pecoreo incluyó todas las secciones.

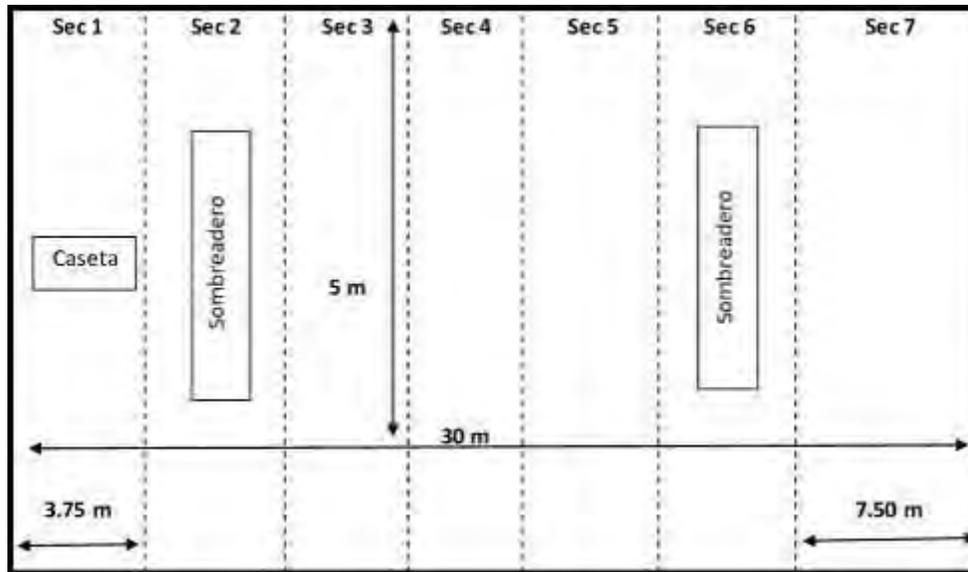


Figura 1. Diseño y medidas de cada corral experimental.

Desde el primer día de vida de los pollos, el alimento se ofreció ad libitum diariamente en cantidades iguales por unidad experimental, y se fue ajustando de acuerdo al consumo creciente de los pollos; el alimento fue de marca comercial de iniciación y crecimiento. Los animales contaron con disponibilidad de agua ad libitum. Se llevó un registro del consumo diario de alimento por corral pesando el alimento suministrado y rechazado 24 h después. Los pollos se pesaron cada semana a partir del día uno de vida. La ganancia en peso (GP) se calculó por periodo (1 o 2), restándole al peso final de los pollos de cada periodo, el peso de los pollos al inicio del periodo. Se obtuvieron los promedios de GP por repetición y tratamiento. Se calculó la conversión alimenticia (CA), dividiendo el consumo de alimento por animal entre la GP de cada pollo y se obtuvo el promedio de CA por unidad experimental y tratamiento. Para determinar el uso del hábitat, se utilizó la técnica de barrido (Abouelezz et al., 2014), registrando la ubicación de cada pollo en cada corral, de acuerdo con las secciones marcadas como referencia; el barrido se realizó cada 10 minutos en horario de 7:00-10:00 y de 16:00 a 18:00 h.

Se determinó la influencia materna sobre la GP y la CA, en los dos periodos de la investigación mediante el análisis de varianza, utilizando el PROC GLM del paquete estadístico SAS 9.4 de acuerdo a la guía de usuarios de SAS/STAT(R) 9.22. Se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilkis. Para comparar el uso dado por pollos con y sin influencia materna al hábitat, se realizaron pruebas de independencia entre las variables localización en el hábitat y tratamiento, mediante pruebas de Chi-cuadrada. Para este análisis se utilizó el Proc Freq de SAS 9.4, de acuerdo por la guía de usuarios de SAS/STAT(R) 9.22.

Resultados y discusión

El peso promedio inicial de los pollos CG y SG, fue de 37.5 ± 2.0 y 37.1 ± 1.8 g, respectivamente y el peso final a los 56 días fue de 698 ± 67 g y 740 ± 61 g para los pollos CG y SG, respectivamente. Aunque la ganancia en peso fue ligeramente mayor en el tratamiento SG (Cuadro 1), no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ni en GP y ni CA, en ninguno de los dos periodos del estudio.

Cuadro 1. Medias (\pm EE) de los parámetros productivos por tratamientos CG y SG en los periodos 1 y 2 del experimento.

Periodo	Tratamiento	Ganancia de Peso (g)	Conversión Alimenticia
I	CG	229.0 (\pm 8.3)	2.7 (\pm 0.2)
	SG	243.4 (\pm 7.0)	2.4 (\pm 0.1)
II	CG	431.3 (\pm 19.1)	3.6 (\pm 0.2)
	SG	459.6 (\pm 5.8)	3.4 (\pm 0.1)

Juárez-Caratachea y Ortiz-Alvarado (2001), realizaron una investigación con pollos criollos bajo un sistema de producción de traspatio y alimentación con concentrado comercial, bajo clima templado a 1820 msnm y una temperatura promedio de 16°C , donde obtuvieron 286 g de GP y 3.65 de CA, en las primeras 4 semanas y 645 g de GP y 3.25 de CA en la semana 8. Sus resultados pueden ser debidos a que su estudio se realizó en una zona templada, bajo condiciones de temperatura de mayor confort para las aves, mientras que, en este estudio las temperaturas promedio fluctuaron de 26.6°C a 32.6°C , ocasionando que los pollos estuvieran frecuentemente estresados por calor, lo cual posiblemente repercutió en un menor consumo de alimento, menor ganancia de peso y mayor conversión alimenticia.

En ambos periodos, el uso del hábitat por los pollos no fue independiente del tratamiento de crianza ($P < 0.0001$). Durante el periodo 1, la frecuencia de observaciones de pollos en la sección 1, que fue la más cercana a la caseta de resguardo, fue de 49.4% y 78.7% para el CG y SG, respectivamente, mientras que la frecuencia de observación en la sección 6, que fue la más alejada de la caseta, fue de 11.6% y 1.1 % para el CG y el SG, respectivamente (Figura 2).

En el periodo 2, la frecuencia de observaciones de pollos en la sección I fue de 49.9% y 51.9% para el CG y SG, respectivamente mientras que en la sección 7 (área nueva, la más alejada a la caseta), las frecuencias fueron de 12.3% y 10.5% para el CG y el SG, respectivamente (Figura 3).

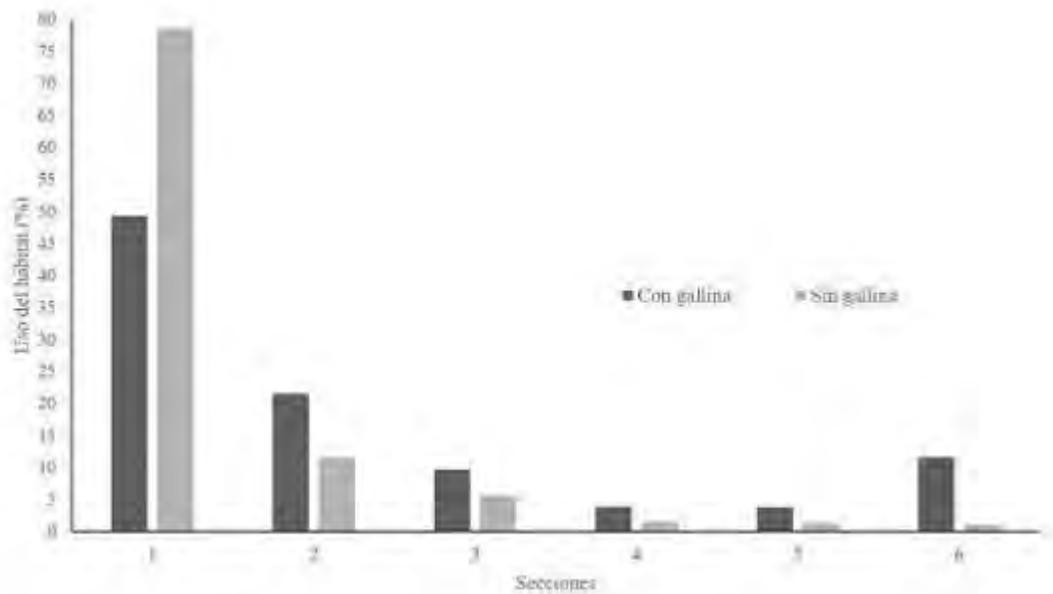


Figura 2. Uso del hábitat (% de observaciones) de los tratamientos de pollos criados con y sin gallina durante el periodo 1 en distintas secciones del área de pecoreo (nº de observaciones: 62713).

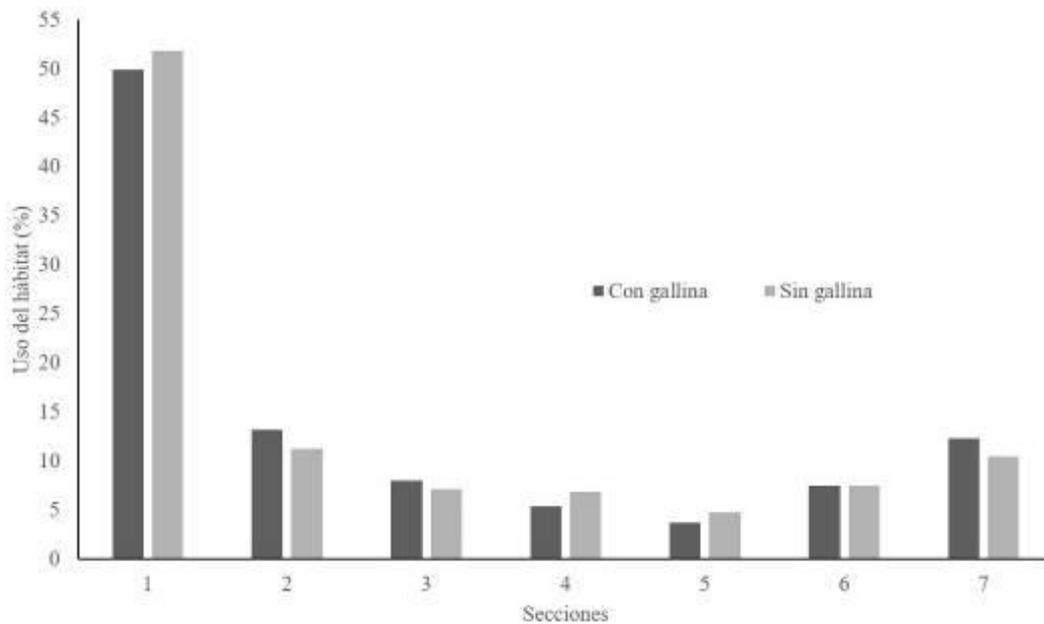


Figura 3. Uso del hábitat (% de observaciones) de los tratamientos de pollos criados con (CG) y sin gallina (SG) durante el periodo 2, en distintas secciones del área de pecoreo (nº de observaciones: 63768).

Los pollos criados con gallina hicieron un mayor uso de la sección más distante de la caseta en ambos periodos, lo que significa que tuvieron mayor capacidad de exploración. Al igual que lo reportado por De Margerie et al. (2012) y Pittet et al. (2014), mencionan que los pollos de codornices japonesas criados por su madre, tuvieron mayor capacidad de dispersión y

exploraron superficies más grandes, en comparación de los pollos que se criaron sin madre, que presentaron un déficit de exploración y tardaron más tiempo en conocer otras áreas; esto se debió posiblemente a la motivación materna de explorar otros sitios y desarrollarse con menor temor. Esto nos provee de información relevante y muestra que la crianza natural de los pollos por la gallina influye en un mejor uso del hábitat.

Conclusiones

Se concluye que la influencia materna indujo a los pollos a explorar y utilizar áreas más lejanas al gallinero durante mayor tiempo, y a desarrollar mayores actividades de locomoción sin detrimento de sus parámetros productivos, lo cual puede conducir a un uso más eficiente del hábitat disponible para los pollos camperos.

Literatura citada

Abouelezz, F. M. K., L. Sarmiento-Franco, R. Santos-Ricalde and J. Segura-Correa. 2014. Use of the outdoor range and activities of Rhode Island Red hens grazing on natural vegetation in the tropics. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16:1555-1563.

De Margerie, E., A. Peris, F. Pittet, C. Houdelier, S. Lumineau and M. A. Richard-Yris. 2012. Effect of mothering on the spatial exploratory behavior of quail chicks. *Developmental Psychobiology* 55(3):256-264.

Edgar, J., S. Held, C. Jones and C. Troisi. 2016. Review influences of maternal care on chicken welfare. *Animals* 6(1):2.

Gadjon, G. K., B. Mundwilerb and M. Stauffacher. 2015. Development of early foraging behaviour of domestic chicks in varying social contexts. *Applied Animal Behaviour Science* 164: 29-40.

Juárez-Caratachea, A. y M. A. Ortiz-Alvarado. 2001. Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Veterinaria México* 32(1):27-32.

Perré, Y., A. M. Wauters and M. A. Richard-Yris. 2002. Influence of mothering on emotional and social reactivity of domestic pullets. *Applied Animal Behaviour Science* 75:133-146.

Pittet, F., O. Le Bot, C. Houdelier, M. A. Richard-Yris, and S. Lumineau. 2014. Motherless quail mothers display impaired maternal behavior and produce more fearful and less socially motivated offspring. *Developmental Psychobiology* 56:622-634.

Riber, A. B., A. Wichman, B. O. Braastad and B. Forkman. 2007. Effects of broody hens on perch use, ground pecking, feather pecking and cannibalism in domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). *Applied Animal Behaviour Science* 106:39-51.

SAS/STAT(R) 9.22. User's guide. Disponible en: http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#genmod_toc.htm. Consultado el 20 de septiembre de 2016.

Shimmura, T., Y. Maruyama, S. Fujino, E. Kamimura, K. Uetake and T. Tanaka. 2015. Persistent effect of broody hens on behaviour of chickens. *Animal Science Journal* 86:214-220.

Wauters, A. M., M. A. Richard-Yris and N. Talec. 2002. Maternal influences on feeding and general activity in domestic chicks. *Ethology* 108:529-540.

CALIDAD NUTRICIONAL DE *Pennisetum purpureum* Schum. CV. MARALFALFA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO DURANTE UN AÑO

Maribel Montero Lagunes²⁷⁸, Francisco I. Juárez Lagunes^{279*} y Javier F. Enríquez Quiroz²⁷⁸

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la variación en rendimiento y composición nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa con fertilización y riego cosechado cada 35 días de rebrote durante un año. La calidad nutricional para bovinos en pastoreo en clima tropical se estimó según la estructura del Cornell Net Carbohydrate System (CNCPS vs. 6.2). La posición geoespacial del estudio fue 19°02' latitud Norte y 96°08' longitud Oeste. El clima es Aw caliente subhúmedo con temperatura y precipitación promedio anual de 25°C y 1,380 mm respectivamente. Se definieron cinco épocas del año: Invierno (INVI) de diciembre a febrero; Secas (SECA) de marzo a mayo; Inicio de lluvias (LLIN) junio y julio; Lluvias tardías (LLTA) agosto y septiembre; y Lluvias residuales (LLRE) octubre y noviembre. Se establecieron 6 parcelas: Tres parcelas se fertilizaron con N y 3 no. Las parcelas fertilizadas se regaron en las épocas de INVI y SECA. El muestreo se realizó cada 35 días de rebrote de agosto 2011 a julio 2012. Se determinó contenido de Materia Seca (MS), Cenizas (CEN), Grasa Cruda (GC), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) y Lignina, N no proteico, Proteína verdadera (PV), proteína insoluble en solución detergente neutro y proteína insoluble en solución detergente ácida. Con esta información se estimaron las fracciones de carbohidratos y de proteínas de acuerdo al esquema del CNCPS. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Los cambios significativos ($P \leq 0.05$) de Maralfalfa a la fertilización y riego se dieron durante las épocas de INVI y SECA, siendo las variables más sensibles: el rendimiento de MS ($\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) con incrementos de 119 y 123% respectivamente; y el contenido de PC con mejoras de 34 y 19% respectivamente en INVI y SECA. La época crítica es LLTA en la que el contenido de PV es inferior al 7% tanto en fertilizado como en no fertilizado. La mejor calidad nutricional se obtuvo en INVI con PC de 15.5%. Se concluye que Maralfalfa expresa su potencial forrajero en INVI y SECA con fertilización y riego.

Palabras clave: rendimiento, pasto tropical, época del año, composición nutricional

²⁷⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIR-GOC. C.E. La Posta

²⁷⁹ Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia *fjuarez@uv.mx

Introducción

La escasez de forraje, particularmente durante la época de sequía es uno de los principales factores que limitan la productividad del ganado en el trópico, y *Pennisetum purpureum* ha mostrado potencial para aliviar el problema debido a su resistencia a la sequía y alto rendimiento de materia seca (Rusdy, 2016). Por esta razón *P. purpureum* ha sido objeto de muchos estudios de mejoramiento genético derivando en una amplia variedad de cultivares (Merkerón, Elefante, Taiwán, King Grass, Roxo, CT-115, Maralfalfa, etc.), utilizados en diversas partes del mundo (EUA, Brasil, Cuba, Colombia, África, China, por mencionar algunos cuantos). El cv. Maralfalfa es un pasto mejorado perenne, con extraordinarias características productivas y nutricionales, entre las que destacan: Rendimiento en forraje verde de 200 a 400 t ha⁻¹ y contenido de Proteína Cruda de 20% al día 40 de corte (Correa et al., 2006). A pesar de lo anterior, expone Correa et al. (2006) que el origen del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) es aún incierto. Existen varias hipótesis al respecto entre las que se encuentra la del sacerdote Jesuita colombiano José Bernal Restrepo (1979); Por otro lado, dicho pasto podría corresponder a un *Pennisetum hybridum* desarrollado en Estados Unidos y comercializado en Brasil como elefante Paraíso por la empresa Matsuda. Una característica de este pasto es su alta capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada. Ramos et al. (2015) evaluaron Taiwán, OM-22, CT-115 y Maralfalfa sin fertilizar y fertilizados en secas y en lluvias. Ellos encontraron superioridad en rendimiento de Maralfalfa fertilizado en lluvias y cortados cada 90d (44.9 t MS ha⁻¹ corte⁻¹). Lobo et al. (2014) encontró respuesta lineal en rendimiento de MS a dosis de fertilización de 100, 200, 300, 400 kg de N ha⁻¹ en *P. purpureum* cv Pionero, y Alencar et al. (2013) siguió encontrando incremento lineal en rendimiento de MS a dosis de 500 y 700 kg N ha⁻¹ en primavera-verano. Por lo anterior, el presente estudio consiste en evaluar la variación en rendimiento de MS, composición química y calidad nutricional del pasto Maralfalfa por efecto de la fertilización nitrogenada y riego en las diferentes épocas del año.

Materiales y métodos

Ubicación. El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental “La Posta”, INIFAP. Ubicado en Paso del Toro, Ver., km 22.5 carretera federal Veracruz – Córdoba. El clima de la región es Aw caliente subhúmedo con temperatura y precipitación promedio anual de 25°C y 1,380 mm respectivamente. La altura sobre el nivel del mar es de 16m. La posición geoespacial comprende los paralelos 19°02' de Latitud Norte y 96°08' de Longitud Oeste.

Descripción. Se tomaron muestras de los forrajes a los 35 días de rebrote durante todo el

año para determinar los cambios en la composición nutritiva por época. Se alimentó la plataforma de CNCPS con la composición química para estimar las fracciones de carbohidratos y las fracciones de proteínas del pasto Maralfalfa. **Parcelas Experimentales.** Se establecieron seis parcelas (3 x 2 m) con un área de muestreo 1 m². Tres parcelas se fertilizaron con N y tres no. Es decir, hubo tres repeticiones por tratamiento. **Fertilización.** Se fertilizó con 300 60 00, kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, P y K. de los cuales se aplicaron 75 kg ha⁻¹ de N al inicio de la época de lluvias y después del corte de uniformización, posteriormente se aplicaron 25 kg de N después de cada corte, mientras que el fósforo se aplicó en una sola ocasión al inicio de la época de lluvias. **Corte.** Se realizó a una altura de 30 cm sobre el suelo. **Época de Corte.** Se agruparon los meses de corte por época: Jun-Jul (Lluvias inicio = LLIN); Ago-Sept (Lluvias tardías = LLTA); Oct-Nov (Lluvias residuales = LLRE); Dic, Ene-Feb (Invierno = INVI); Mar-Abr-May (Secas = SECA). **Riego.** Se utilizó riego por goteo durante las épocas de INVI y SECA (meses de diciembre a mayo) solo a las parcelas fertilizadas. Se tomó en cuenta la parcela sin riego ni fertilización para simular el manejo tradicional. **Variabes de Respuesta.** En campo se determinó materia fresca (kg ha⁻¹), y en el Laboratorio se tomaron dos muestras de 500g cada una: una se secó a 100°C durante 24 h para determinar contenido de materia seca (MS), la otra se secó a 55°C durante 48 h. Esta última se molió en molino Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA) a pasar en malla de 1-mm. Se almacenaron a -4°C hasta su análisis. Finalmente se determinó contenido de Materia Seca (MS), Cenizas (CEN), Grasa Cruda (GC) y Proteína Cruda (PC) (AOAC, 1990); Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) y Lignina (Van Soest et al., 1991); Fracciones de Nitrógeno por el método estandarizado por Licitra et al. (1996): el nitrógeno no proteico se determinó por la técnica del ácido túngstico, la proteína soluble utilizando como amortiguador el borato-fosfato, la proteína en paredes celulares utilizando solución detergente neutra y la proteína indigestible utilizando solución detergente ácida. **Evaluación Nutricional.** Se realizó de acuerdo a la estructura del CNCPS (Lanzas et al., 2007). **Análisis Estadístico.** Las características de rendimiento y calidad nutricional fueron comparadas usando el procedimiento MIXED de SAS versión 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) con un diseño de bloques completos al asar arregladas por nivel de fertilización y riego. Las medias fueron separadas usando el método de Tukey. Las diferencias fueron consideradas significativas si $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se resumen las condiciones climáticas por mes durante el período de estudio (agosto 2011 a julio 2012). En general, los valores de temperatura y precipitación están

dentro de los rangos representativos de la región en los últimos 15 años (Estación Meteorológica de Veracruz en el Centro de Previsión del Golfo). Se consideraron las temperaturas máximas promedio mensuales, por ser las temperaturas diurnas las que más afectan fotosíntesis y por tanto el crecimiento y la composición nutricional de los pastos. La precipitación pluvial fue el acumulado del mes. Los patrones que siguen temperatura y precipitación son diferentes. Mientras que la temperatura se mantiene alta en los meses de junio a septiembre, disminuye de octubre a febrero, y vuelve a subir de marzo a mayo, La precipitación se incrementa de forma abrupta en los meses de junio y julio, disminuye de la misma manera en agosto y septiembre, en octubre y noviembre se mantiene en rangos de 100 mm por mes, para que de diciembre a mayo sea insignificante.

Cuadro 1. Promedios mensuales de temperatura ambiental (°C) y precipitación pluvial (mm) durante el período de estudio.

Fecha	Temperatura Máxima	Temperatura Promedio	Temperatura Mínima	Precipitación Pluvial
Ago. 2011	32.37	26.42	21.52	317.8
Sept. 2011	31.55	25.49	20.44	147.8
Oct. 2011	29.94	23.51	18.02	51.2
Nov. 2011	28.56	22.03	16.46	131.4
Dic. 2011	26.41	20.37	14.87	21.4
Ene. 2012	26.28	20.4	15.27	81.4
Feb. 2012	28.13	21.56	16.59	6.4
Mar. 2012	30.81	23.66	16.88	3.2
Abr. 2012	31.7	24.61	18.05	58.79
May. 2012	32.65	26.2	20.12	89.2
Jun. 2012	28.51	22.8	18.43	206.6
Jul. 2012	27.07	21.74	17.51	116.1

Estos patrones diferentes ocasionan interacciones que afectan la cantidad y la calidad del pasto. Para una mejor descripción de los mismos, se han clasificado en: LLIN; LLTA; LLRE; INVI; y SECA (Cuadro 2). Al considerar el promedio anual del efecto de la fertilización nitrogenada y el riego en Maralfalfa, se observa que impacta significativamente ($P \leq 0.05$) en dos variables importantes: el rendimiento de producción de MS (kg ha^{-1}) y la PC (% MS) (Cuadro 3). La primera variable se incrementa en un 70% y la segunda en 12%. Es claro que la respuesta de Maralfalfa a la fertilización es mayor en cantidad que en calidad. Al desagregar el impacto por época del año, se detecta que solo en las épocas de INVI y SECA se manifiesta esta respuesta.

Cuadro 2. Temperatura (°C) y precipitación pluvial (mm mes⁻¹) promedio por época del año.

Variable	INVI	SECA	LLIN	LLTA	LLRE
Temperatura	26.3	31.5	31.9	32.0	29.2
Desv. Estándar	0.07	0.71	1.03	0.43	0.72
Precip. Pluvial	51.4	42.6	277.7	232.8	91.3
Desv. Estándar	31.33	35.26	178.90	88.8	41.9

INVI = época de Invierno (dic-ene-feb); SECA = época de sequía (mar-abr-may); LLIN = inicio de lluvias (jun-jul); LLTA = lluvias tardías (ago-sep); LLRE = lluvias residuales (oct-nov).

Cuadro 3. Efecto de la fertilización sobre la composición química de *P. purpureum* cv. Maralfalfa.

Variable ¹	Sin fertilizar	Fertilizado	Error Estándar
MS, kg ha ⁻¹	1,701 ^b	2,889 ^a	242
PC, % MS	10.2 ^b	11.4 ^a	0.34

MS = Rendimiento de Materia Seca; PC = Proteína Cruda.

¹Renglones donde aparecen las literales se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 4 se presentan las medias mínimo cuadráticas por época. La mejora en rendimiento de MS fue 119% en INVI y de 123% en SECA, y de PC tan solo fue de 34% en INVI y de 19% en SECA, aunque es importante destacar que el contenido de PC en INVI fue de 15.5%. Mota et al. (2010) en Brasil con *P. purpureum* cv. Pionero logró incrementos de 2,539 hasta 6,446 kg de MS por corte y concentración de 15% de PC con altas dosis de fertilización y riego en época de secas.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización dentro de época sobre la composición química (% MS) de *P. purpureum* cv. Maralfalfa.

Variable ¹	INVI			SECA		
	SF	F	Desv. Est.	SF	F	Desv. Est.
MS, kg ha ⁻¹	1,094 ^b	2,399 ^a	327.6	1,144 ^b	2,554 ^a	520.4
PC	11.6 ^b	15.5 ^a	0.75	10.2 ^b	12.1 ^a	0.70

INVI = época de Invierno (dic-ene-feb); SECA = época de sequía (mar-abr-may). SF = Maralfalfa sin fertilizar ni regar; F = Maralfalfa fertilizada y regada. MS = rendimiento de MS; PC = proteína cruda; PV = proteína verdadera; DNIP = proteína insoluble en detergente neutro; FDN = fibra detergente neutro.

¹diferente literal por renglón dentro de época indica Tukey diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

Las demás variables de composición química y calidad nutricional no fueron sensibles a los efectos de fertilización y riego; aunque Mota et al. (2010) con altas dosis de N (100, 300, 500 y 700 kg año⁻¹) y láminas de agua de (0, 20, 40, 80, 100 y 120% de evapotranspiración de referencia) encontró un efecto cuadrático en FDN con valor máximo de 69.4 a una lámina de agua con valor de evapotranspiración del 72.9%.

Al evaluar el efecto de época, hubo que considerar el efecto de fertilización por separado ya que las respuestas fueron diferentes.

En el Cuadro 5 se presenta el efecto de época sobre la calidad nutritiva (% MS) de *P. purpureum* cv. Maralfalfa sin fertilizar y sin riego. El no encontrar diferencia estadística en el rendimiento por época muestra la agresividad de este pasto al crecer de manera similar tanto en invierno como en secas o en lluvias, aunque sin mostrar su potencial. De la misma manera las variables de composición química más sensibles fueron LIG, PC y PV, y las variables de calidad nutricional sensibles al efecto de época fueron las fracciones de carbohidratos. La época en la que el pasto Maralfalfa sufre desde el punto de vista nutricional es la época de LLTA (agosto-septiembre). En este período la PV cae a un valor inferior al mínimo (7%) para que se mantengan las condiciones ruminales adecuadas para el consumo y la digestibilidad por parte de los bovinos. Por tanto, aunque el pasto tenga alto contenido de carbohidratos (mayormente fibrosos) el bovino no va a tener la capacidad de extraer la mayor cantidad de energía del mismo por las limitaciones proteicas que van a disminuir consumo y digestibilidad. Desafortunadamente, la fertilización no logra solventar esta limitante.

Cuadro 5. Efecto de época sobre la calidad nutritiva (% MS) de *P. purpureum* cv. Maralfalfa sin fertilizar.

Variable ¹	INVI	SECA	LLIN	LLTA	LLRE	Desv. Est.
MS, kg ha ⁻¹	1,094 ^a	1,144 ^a	2,279 ^a	2,223 ^a	1,762 ^a	359.0
LIG	9.0 ^a	9.1 ^a	7.5 ^{ab}	6.6 ^b	9.0 ^a	0.58
PC	11.6 ^a	10.2 ^a	10.8 ^a	7.9 ^b	10.5 ^a	0.49
PV	8.9 ^a	7.2 ^{ab}	7.9 ^{ab}	6.1 ^b	7.4 ^{ab}	0.63
CHOs	70.2 ^b	71.6 ^b	72.2 ^b	76.8 ^a	71.5 ^b	0.93
CA+CB1	7.8 ^b	11.1 ^{ab}	10.5 ^{ab}	12.9 ^a	9.5 ^{ab}	1.16
CB2	40.7 ^{ab}	38.7 ^b	43.6 ^{ab}	48.0 ^a	40.4 ^{ab}	1.89
CC	21.7 ^a	21.9 ^a	18.0 ^{ab}	15.9 ^b	21.6 ^a	1.38

INVI = época de Invierno (dic-ene-feb); SECA = época de sequía (mar-abr-may); LLIN = inicio de lluvias (jun-jul); LLTA = lluvias tardías (ago-sep); LLRE = lluvias residuales (oct-nov). LIG = Lignina; PC = Proteína cruda; PV = Proteína verdadera; CHOs = Carbohidratos totales; CA+CB1 = ácidos orgánicos, azúcares, almidón y fibra soluble; CB2 = celulosa y hemicelulosa disponibles; CC = lignina y carbohidratos indigestibles.

¹Distinta literal en el mismo renglón indica Tukey diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 6 se muestra el efecto de época sobre la calidad nutritiva de *P. purpureum* cv. Maralfalfa fertilizado y regado. Se sigue observando la limitación proteica de este pasto en la época LLTA. Por otro lado, la ventaja de fertilizar y regar este pasto en INVI y SECA es que la respuesta en composición proteica es excelente, aunque como era de esperarse a costa de los carbohidratos, sin embargo, se espera una mejor utilización de éstos al haber un mejor balance proteico-energético para el bovino que lo esté consumiendo.

Cuadro 6. Efecto de época sobre la calidad nutritiva (% MS) de *P. purpureum* cv. Maralfalfa fertilizado.

Variable ¹	INVI	SECA	LLIN	LLTA	LLRE	Desv. Est.
MS, kg ha ⁻¹	2,399 ^a	2,554 ^a	3,462 ^a	3,320 ^a	2,711 ^a	664.8
LIG	8.3 ^{ab}	9.1 ^a	8.5 ^{ab}	6.5 ^b	6.7 ^b	0.57
PC	15.5 ^a	12.1 ^{ab}	10.3 ^{bc}	7.7 ^c	11.6 ^b	0.95
PV	11.2 ^a	8.2 ^b	7.4 ^b	6.3 ^b	8.1 ^b	0.69
NB3	4.3 ^a	2.9 ^{ab}	3.5 ^a	1.6 ^b	3.1 ^{ab}	0.47
CHOs	67.0 ^c	72.5 ^b	75.0 ^{ab}	78.7 ^a	73.3 ^{ab}	1.38
CA+CB1	8.3 ^b	8.4 ^b	11.3 ^{ab}	14.6 ^a	11.9 ^{ab}	1.29
CB2	38.7 ^b	42.1 ^b	43.4 ^{ab}	48.5 ^a	45.3 ^{ab}	1.73
CC	20.0 ^{ab}	21.9 ^a	20.3 ^{ab}	15.5 ^b	16.2 ^b	1.37

INVI = época de Invierno (dic-ene-feb); SECA = época de sequía (mar-abr-may); LLIN = inicio de lluvias (jun-jul); LLTA = lluvias tardías (ago-sep); LLRE = lluvias residuales (oct-nov). LIG = Lignina; PC = Proteína cruda; PV = Proteína verdadera; NB3 = Proteína disponible asociada a la fibra; CHOs = Carbohidratos totales; CA+CB1 = ácidos orgánicos, azúcares, almidón y fibra soluble; CB2 = celulosa y hemicelulosa disponibles; CC = lignina y carbohidratos indigestibles.

¹Distinta literal en el mismo renglón indica Tukey diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

1. En *Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa, las dos variables de importancia nutricional más sensibles a la fertilización nitrogenada son rendimiento de MS (kg ha⁻¹) y contenido de PC (% MS).
2. Las épocas en las que se manifiesta esta respuesta productiva son en Invierno (Dic - Feb) y Seca (Mar - May).
3. En la época de lluvias tardías (Ago - Sep) ni la Maralfalfa sin fertilizar ni fertilizada contienen la cantidad mínima de proteína verdadera para propiciar las condiciones ruminales adecuadas para una favorable extracción de la energía del forraje.
4. La mejor calidad nutricional de Maralfalfa con fertilización y riego se obtiene en las épocas de invierno y secas.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero otorgado por el Macro Proyecto Sectorial “Mejoramiento de la Productividad, Competitividad y Sustentabilidad de la Cadena Productiva de Leche de Bovino en México”. Con Clave SAGARPA-CONACYT 2010-144591.

Literatura citada

- Alencar, C. A. B., F. F. Cunha, C. E. Martins, A. C. Cóser, R. A. Oliveira and R. A. S. Araújo. 2013. Nitrogen fertilization and annual seasons in the yield irrigated grasses in the Brazil under cut. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 14(3):413-425.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. USA.
- Correa, C. H. J., H. Arroyave, J. Henao, A. López y J. M. Cerón. 2006. Investigadores de la Universidad Nacional de Colombia. *Pasto maralfalfa: mitos y realidades (Parte Primera)*. www.engormix.com.
- Lanzas, C., C. J. Sniffen, S. Seo, L. O. Tedeschi and D. G. Fox. 2007. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 136:167-190.
- Licitra, G., T. M. Hernández and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57:347-358.
- Lobo, B. S., C. J. de S. Eleuza, S. Tavares R., F. Pinto M., D. Alves P., J. P. Sampaio R. et al. 2014. Morphogenic parameters and productivity of grass-Pioneer subjected to nitrogen. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina.* 35(6):3305-3318.
- Mota, V. J., S. R. Gonçalves, E. C. Junqueira de S., V. Ribeiro R., F. Gonçalves de O., S. F. Walker et al. 2010. Irrigation depth and nitrogen doses on elephant-grass pastures during the dry season in the north of Minas Gerais State. *Rev. Bras. Zootec.* 39(6):1191-1199.
- Ramos, T. O. S., C. A. Victoria G. and J. J. Sandoval G. 2015. Season, fertilization, and yield of varieties of *Pennisetum purpureum*. *Agrociencia* 49:837-844.
- Rusdy, M. 2016. Elephant grass as forage for ruminant animals. *Livestock Research for Rural Development* 28(4).
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE OVEJAS EN CONDICIÓN CORPORAL BAJA SUPLEMENTADAS CON SALES DE CALCIO DE ÁCIDOS GRASOS

Pedro Molina Mendoza²⁸⁰, Jesús German Peralta Ortiz²⁸¹, Guadalupe Torres Cardona²⁸¹ y Blas Rogelio Avila Castillo^{281*}

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la adición de sales de calcio de ácidos grasos a ovejas en condición corporal baja sobre la tasa de gestación. Se utilizaron 25 ovejas multíparas cruce de Suffolk y Romanov, no gestantes. Las ovejas fueron alimentadas con un kg de alfalfa henificada por oveja para lograr una condición corporal de 2.6. Posteriormente las ovejas fueron asignadas aleatoriamente a uno de dos tratamientos. Grupo SING (n= 13), este grupo fue alimentado con 1.2 kg de alimento comercial desde el día -12 hasta el parto; Grupo CONG (n= 12) estas ovejas fueron alimentadas con un 1 kg de alimento más 100 gramos de sales de calcio de ácidos grasos desde el día -12 hasta el día 2. En el día -12 a los dos grupos de ovejas se les realizó sincronización de estro con aplicación de una esponja de poliuretano impregnada con acetato de fluorogestona insertada vía vaginal, retirándola el día 0. No existió diferencia en el inicio, duración y presentación del estro entre grupos ($P>0.05$). Las concentraciones de progesterona fueron de 3.1 vs 2.0 ng mL⁻¹ para el grupo CONG y SING, respectivamente, con diferencias entre grupos ($P<0.05$). En el caso de las concentraciones de estradiol, existió diferencia ($P<0.05$) para los grupos CONG y SING con 33 ± 2 y 21 ± 2 pg mL⁻¹, respectivamente. El grupo SING registró una tasa de gestación de 69% lo cual fue diferente ($P<0.05$) al 100% de gestación del grupo CONG. Se concluye que la adición de sales de calcio de ácidos grasos en ovejas aumenta las concentraciones de progesterona y estradiol, lo cual pudo influir en la mayor tasa de gestación observada en este grupo.

Palabras clave: sincronización de estro, progesterona, gestación

²⁸⁰ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

²⁸¹ Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *mvzroger2004@gmail.com

Introducción

La nutrición afecta muchos aspectos de los procesos reproductivos en los animales domésticos, entre los que se encuentran el inicio de la pubertad, producción de gametos, crecimiento de la placenta y lactación. (Martin et al., 2004). El nivel de nutrición alto o bajo interactúa con el grado de condición corporal, esta interacción determina el potencial de desarrollo posfertilización en ovocitos de bovinos, por lo que niveles altos de energía en vacas en baja condición corporal (Adamiak et al., 2005) y ovejas con dieta de mantenimiento (Hashem y El-Zarkouny, 2014) es benéfico para la calidad del ovocito.

Se conoce que ovejas con una condición corporal de tres, tienen mayores tasas de ovulación que hembras con una condición corporal de dos, así como un incremento en la condición corporal aumentan la tasa ovulatoria como causa de un efecto dinámico de la condición corporal y cambios en el nivel de energía y proteína (Meza-Herrera et al., 2008).

La influencia que tienen las grasas en los procesos reproductivos no es clara, pero se ha observado que las sales de calcio de ácidos grasos (CSFA) adicionados en la dieta en rumiantes, provocan un incremento en los niveles sanguíneos de colesterol, que incluyen lipoproteínas de alta y baja densidad (El-Nour et al., 2012), siendo éstas precursoras para la síntesis de hormonas esteroideas (Grummer y Carroll, 1988).

Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la adición de sales de calcio de ácidos grasos en ovejas con condición corporal baja sobre la tasa de gestación, bajo un programa de sincronización de estro utilizando progestágenos en época reproductiva.

Materiales y métodos

El experimento se realizó entre los meses de septiembre a diciembre, en las instalaciones del Rancho Universitario “Lic. Jorge Rojo Lugo”, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ubicado en el municipio de Tulancingo, Hidalgo, México. Está situado a una altitud de 2,180 metros sobre el nivel del mar y una latitud norte de 20° 02' 18”, y longitud oeste 98° 21' 21”.

Se utilizaron 25 ovejas cruce de Suffolk y Romanov, no gestantes. Seis meses antes del inicio del programa de sincronización de estro, las 25 ovejas fueron sujetas a un régimen alimenticio de subnutrición, el cual consistió en otorgarles un kg diario de alfalfa heno con un valor de 1.8 Mcal de energía metabolizable y 13% de proteína cruda, que es menor a lo recomendado por el National Research Council (NRC, 2007). El anterior régimen alimenticio de subnutrición tuvo como consecuencia que el promedio de condición corporal de las ovejas disminuyera de 3.0 a 2.6 en una escala de 1 a 5 (Cottle, 1991).

Una vez finalizado el régimen alimenticio anterior, las 25 ovejas continuaron con alimentación de alfalfa heno y fueron asignadas de forma aleatoria a uno de dos grupos de tratamientos. Grupo SING (Testigo, n= 13), las ovejas de este grupo fueron alimentadas con 1.2 kg de alimento comercial, recibiendo cada oveja 3.0 Mcal de energía metabolizable y 19% de proteína cruda, este periodo se inició desde el día -12 y finalizó después del parto, para la sincronización del estro se insertó, vía intravaginal, una esponja de poliuretano impregnada con 20 mg de acetato de fluorogestona (FGA; Chrono Gest® CR; Intervet, México) en el día -12 y permaneció in situ hasta el día 0 (Figura 1). Grupo CONG (n= 12) las ovejas de este grupo recibieron 1 kg de alimento comercial y de forma adicional 100 gramos de CSFA (Megalac®, aceite de palma; 6 Mcal/kg) quedando con un valor de 3.0 Mcal de energía metabolizable y 16% de proteína cruda, este periodo inició el día -12 hasta el día 2 del experimento, posteriormente a éste grupo se le asignó la misma dieta que al Grupo SING y la sincronización de estro fue igual al grupo SING. Todas las ovejas fueron presincronizadas con doble aplicación de 15 mg de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}; dinoprost, Lutalyse-Upjohn, México) vía intramuscular, en los días -28 y -20 del experimento.

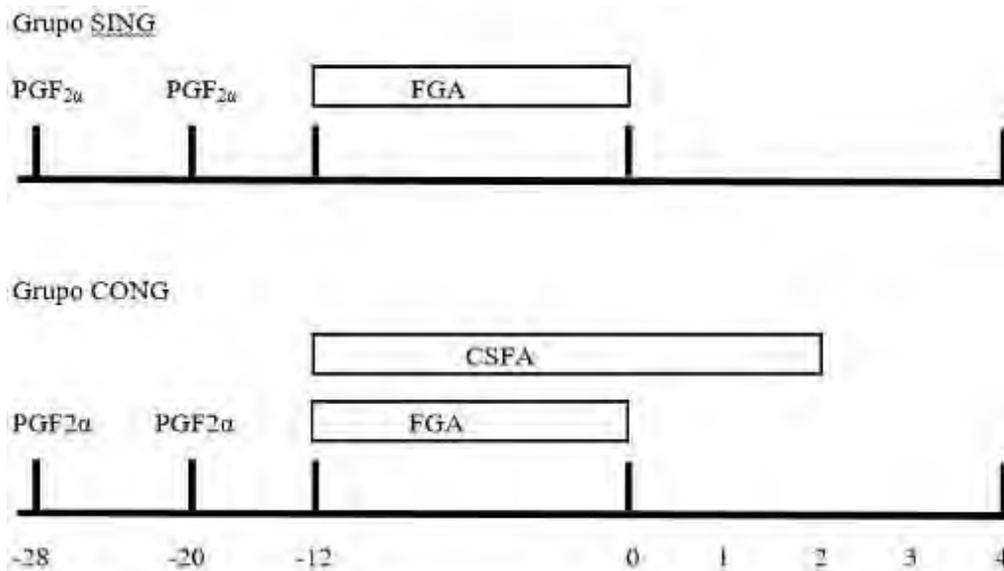


Figura 1. Diseño del experimento. PGF_{2α}, aplicación de PGF_{2α}; FGA, tiempo de permanencia de la esponja impregnada de FGA; CSFA, tiempo de adición de sales de calcio de ácidos grasos en la dieta para el grupo CONG.

Muestreo sanguíneo para progesterona (P₄) y estradiol (E₂)

Para determinar la concentración de P₄, se colectaron muestras de sangre por punción de vena yugular cada tercer día, a partir del día en que se colocaron las esponjas intravaginales hasta 2 días posteriores del retiro. Los muestreos sanguíneos para determinar las concentraciones de E₂ durante la fase folicular, iniciaron 48 h después del retiro de las esponjas intravaginales, colectando muestras de sangre por vía de vena yugular cada 6 h

durante un periodo de 36 h. Una vez colectadas las muestras se centrifugaron a 1500 x g durante 10 min, después el suero fue recuperado y almacenado a -20°C hasta su análisis.

Ensayo inmunoenzimático para determinación de P₄ y E₂

Los análisis de P₄ se realizaron utilizando un kit para ensayo inmunoenzimático competitivo tipo 7 (Monobind, Inc. USA). La sensibilidad analítica fue 0.15 ng mL⁻¹ con coeficiente de variación intra e inter ensayo de 10 y 13.2%. Los análisis de E₂ se realizaron con un kit de ensayo inmunoenzimático competitivo retrasada tipo 9 (Monobind, Inc. USA). La sensibilidad fue 10 pg mL⁻¹, con coeficientes de variación intra e inter ensayo de 8.0 y 12%.

Detección de estro, monta natural y diagnóstico de gestación

La detección de estro se inició 24 h después de retiradas las esponjas impregnadas con FGA con la ayuda de 4 carneros, las ovejas fueron divididas en grupos de 4 y observadas por periodos de 5 min a intervalos de 4 h durante un periodo de 72 h. El apareamiento fue realizado mediante la presentación del carnero a la hembra, permitiendo dos montas por servicio, el primer servicio se realizó al inicio del estro y el segundo 12 h después con el mismo carnero. Se utilizaron cuatro carneros adultos de forma aleatoria para evitar un efecto confundido en la fertilidad.

Para diagnosticar gestación en las hembras, en el día 60 posmonta se utilizó un equipo de ultrasonido de tiempo real (Sonopet) con un transductor de 3 MHz el cual fue colocado vía transabdominal para revisar y apreciar la presencia de estructuras óseas como la columna vertebral, extremidades anteriores y posteriores, y presencia de placentomas.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar y la unidad experimental fue cada oveja. Los animales fueron distribuidos de manera aleatoria a cada tratamiento. Para los análisis de las variables de porcentaje de presentación de estro y gestación se utilizó la prueba de Ji-cuadrada, y para las variables de inicio y duración de estro se realizó una comparación de medias por medio de la prueba de t de Student (TTEST; SAS, 2003). Los análisis estadísticos para las variables concentración de P₄ y E₂ fueron comparadas con un análisis de varianza para mediciones repetidas, utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (Littell et al., 1998).

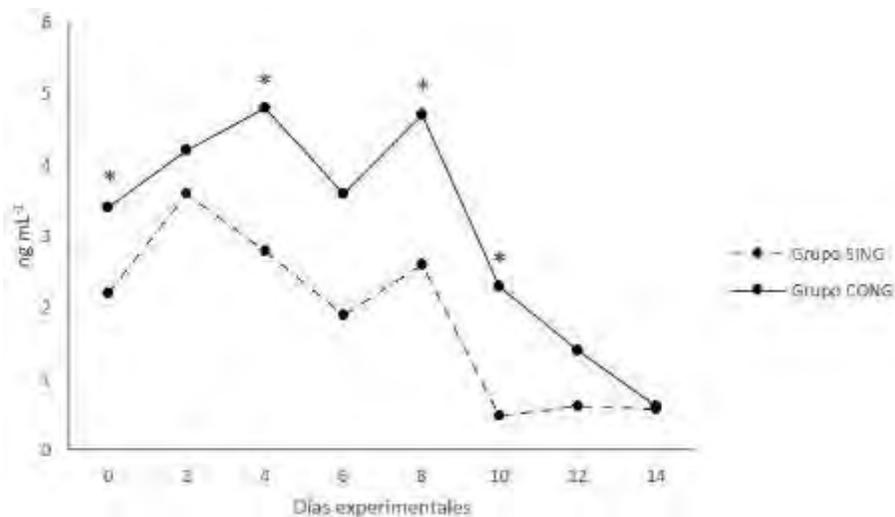
Resultados

Presentación, inicio y duración del estro

La presentación del estro no fue afectada por la adición CSFA en los animales tratados, observándose que el 100% de las ovejas presentaron estro en los dos grupos, sin diferencias significativas ($P>0.05$). El inicio del estro no difirió entre grupos ($P>0.05$) registrándose para el grupo SING un inicio de 38 ± 1.9 h, mientras el grupo CONG fue de 34 ± 2.8 h. En relación a la duración del estro no hubo diferencias entre grupos ($P>0.05$), registrándose una duración de estro de 30 ± 2 h, para el grupo SING y 28 ± 2 h para el grupo CONG.

Concentraciones séricas de P_4

Las concentraciones de P_4 difirieron entre grupos de tratamiento ($P<0.05$) en los días 0, 4, 8 y 10 del ciclo estral sincronizado, observándose concentraciones de 3.4, 4.8, 4.7 y 2.2 ng mL^{-1} para el grupo CONG en comparación al grupo SING que registró una concentración de 2.3, 2.8, 2.6 y 0.47 ng mL^{-1} , respectivamente (figura 2). La concentración promedio durante la fase lútea del ciclo estral sincronizado fue diferente ($P<0.05$), observándose una mayor concentración sérica de P_4 para el grupo CONG en comparación al grupo SING, registrándose 3.1 ng mL^{-1} vs 2.0 ng mL^{-1} , respectivamente.



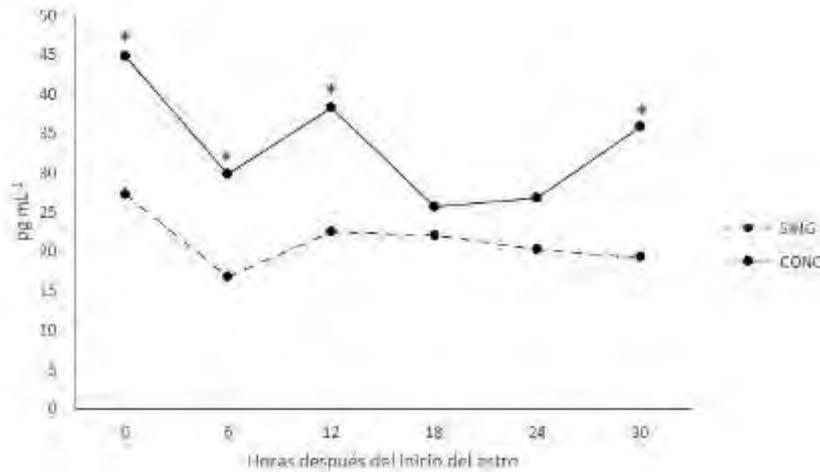
*Diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos para un mismo día.

Figura 2. Concentraciones promedio de P_4 , posterior a la colocación de las esponjas con FGA. La esponja permaneció en la vagina desde el día experimental 0 hasta el día 12.

Concentraciones séricas de E_2

Las concentraciones séricas de E_2 durante el estro fueron diferentes a las 0, 6, 12 y 30 h de iniciado el estro, siendo más altas ($p<0.05$) las concentraciones para el grupo CONG registrando valores de 44.8, 29.8, 38.3 y 35.9 pg mL^{-1} en comparación al grupo SING 27.3, 16.8, 22.3 y 19.2 pg mL^{-1} , respectivamente, como se muestra en la figura 3. Las

concentraciones promedio durante todo el muestreo del estro fue mayor ($p < 0.05$) para el grupo CONG, registrándose $33 \pm 2 \text{ pg mL}^{-1}$ en comparación al grupo SING que fue de $21 \pm 2 \text{ pg mL}^{-1}$.



* Diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para un mismo día.

Figura 3. Concentraciones promedio de E_2 en los diferentes tratamientos después de iniciado el estro.

Porcentaje de gestación

El porcentaje de gestación fue diferente entre los grupos ($p < 0.05$) favoreciendo al grupo de ovejas que fue adicionado con grasa de sobrepeso, CONG, resultando 12 ovejas gestantes de 12 (100%), comparado al grupo que no recibió la adición de grasa de sobrepeso, SING, donde se observó 9 de 13 (69.2%) ovejas gestantes.

Discusión

En nuestro estudio la adición de grasa de sobrepeso no afectó la presentación, inicio y duración del estro. Las concentraciones de E_2 fueron mayores en ovejas que se les adicionó grasa de sobrepeso en comparación al grupo que no recibió grasa de sobrepeso, por lo que se esperaba que las ovejas del grupo CONG presentaran mayor porcentaje de estro, debido a que el E_2 tiene un papel importante en la fase del estro como lo menciona Arroyo et al. (2006) en su revisión de como un mecanismo neuronal a medida que aumenta su concentración ejerce un mecanismo de retroalimentación positiva a nivel de hipotálamo, estimulando la secreción hormonal y originando descargas preovulatorias de hormona liberadora de gonadotropinas.

Las concentraciones de P_4 que en ovejas del grupo CONG fueron mayores en comparación al grupo SING, resultados que concuerdan con lo reportado por Ghoreishi et al. (2007) quienes mencionan que ovejas Mehraban que fueron alimentadas con CSFA aumentaron las

concentraciones de P_4 entre los días 10 a 14 del ciclo estral, por su parte Espinoza et al. (1997) también observaron un aumento en las concentraciones de P_4 en los días 9 y 12 del ciclo estral en ovejas alimentadas con CSFA, de manera similar El-Nour et al. (2012) reportaron un incremento significativo en los niveles de colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad, glucosa y P_4 en el día 10 del ciclo estral de ovejas alimentadas con CSFA. Este aumento en P_4 puede ser debido a la mayor disponibilidad de colesterol que proporciona un aumento de precursores de esteroides disponibles para la biosíntesis de P_4 por parte del cuerpo lúteo (Savion et al., 1982).

En relación a las concentraciones de E_2 , del presente experimento, al inicio y 30 h después de iniciado el estro fueron mayores para las ovejas alimentadas con grasa de sobrepeso comparadas con las ovejas que no recibieron grasa de sobrepeso, lo anterior concuerda con los reportado por Kia y Safdar (2015), quienes observaron que la inclusión de ingredientes que aportan CSFA, en dietas de sobrealimentación en ovejas Afshari, incrementó los niveles de estrógenos, con un mejoramiento subsecuente en fertilidad y fecundidad, que se puede relacionar con el aumento de colesterol y lipoproteínas de alta densidad (HDL), debido a que el colesterol es el principal precursor para estos esteroides (Carroll et al., 1990). Por su parte Rhind y McNeilly (1998) mencionan que, en ovejas, la tasa de síntesis de esteroides fue significativamente mayor en folículos grandes, sugiriendo que estos tuvieron una alta probabilidad de ovular, sin embargo, la significancia biológica de la cantidad en producción de estrógenos con respecto a la capacidad de ovular es incierto, pero en nuestro estudio el grupo que tuvo una mayor concentración de E_2 también presentó un mayor porcentaje de gestación. En nuestro estudio observamos que la adición de CSFA afecto de forma positiva la tasa de gestación, resultados similares fueron reportados por Hashem y El-Zarkouny (2014), quienes observaron que ovejas suplementadas con CSFA tuvieron una tasa de concepción y de parición más alta que ovejas sin suplementación. Por su parte El-Nour et al. (2012) también mencionan que la tasa de preñez se incrementó en ovejas suplementadas con CSFA en comparación con ovejas sin suplementación. En este contexto se conoce que hay aumento de tamaño de los folículos preovulatorios que puede deberse en parte al aumento de la concentración de LH plasmática que estimula la última etapa del crecimiento folicular. De esta forma la ovulación de folículos más grandes puede dar lugar a la formación de cuerpos lúteos más grandes con capacidad esteroideogénica aumentada y dar lugar a una mayor producción de progesterona, que se ha asociado con mayores tasas de concepción (Funston, 2004).

Por otra parte, se conoce que la desnutrición puede producir una reducción en la habilidad de los embriones para secretar $IFN\gamma$ y por lo tanto incrementar la producción de $PGF_{2\alpha}$ del endometrio, lo cual inicia la luteólisis, reduciendo así tasa de preñez observada en ovejas subalimentadas (Abecia et al., 1999). En vaquillas bajo restricción nutricional de 1.2 a 0.4 del

nivel de mantenimiento por un periodo de 13 a 15 días suprime la tasa de crecimiento y diámetro máximo del folículo dominante y resulta en una falla del folículo dominante para ovular en un 60%, esto puede ser debido a la ausencia de la elevación de las gonadotropinas, las cuales en algunos casos son precedidas por la ausencia de un incremento en las concentraciones del E₂ en el proestro (Mackey et al., 1999).

Conclusión

En las condiciones del presente experimento se concluye que la adición de sales de calcio de ácidos grasos a ovejas en condición corporal baja, aumenta las concentraciones de P₄ durante la fase lútea del ciclo estral sincronizado, así como incrementa las concentraciones de E₂ durante el estro, lo cual se refleja en un mayor porcentaje de gestación en estas ovejas.

Literatura citada

Abecia, J. A., F. Forcada and J. M. Lozano. 1999. A preliminary report on the effect of dietary energy on prostaglandin F₂ alpha production in vitro, interferon-tau synthesis by the conceptus, endometrial progesterone concentration on days 9 and 15 of pregnancy and associated rates of embryo wastage in ewes. *Theriogenology* 52:1203-1213.

Adamiak, S. J., K. Mackie, R. G. Watt, R. Webb and K. D. Sinclair. 2005. Impact of nutrition on oocyte quality: cumulative effects of body composition and diet leading to hyperinsulinemia in cattle. *Biol. Reprod.* 73:918-926.

Arroyo, L. J., S. J. Gallegos, A. V. Godoy y J. V. Mendez, 2006. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: una revisión. *Interciencia* 31: 8-15.

Carroll, D. J., M. J. Jerred, R. R. Grummer, D. K. Combs, R. A. Pierson and E. R. Hauser. 1990. Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on plasma progesterone, energy balance and reproductive traits of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73:2855-2863.

Cottle, D. J. 1991. *Australian sheep and wool handbook*. Inkata. Press. Melbourne. Australian. 357 p.

El-Nour, H. H. M., S. M. Nasr and W. R. Hassan. 2012. Effect of calcium soap of fatty acids supplementation on serum biochemical parameters and ovarian activity during out-of-the-breeding season in crossbred ewes. *Scientific World Journal* 2012:1-7.

- Espinoza, J. L., J. A. Ramirez-Godinez, S. S. Simental, J. Jiménez, R. Ramirez, A. Palacios et al. 1997. Effects of calcium soaps of fatty acids on serum hormones and lipid metabolites in Pelibuey ewes. *Small Rumin. Res.* 26:61-68.
- Funston, R. N. 2004. Fat supplementation and reproduction in beef females. *J. Anim. Sci.* 82: 154-161.
- Ghoreishi, S. M., M. J. Zamiri, E. Rowghani and H. Hejazi. 2007. Effect of a calcium soap of fatty acids on reproductive characteristics and lactation performance of fat-tailed sheep. *Pak. J. Biol. Sci.* 10:2389-2395.
- Grummer, R. R. and D. J. Carroll. 1988. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. *J. Anim. Sci.* 66:3160-3173.
- Hashem, N. M. and S. Z. El-Zarkouny. 2014. Effect of short-term supplementation with rumen-protected fat during the late luteal phase on reproduction and metabolism of ewes. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98:65-71.
- Kia, H. D. and A. H. A. Safdar. 2015. Effects of calcium salts of fatty acids (CSFA) with different profiles ($\omega 3$ and $\omega 6$) during the flushing period on reproductive performance of "Afshari" ewes. *Small Rumin. Res.* 126:1-8.
- Mackey, D. R., J. M. Sreenan, J. F. Roche and M. G. Diskin. 1999. Effect of acute nutritional restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotropin concentrations in beef heifers. *Biol. Reprod.* 61:1601-1607.
- Martin, G. B., J. Rodger and D. Blache. 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod. Fert. Dev.* 16:491-501.
- Meza-Herrera, C. A., D. M. Hallford, J. A. Ortiz, R. A. Cuevas, J. M. Sanchez, H. Salinas et al. 2008. Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non LH-mediated pathways in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 106:412-420.
- National Research Council (US). Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids.
- Rhind, S. M. and A. S. McNeilly. 1998. Effects of level of food intake on ovarian follicle number, size and steroidogenic capacity in the ewe. *Anim. Reprod. Sci.* 52:131-138.
- SAS Institute INC., 2003. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Savion, N., R. N. Laherty, D. Cohen, D. Lui and D. Gospodarowicz. 1982. Role of lipoproteins and 3-methylglutaryl coenzyme A reductase in progesterone production by culture bovine granulosa cells. *Endocrinology.* 11:13-22.

CONSUMO APARENTE DE MATERIA SECA POR VAQUILLAS PASTANDO UNA ASOCIACIÓN GRAMÍNEA-LEGUMINOSA

Braulio Valles de la Mora^{282*}, Epigmenio Castillo Gallegos²⁸², Miguel Ángel Alonso Díaz²⁸², Jesús Jarillo Rodríguez²⁸² y Eliazar Ocaña Zavaleta²⁸²

Resumen

Se determinó, en Novara, Ver., el consumo aparente de materia seca, empleando la técnica del óxido de cromo (Cr_2O_3) en una asociación gramínea-leguminosa, bajo pastoreo. Se emplearon dos áreas de 2.21 ha cada una, cubierta la primera (T1) con *Brachiaria brizantha* (pasto Toledo) asociada a *Cratylia argentea*, y la segunda (T2) con pasto Toledo solo. Se emplearon 12 becerras Holstein × Cebú: seis (194 ± 7 kg PV an^{-1}) pastorearon T1, y seis (164 ± 10 kg PV an^{-1}) T2. Cada animal recibió 400 g de Cr por vía oral, durante 12 días (7 y 5 días para acostumbramiento y prueba, respectivamente). Se determinó el forraje disponible (inicio y final del pastoreo) con el método del “Rendimiento comparativo”. Se estimó porcentaje de materia seca, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina, digestibilidad in situ de la materia seca (DISMS), producción fecal, consumo voluntario (CV) y energía digestible (ED) y metabolizable (EM). El diseño fue completamente al azar, con dos tratamientos (la asociación gramínea-leguminosa, y la gramínea sola), considerando cada animal como unidad experimental ($n=12$). Al inicio del pastoreo, en T1 la cantidad de forraje ofrecido (kg MS ha^{-1}) para los componentes Toledo y *Cratylia argentea* fueron: 2623 ± 1361 y 73 ± 58 , resp., para Toledo solo: 762 ± 231 . Fue evidente la mayor concentración de PC que aportó la leguminosa (27.1%), comparada con la gramínea (11.2%). La DISMS mostró poca variación entre los tratamientos: T1=72.7% y T2=72.3%. Los valores de ED y EM, fueron, en T1: 3.19 y 2.58 Mcal, y T2: 3.23 y 2.62 Mcal. El CV, como porcentaje de su peso vivo fue de 2.22 y 2.49%, respectivamente. Se concluye que el consumo de forraje fue similar para ambos tratamientos, y dichos valores están dentro del rango estimado para este tipo de ganado, en las condiciones descritas.

Palabras clave: *Cratylia argentea*, *Brachiaria brizantha*, técnica óxido de cromo

²⁸² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Km 7.5 carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Ver.; E-mail: braulio_36@hotmail.com

Introducción

En términos generales, los forrajes tropicales son de menor calidad, en comparación con los de zonas templadas (Van Soest, 1994; Mislevy, 1985), debido principalmente a una mayor proporción de pared celular y de humedad en sus tejidos, lo que afecta de forma negativa el consumo de materia seca por el ganado (Crowder, 1985). Este bajo consumo de materia seca y la calidad de la misma, explican en gran medida las diferencias en producción animal, proveniente de distintas especies forrajeras (Stobbs y Thompson, 1978; Wilson y Minson, 1980). Son escasos los trabajos desarrollados sobre consumo de materia seca en pastoreo, utilizando la leguminosa *Cratylia argentea* (Benavides-Calvache et al., 2010), y menos se conoce, para esta especie, su consumo asociada a *Brachiaria brizantha* (Toledo); por lo cual, el uso de un marcador externo como el Óxido de cromo podría ser de utilidad para estimar esta variable, dadas las dificultades para determinar, bajo el método convencional de oferta-rechazo, el consumo bajo pastoreo en asociaciones gramínea-leguminosa, donde los componentes botánicos presentan hábitos de crecimiento y respuesta al pastoreo, muy diferentes. De acuerdo con lo anterior, se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de determinar el consumo aparente de materia seca, empleando la técnica del Óxido de Cromo (Cr_2O_3) en una asociación gramínea-leguminosa, bajo pastoreo por becerras Holstein × Cebú.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las instalaciones del CEIEGT, FMVZ-UNAM, en el municipio de Novara, Ver., en un clima cálido y húmedo (Af) y suelos Ultisoles. Se utilizó un terreno de 4.42 ha dividido en dos áreas de 2.21 ha cada uno, cubierto, en el Tratamiento 1 (T1), con una asociación de *Brachiaria brizantha* (pasto Toledo) y la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea*; y en el Tratamiento 2 (T2) con el pasto Toledo como monocultivo. Cada una de las dos áreas de pastoreo fue sub-dividida a su vez, en 6 potreros de 3683 m², donde se aplicó un sistema de pastoreo rotacional de 4 días de uso y 24 de descanso. En T1, la leguminosa se encontraba dentro de surcos cada 2.5 m, con una separación entre surcos de 3 m (220 arbustos por potrero). El espacio entre surco y surco era ocupado por la gramínea. La carga animal fue de 1.8 y 1.6 UA ha⁻¹, respectivamente.

Se emplearon 12 becerras Holstein × Cebú, de las cuales, seis (194 ± 7 kg PV an⁻¹) pastorearon T1, y seis (164 ± 10 kg PV an⁻¹) T2. La administración de Cr se realizó por 12 días, de los cuales, 7 fueron de acostumbramiento y 5 de prueba. Cada animal ingirió, por vía oral, en cápsulas de gelatina, 4 g de Cr (2 g por la mañana -9.00 hr; y 2 g por la tarde -15 hr).

Durante los días de prueba, se colectaron 400 g de heces $\text{an}^{-1} \text{d}^{-1}$, llevadas al laboratorio y secadas en estufa de aire forzado a 50 °C. De cada animal se tomaron muestras conjuntas, a las cuales se les determinó su concentración de Cr por espectrofotometría (Holden et al., 1994).

El forraje disponible al inicio y al final del pastoreo, se determinó con el método del “Rendimiento comparativo” (Haydock y Shaw, 1975), realizando 100 estimaciones visuales que se relacionaron con cinco cuadrantes de referencia, a través de una curva de regresión lineal ($Y=a+bx$). Muestras de forraje para cada componente fueron analizadas en el laboratorio para estimar su porcentaje de materia seca, proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido y lignina. Adicionalmente se colectaron en los potreros, muestras de forraje, a mano, según el comportamiento en pastoreo de los animales. Una porción de estas muestras se destinó a la prueba de digestibilidad in situ de la materia seca, a 48 h, de acuerdo a la técnica de Orskov et al. (1980), empleando tres vacas con fístula ruminal, con tres repeticiones por animal, las cuales pastoreaban vegetación nativa (*Paspalum* spp. y *Axonopus* spp., principalmente) y suplementadas, antes y durante la prueba, con 3 kg de concentrado comercial.

La producción fecal (PF), y el consumo voluntario (CV), se estimaron de acuerdo con las siguientes fórmulas: $PF (\text{g MS día}^{-1}) = \text{dosis de Cr} (\text{mg día}^{-1}) / \text{Cr en heces} (\text{mg g}^{-1} \text{MS})$; y $CV (\text{g día}^{-1}) = PF (\text{g MS día}^{-1}) / [1 - (\text{dig in situ MS} / 100)]$. Adicionalmente, se realizó una estimación de la energía digestible (ED, Mcal) y energía metabolizable (EM, Mcal), en las muestras colectadas a mano, empleando el Programa CALRAC (1996).

El diseño fue completamente al azar, con dos tratamientos (la asociación gramínea-leguminosa, y la gramínea como monocultivo), considerando como unidad experimental a cada animal ($n=12$). El análisis de varianza se realizó con PROC GLM de SAS (2010).

Resultados y discusión

El forraje ofrecido al inicio del pastoreo, así como el remanente después del mismo, fue siempre mayor ($P \leq 0.05$) en la asociación gramínea-leguminosa, comparado con la gramínea sola: al inicio del pastoreo, en T1 la cantidad de forraje ofrecido (kg MS ha^{-1}) para Toledo y *Cratylia argentea* fue de 2623 ± 1361 y 73 ± 58 , resp., en tanto para Toledo solo, fue de 762 ± 231 ; mientras que a la salida, en el mismo orden, fue de 2575 ± 1442 y 47 ± 40 , resp., y 163 ± 14 . Parece ser que la asociación es más productiva, en términos de forraje disponible, en aquellos sistemas silvopastoriles donde intervienen leguminosas arbustivas, tal como se observó en este estudio. En Colombia (Mahecha et al., 2000) estudiaron el rendimiento de una asociación *Cynodon plectostachyus* (Estrella de África)-*Leucaena leucocephala*,

encontrando que la asociación presentó más forraje disponible (3157 kg MS ha⁻¹) que la gramínea sola (2613 kg MS ha⁻¹). Igualmente, Benavides et al. (1994), demostraron que el pasto king grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) produjo 14% más forraje asociado con *Erythrina poeppigiana*, comparado con la producción obtenida de la gramínea sola.

El Cuadro 1 muestra la concentración de las variables de calidad, en los componentes de cada tratamiento. Es evidente la mayor concentración de proteína cruda que aportó la leguminosa, en comparación con la gramínea; sin embargo, ésta última, tanto sola como asociada, también mostró valores atractivos (>10%), considerando que se trata de una gramínea tropical. Al respecto, Argel et al. (2004) mencionan que el pasto Toledo presenta valores de PC en sus hojas, en un rango de 13.5 a 8.7%, según la edad de rebrote de 25 a 45 días. Destaca también el mayor valor de lignina en la leguminosa, en comparación con la gramínea. La técnica de Van Soest sobreestima la lignina en leguminosas debido a la presencia de taninos y otros polifenoles (Aufrière y Guérin, 1996). Por otra parte, Jung y Allen (1995) mencionan que el uso del método de lignina en detergente ácido, subestima la concentración de lignina en gramíneas.

Cuadro 1. Porcentaje de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina, de forraje muestreado por la técnica de “Rendimiento comparativo”, al inicio del pastoreo.

Variable	Tratamiento 1		Tratamiento 2
	<i>Cratylia argentea</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>
PC ¹	27.1 ± 0.8	11.2 ± 1.3	11.4 ± 1.7
FDN ²	58.7 ± 3.2	71.9 ± 2.1	74.5 ± 0.4
FDA ²	39.3 ± 1.9	40.7 ± 1.9	41.3 ± 0.7
Lignina ²	18.9 ± 1.0	8.8 ± 0.9	9.8 ± 0.9

¹ y ².- Muestras cosechadas por el método de “rendimiento comparativo”, y a mano (hand-plucking), respectivamente.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados correspondientes a la digestibilidad in situ, así como los valores de energía digestible y metabolizable, en las pasturas asociadas y como monocultivo. Se observan valores muy similares para cada una de las variables indicadas; y en el caso de la digestibilidad in situ para los componentes evaluados, el valor aquí reportado coincide con Navarro et al. (2011), en un ensayo realizado en Colombia, donde evaluaron 10 forrajes tropicales, entre ellos *Cratylia argentea* (60 días de edad), reportando para esta especie un valor de 71.08% a 48 h.

Cuadro 2. Valores de digestibilidad in situ y de energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM), para cada uno de los tratamientos evaluados.

Variable	Tratamiento 1		Tratamiento 2
	Cratylia argentea	Brachiaria brizantha	Brachiaria brizantha
Digestibilidad in situ, %	72.0	73.5	72.3
ED (Mcal)	3.14	3.24	3.23
EM (Mcal)	2.55	2.62	2.62

La concentración de nitrógeno en heces y las estimaciones de consumo de la materia seca en becerras Holstein × Cebú, que pastorearon los tratamientos evaluados, se presentan en el Cuadro 3. La concentración de N en heces fue muy similar para ambos tratamientos; y respecto al consumo de materia seca, relacionado con el peso vivo de las becerras fue también similar, y dentro del rango estimado para este tipo de ganado (2.0 – 2.5%) (Chacón, 2012).

Cuadro 3. Concentración de N en heces y consumo de MS por becerras Holstein x Cebú, pastoreando una asociación gramínea-leguminosa y gramínea sola.

Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2
N en heces, %	2.06±0.19	2.03±0.20
Producción fecal, g MS an ⁻¹	1193	1097
Consumo MS, g MS an ⁻¹	4321	4096
Consumo MS, % PV	2.22	2.49

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el consumo de forraje fue similar entre ambos tratamientos, y dichos valores están dentro del rango estimado para este tipo de ganado, en las condiciones descritas.

Literatura citada

Argel, P., J. González and M. Lobo. 2004. *Brachiaria brizantha* CIAT 26110: cv. Toledo (152-154). In: *Feeding Systems with Forage Legumes to Intensify Dairy Production in Latin America and the Caribbean: A project*. CIAT, Tropileche Consortium, and ILRI, 172 pp. Nairobi, Kenya.

- Aufrère, J. and Guérin, H. 1996. Critical review of chemical and enzymatic methods for the estimation of nutritive value in roughages. *Annales de Zootechnie* 45 suppl.: 21-38.
- Benavides-Calvache, C. A., M. Valencia-Murillo y J. Estrada-Álvarez. 2010. Efecto de la veranera forrajera (*Cratylia argentea*) sobre la ganancia de peso de ganado doble propósito. *Vet. Zoot.* 4(1):23-27.
- Benavides J. E., R. A. Rodríguez y R. Borel. 1994. Producción y calidad de forraje de King Grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) en asociación. p. 441-452. In: Benavides, J. E. (comp. y ed.). *Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Vol. II. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- CALRAC. 1996. Software para la Alimentación de Rumiantes (v. 1.0). Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Chacón, R. E. A. 2012. Consumo, selección de dieta y componentes del consumo del rumiante a pastoreo. *Mundo Pecuario* 8(2):107-120.
- Crowder, L. V. 1985. Pasture management for optimum ruminant production. p. 104-129. In: McDowell, L. R. (ed.). *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates*. Academic Press, London.
- Haydock, K. P. and N. H. Shaw. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:663-670.
- Holden, L. A., L. D. Muller and S. L. Fales. 1994. Estimation of intake in high producing Holstein cows grazing grass pasture. *Journal of Dairy Science* 77(8):2332-2340.
- Jung, H. G. and M. S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 73:2774-2790.
- Mahecha, L., C. V. Durán, M. Rosales, C. H. Molina y E. Molina. 2000. Consumo de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en un sistema silvopastoril. *Pasturas Tropicales* 22(1):26-30.
- Mislevy, P. 1985. Forages for grazing systems in warm climates. p. 77-103. In: McDowell, L. R. (ed.). *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates*. Academic Press. London.
- Navarro, C. A., J. C. Díaz, M. L. Roa y E. Cuéllar. 2011. Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Revista Electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos* 2(2):2-24.

Orskov, E., F. D. Hovell and F. Mould. 1980. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5(3):195-213.

SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Chapter 39: The GLM Procedure (Book Excerpt). SAS Institute Inc. pp 2986-3177. Cary, N.C., USA.

Stobbs, T. H. and P. A. C. Thompson. 1978. Milk production of tropical pastures. In: Ruminant nutrition: Selected articles from World Animal Review. FAO, Animal Production and Health paper No. 12. FAO, Rome.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. ed. Cornell University Press. USA. 479 p.

Wilson, J. R. and D. J. Minson. 1980. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. *Tropical Grasslands* 14(3):253-259.

CONTROL DEL AMAMANTAMIENTO EN EL RESTABLECIMIENTO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO EN OVEJAS PELIBUEY

Gladis Morales-Téran^{283*}, Miguel Ángel Sánchez Hernández²⁸³, Rosa de Jesús Arenas⁹⁷ y Ricardo Acevedo Gómez²⁸³

Resumen

Se evaluó el efecto del amamantamiento en el restablecimiento de la actividad ovárica en la oveja Pelibuey en mayo del 2015 en clima tropical. Las ovejas con sus crías fueron sometidas a dos tratamientos a los 10 días posparto (PP). Tratamiento 1: amamantamiento continuo (Ac; n=10), las ovejas permanecieron con sus crías durante todo el experimento (24 h d). Tratamiento 2: amamantamiento controlado (AC; n=10), las ovejas permanecieron separadas de sus crías amamantándolas por dos periodos de 30 min. por día (7:00 a 7:30 h y de 16:00 a 16:30 h). Las ovejas y corderos se pesaron semanalmente desde el momento del parto hasta los 35 días PP. Se realizaron dos muestreos sanguíneos por semana para determinar el contenido de progesterona plasmática (P_4) por radioinmunoanálisis en fase sólida (RIA) hasta los 35 días PP. Las variables de respuesta fueron: el porcentaje de ovulación a los 35 días PP, los días a la primera ovulación postparto, peso de las borregas y de los corderos. La información obtenida fue analizada mediante prueba de Chi cuadrada, curvas de supervivencia y análisis de medidas repetidas, respectivamente. El porcentaje de ovejas que ovularon antes de los 35 días PP fue mayor en ovejas de AC (50% $p < 0.05$) comparado con Ac (20% $p < 0.05$), no se presentaron diferencias significativas en el peso de ovejas y el desarrollo de los corderos ($p > 0.05$) entre tratamientos. Se concluye que el control del amamantamiento a partir de los 10 días PP por dos periodos de 30 min al día, permite el restablecimiento de la actividad ovárica antes de los 35 días posparto en las ovejas Pelibuey mantenidas en clima tropical. El manejo del amamantamiento controlado no afectó el desarrollo de los corderos.

Palabras clave: progesterona, ovulación, anestro postparto

²⁸³ Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita Oaxaca. *gmorales@unpa.edu.mx; gteran_75@hotmail.com

Introducción

El anestro postparto es un factor importante que condiciona la reproducción en los ovinos. Nowak et al. (2000) mencionan que, durante el periodo postparto, la supresión de la actividad reproductiva en las hembras, es una estrategia adaptativa que favorece el bienestar del recién nacido. La duración del anestro postparto es influenciada por diversos factores como: involución uterina, el estado endocrino, la nutrición, el amamantamiento y el ambiente (González-Reyna et al., 1991). El estímulo del amamantamiento en la mayoría de los mamíferos después del parto, retrasa el restablecimiento de la actividad ovárica (Millesi et al., 2008). En ovejas, durante el periodo postparto, el amamantamiento disminuye la frecuencia de secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y de la hormona luteinizante (LH), lo cual impide la maduración folicular y ovulación, conduciendo a una etapa de anestro. En trabajos realizados específicamente en ovejas pelibuey en climas templados, se ha encontrado un efecto inhibitorio en la actividad ovárica postparto por efecto del amamantamiento (Pérez Hernández et al. 2009; Morales-Terán et al., 2011). Sin embargo, existen pocos trabajos en clima tropical relacionados con el control del amamantamiento y donde se han obtenido resultados que difieren a los reportados en clima templado (Arroyo et al., 2000; Arroyo et al., 2011). La finalidad de este estudio fue evaluar el control del amamantamiento en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en la oveja pelibuey en clima tropical.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó en las instalaciones de la posta zootécnica de la Universidad del Papaloapan ubicada en Loma Bonita Oaxaca, a 18° 06' 25" Latitud Norte y 95° 52' 50" Longitud Oeste, a una altura de 25 msnm. El clima del lugar es Am que es un cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano. La precipitación media anual es de 1845.2 mm y la temperatura media anual es de 25°C (INEGI, 2005).

Animales

Se utilizaron 20 ovejas de pelo de la raza pelibuey, paridas en mayo del 2015 con un peso corporal de 33.5±1.0 al momento del parto y con una condición corporal de 3.5 (escala del 1=flaco a 5=muy gordo; Russel et al., 1969) con sus respectivos corderos.

Tratamientos

Las ovejas con sus crías fueron sometidas a dos tratamientos a los 10 días posparto (PP). Tratamiento 1: amamantamiento continuo (Ac; n=10), las ovejas permanecieron con sus crías durante todo el experimento (24 h d). Tratamiento 2: amamantamiento controlado (AC; n=10), las ovejas permanecieron separadas de sus crías amamantándolas por dos periodos de 30 min. por día (7:00 a 7:30 h y de 16:00 a 16:30 h).

Alimentación y manejo

Las ovejas se alimentaron con pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) a razón de 2 kg por animal por día en materia seca y como fuente de proteína se les suministró 400 g por animal por día de alimento comercial ovina-14 (14% de proteína; PURINA®); también se les suministró sal mineral (fosforisal; PURINA®) a libre acceso para cubrir los requerimientos de minerales del animal. Los corderos se alimentaron con el calostro y leche de sus madres. Se les suministró un alimento comercial iniciador Lamb-Tech (20% de proteína: PURINA®) en forma de pellet a partir de los 10 días de edad a todos los corderos, a través del sistema de alimentación "Creep feeding" y a partir de los 30 días de edad se les suministró alimento comercial con 20% de proteína (Ovina 16; PURINA®) hasta el destete. Antes del inicio del experimento las borregas se desparasitaron con Levamisol (Aranda salud animal ®), a razón de 2 ml por animal y fueron vacunadas con Ultrabac+Somus (2.5 ml por animal) vía intramuscular y subcutánea respectivamente, con la finalidad de prevenir enfermedades como clostridiasis y pasteurella, también se vitaminaron con Vigantol (ADE; Bayer ®) con una dosis de 1 ml por animal.

Los corderos al nacer se desinfectaron del ombligo con violeta de genciana, al segundo día se les aplicó 0.1 ml de MUSE (selenio/vitamina E). Antes del destete los corderos se desparasitaron con albendazol (2 ml por animal) y vitaminaron con Vigantol (ADE) a razón de 1 ml por animal. Se registraron los pesos de las ovejas y corderos semanalmente hasta el destete, es decir, a los 60 días de edad.

Muestras sanguíneas para determinar progesterona (P₄)

Para determinar el restablecimiento de la actividad ovárica se realizaron dos muestreos sanguíneos por semana, a partir del día 10 postparto hasta el día 35 PP, las muestras de sangre se obtuvieron por punción de la vena yugular con tubos BD Vacutainer® de 6 mL, las muestras se centrifugaron a 2500 rpm durante 15 minutos para extraer el plasma y se conservaron a -20°C hasta su análisis en laboratorio. Se consideró que una oveja restableció su actividad ovárica cuando dos muestras consecutivas tuvieron 0.5 ng mL⁻¹, o en una sola muestra hubo más de 1 ng mL⁻¹.

VARIABLES RESPUESTA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables respuesta que se consideraron fueron: porcentaje de ovulación, días a la primera ovulación postparto, peso de las ovejas y peso de los corderos. El análisis de los datos se realizó mediante pruebas de Chi cuadrada en la variable porcentaje de ovulación, para la variable días a la primera ovulación el análisis se realizó por medio del método estadístico tiempos de vida mediante la curva de supervivencia (Parmar y Machin, 1995), mientras que las variables peso de corderos y peso de las ovejas fueron analizadas mediante el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (Littell et al., 1998).

Resultados y discusión

Porcentaje de ovulación y días a primera ovulación

En el Cuadro 1, se observa el porcentaje de ovejas que ovularon antes de los 35 días PP y fue mayor ($p < 0.05$) para el tratamiento 2 (amamantamiento controlado; 50%) con respecto al tratamiento 1 (amamantamiento continuo; 20%), por lo que observamos que el control del amamantamiento permite disminuir el anestro postparto viéndose reflejado en el porcentaje de ovulación, estos resultados concuerda con los reportados por Morales-Terán et al., en 2004, con 70.0% y 88.8% de ovulación en ovejas en amamantamiento continuo y amamantamiento restringido, respectivamente. Morales-Terán en el 2011, obtuvo porcentajes de ovulación del 35.71% y 57.14% en amamantamiento continuo y amamantamiento controlado en ovejas pelibuey. Castillo Maldonado et al. (2013), reporta porcentajes de ovulación de 52.1% en amamantamiento continuo y 89.6% en lactancia controlada.

Estos resultados indican que el amamantamiento ejerce un efecto inhibitorio en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en ovejas pelibuey en clima tropical con pariciones en el mes de mayo y que restringir el contacto de la cría con la madre a dos periodos de amamantamiento de 30 min es una alternativa para disminuir el intervalo parto primera-ovulación.

Cuadro 1. Porcentaje de ovulación en las borregas sometidas al control del amamantamiento, antes de los 35 días postparto.

Tratamiento	n	N°. de ovejas que ovularon	% de ovulación	Días a la primera ovulación
Ac	10	2	20% ^a	28.8±0.26 ^a
AC	10	5	50% ^b	23.7±0.57 ^a

^{a, b}. Medias con distinta literal en una columna, son diferentes ($p \leq 0.05$).

Ac= Amamantamiento continuo; AC= Amamantamiento controlado.

En el Cuadro 1 y Figura 1, se observa que no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en los días a primera ovulación entre tratamientos. Arroyo-Ledezma et al. (2000), obtuvieron resultados de días a primera ovulación de 54.3 ± 9.4 y 45.2 ± 13.8 en ovejas mantenidas en amamantamiento continuo y amamantamiento restringido. Morales-Terán et al. (2004) reportan, 60.5 ± 2.7 y 52.6 ± 2.0 de días a primera ovulación en amamantamiento continuo y restringido, respectivamente.

El resultado obtenido pudiera estar influenciado por otros factores como estado nutricional de las hembras, temperatura o humedad, como lo mencionan Arroyo et al. (2009), para confirm

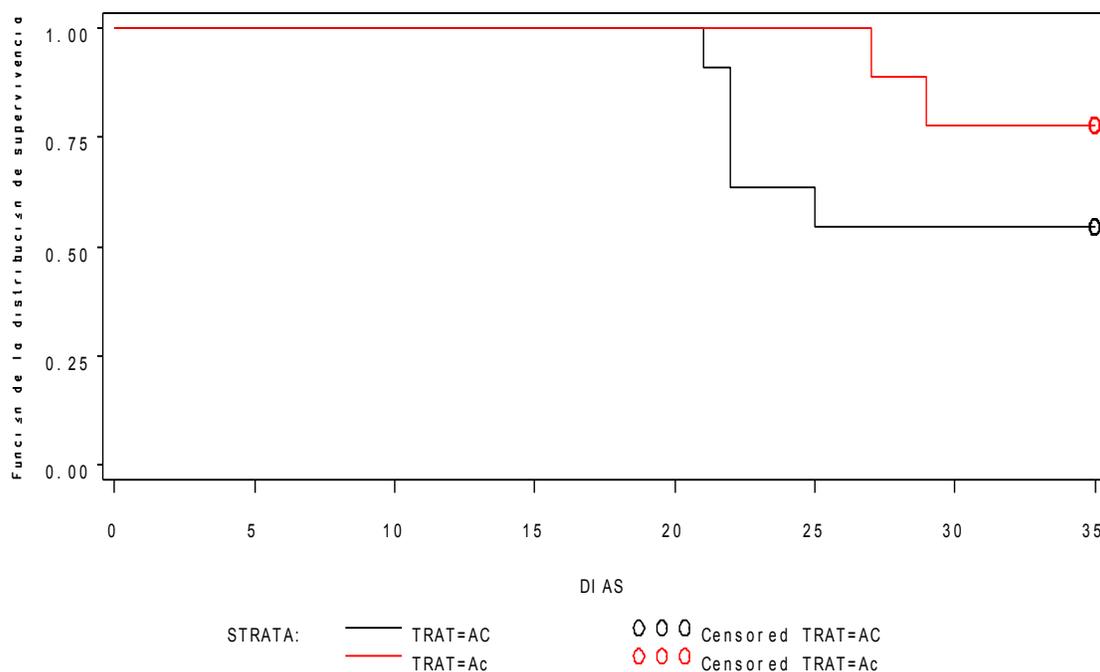


Figura 1. Curva de supervivencia del restablecimiento de la actividad ovárica postparto en ovejas Pelibuey, manejadas con amamantamiento continuo (Ac) o controlado (AC).

Diferencias entre pesos de ovejas

Se puede observar que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en el peso de las ovejas siendo similar hasta el retiro total de las crías (destete) (Figura 2); aunque en el tratamiento de Ac la disminución de los pesos que se observa después del parto y hasta la quinta semana se debió al suministro de leche materna a sus crías, ya que estas permanecieron con sus crías las 24 horas del día hasta el destete y la cantidad de leche consumida por las crías es mayor por el incremento de la frecuencia de amamantamiento y se observa que después de la quinta semana las borregas en amamantamiento continuo logran mantener su peso al igual que las borregas de amamantamiento controlado hasta el destete, aunque en estas últimas la disminución de los pesos no fue mucho comparado con

las de amamantamiento continuo, debido a que permanecieron separadas de sus crías y solo amamantaban dos veces al día; estos datos coinciden con los reportados por Morales-Terán et al. (2004) y Pérez Hernández et al. (2009), en el cual no hubo diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al peso de las borregas ya que los pesos se mantuvieron durante todo el experimento.

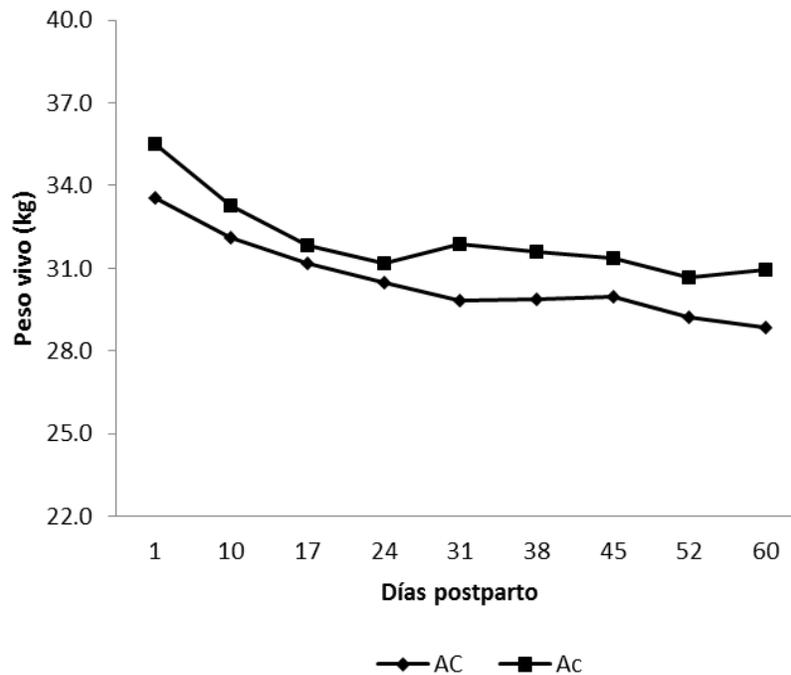


Figura 2. Pesos semanales de las borregas en amamantamiento continuo (Ac) y controlado (AC) hasta los 60 días postparto.

Peso de los corderos

En cuanto a los pesos de los corderos no se observaron diferencias entre tratamientos al igual que los datos reportados por Camacho (2007) y Herrera (2008) quienes mencionan no haber encontrado diferencias significativas en el peso corporal de los corderos al manejar modalidades de amamantamiento continuo y controlado; sin embargo, los mayores pesos se presentaron en el tratamiento uno de amamantamiento continuo debido a la presencia de la madre durante los 60 días de lactancia (Figura 3). En el caso del amamantamiento controlado, los pesos no fueron mejores al tratamiento uno debido a que algunas de las borregas tuvieron baja habilidad materna y no suministraban suficiente leche a sus corderos sin embargo estos se fueron manteniendo por el suministro de alimento comercial que se les proporcionaba a libre acceso datos que coinciden con los reportados por Arroyo et al., 2011, donde mencionan que la ganancia de peso en corderos es menor en el tratamiento de AC y mayor en corderos de Ac debido al consumo de leche materna, por el hecho de permanecer todo el tiempo con sus madres.

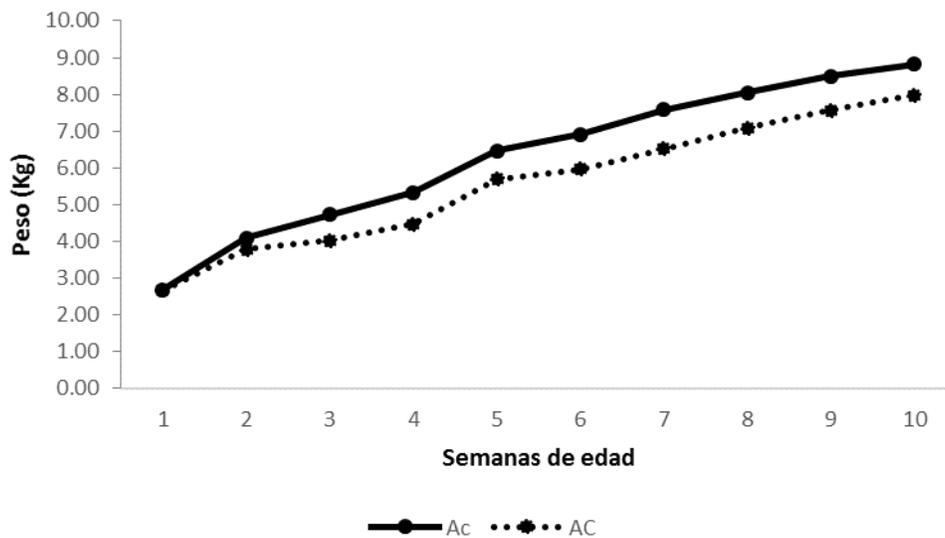


Figura 3. Pesos semanales de los corderos en amamantamiento continuo (Ac) y controlado (AC) hasta el destete.

Conclusiones

El control del amamantamiento por dos periodos de 30 min al día, permite el restablecimiento de la actividad ovárica a los 28 días posparto en las ovejas Pelibuey en clima tropical. Además, el desarrollo corporal de los corderos no se ve afectado, debido a que se les ofrece alimento comercial, durante el control del amamantamiento.

Literatura citada

Arroyo-Ledezma, J., M. A. Camacho-Escobar., N. Y. Ávila-Serrano and J. A. Hoffman. 2011. Influence of restricted female-lamb contact in length of postpartum anestrus in Pelibuey sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:643-648.

Arroyo-Ledezma, J., H. Magaña-Sevilla. y M. A. Camacho Escobar. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro postparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:301-312.

Arrollo-Ledezma, J., P. Pérez-Hernández., A. I. Porras Almeraya, H. Vaquera-Huerta., A. Pro-Martinez. y J. Gallegos-Sánchez. 2000. Amamantamiento y concentración sérica de progesterona (P4) postparto en ovejas Pelibuey. *Revista Chapingo, Serie Ingeniería Agropecuaria* 3:47-54.

Camacho, R. J. C. 2007. Restricción del amamantamiento en la eficiencia reproductiva postparto de ovejas Pelibuey. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México. 88 p.

Castillo Maldonado, P. P., H. Vaquera Huerta., L. A. Tarango Arámbula., P. Pérez Hernández., A. C. Herrera Corredor y J. Gallegos Sánchez. 2013. Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. Archivos de Zootecnia 62(239):419-428.

González-Reyna, A., J. Valencia., W. C. Foot and B. D. Murphy. 1991. Hair sheep in México: Reproduction in the Pelibuey sheep. Animal Breeding Abstracts 59:509-524.

Herrera, C. C. A. 2008. Efecto de la restricción del amamantamiento y el aceite de soya en el desarrollo folicular y el retorno a la actividad ovárica postparto en ovejas de pelo. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. 109 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2005. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/> [consultado el 25 de agosto del 2015].

Littell, R. C., P. R. Henry and C. B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeat measures data using SAS procedures. J. Anim. Sci. 76:1216.

Millesi, E., A. Strauss., T. Burguer., I. E. Hoffmann and M. Walzi. 2008. Follicular development in European ground squirrels (*Spermophilus cilleetus*) in different phases of the annual cycle. Reproduction 136:205-210.

Morales-Terán, G., A. C. Herrera-Corredor, P. Pérez-Hernández, J. Salazar Ortiz, J. and J. Gallegos-Sánchez. 2011. Influence of controlled suckling and the male effect on the resumption of postpartum ovarian activity in Pelibuey sheep. Trop Subtrop Agroecosyst. 13:493-500.

Morales-Terán, G. 2010. Estrategias de manejo del anestro postparto en ovejas pelibuey. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 93 p.

Morales-Terán, G., M. A. Pro, S. B. Figueroa, R.C. Sánchez y S. J. Gallegos. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. Agrociencia 38:165-171.

Nowak, R., R. H. Poter., F. Lévy., P. Orgeur and B. Schaal. 2000. Role of mother- young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. Reviews Reproduction 5:153-163.

Parmar, M. K. B. and Machin. 1995. Survival Analysis a Practical. Approach. John Wiley and Sons Ltd. (eds.). Chichester, England. 207 p.

Pérez Hernández, P., V. M. Hernández Valdez, B. Figueroa Sandoval, G. Torres Hernández, P. Díaz Rivera y J. Gallegos Sánchez. 2009. Efecto del tipo de amamantamiento en la actividad ovárica postparto de ovejas Pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. Revista Científica, FCV-LUZ. 19(4):343-349.

Russel, J. F., J. M. Doney and R. G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. Journal Agriculture Science 72:451-454.

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático



ALMACÉN DE CARBONO EN PLANTACIONES DE *Pinus patula* Y *Pinus ayacahuite* EN SAN MIGUEL TENEXTEPEC, AMANALCO, ESTADO DE MÉXICO

Aurora Arias Téllez^{284*} y René García-Martínez²⁸⁵

Resumen

Las actividades antropogénicas han ocasionado un incremento en la concentración de CO₂ de la atmósfera, ocasionando el calentamiento global y con ello el cambio climático. Las plantaciones forestales tienen el potencial para reducir el calentamiento global porque los árboles capturan y almacenan carbono, pero es necesario generar información, para conocer el beneficio. Por ello, el objetivo del trabajo fue determinar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de *Pinus patula* y de *Pinus ayacahuite* localizadas en el municipio de Amanalco, Estado de México. Se realizó un censo en cada plantación, se midió la altura total (m), diámetro normal (cm) y la densidad de madera de los árboles (kg m⁻³). Con estos datos se calculó el coeficiente mórfico, volumen fustal (m³), biomasa fustal (kg), biomasa de ramas (kg) y carbono almacenado (Mg ha⁻¹). La biomasa de las ramas se calculó con ecuaciones alométricas generadas previamente. Para comparar las especies, se generaron ecuaciones (modelos cuadráticos) de volumen y de biomasa en función del diámetro normal. De acuerdo con los resultados, el número de individuos censados fue de 658 para *P. patula* (1.3 ha) y 262 para *P. ayacahuite* (0.5 ha). La densidad de la madera fue de 507 kg m⁻³ para *P. patula* y 492 kg m⁻³ para *P. ayacahuite*. El mayor porcentaje (57.8%) de árboles para *P. patula* se concentró en la categoría diamétrica > 25 ≤ 40, para *P. ayacahuite* el mayor porcentaje (59.2%) de árboles se concentró en la categoría > 10 ≤ 25. El almacén de carbono para *P. patula* fue de 84.7 Mg ha⁻¹ y 28.5 Mg ha⁻¹ para *P. ayacahuite*. Bajo las mismas condiciones de crecimiento, *P. patula* tienen mayor potencial de captura y de almacén de carbono que *P. ayacahuite*.

Palabras clave: captura de carbono, servicios ambientales, ecuaciones alométricas

²⁸⁴ Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. División de Ingeniería Forestal. rgm1117@gmail.com

²⁸⁵ Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo PREGEP-Fruticultura.

Introducción

Actualmente la liberación de carbono (CO_2) a la atmósfera, incrementada por los seres humanos, es 10 veces más rápida que en cualquier momento de los últimos 66 millones de años (Zeebe et al., 2016). Los datos indican un aumento en la concentración de CO_2 de 393 ppm en 2012 a 400 ppm en 2016 (Earth System Research Laboratory, 2016). De las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) el CO_2 representa el 76%, el CH_4 el 16%, los NO_x el 6% y los CFCs el 2%. De acuerdo con el sector, las actividades agrícolas y forestales representan 24% de las emisiones, solo por debajo de la producción de energía eléctrica y calorífica que aporta un 25% (IPCC, 2014). A corto y largo plazo los efectos del cambio climático, que se prevén, derivado de las emisiones de GEI son (FAO, 2017): incremento en la frecuencia del periodo de sequía, cambios en patrones de precipitación, incrementos de temperaturas, incremento en la intensidad de eventos climáticos extremos, variabilidad de la temperatura e incremento del nivel del mar. Esta situación nos obliga a buscar alternativas para reducir las emisiones de CO_2 . En este sentido las plantaciones forestales representan un área de oportunidad importante porque los árboles capturan (por la fotosíntesis) y almacenan carbono (en sus estructuras leñosas) a largo plazo, además ayudan a incrementar la reserva de carbono en el suelo, Ontl y Schulte (2012) refieren que del carbono presente en los ecosistemas terrestres, el 80% se encuentra en el suelo ya que constantemente aportan materia orgánica. Dados los antecedentes, el objetivo del trabajo fue determinar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de *Pinus patula* y de *P. ayacahuite*, localizados en el municipio de Amanalco, Estado de México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos plantaciones de 20 años de edad de *Pinus patula* (1.3 ha) y *P. ayacahuite* (0.5 ha) localizados en predios de bienes comunales de la localidad de San Miguel Tenex-tepec del municipio de Amanalco en el Estado de México, en las coordenadas 19° 17' 14.04" Latitud Norte y 100° 02' 41.54" Longitud Oeste, a una altitud de 2,624 m. La realización del trabajo inició en septiembre de 2016 y concluyó en febrero de 2017. La región presenta una temperatura media mensual de 15°C y una precipitación promedio anual de 1,200 mm, que se concentra en los meses de junio a octubre (CONAGUA, 2010).

Diámetro y altura

En cada uno de los predios se realizó un inventario por censo, para lo cual se midió cada uno de los árboles presentes. El diámetro normal (DN) de los árboles se determinó a partir de la circunferencia del fuste, medido con una cinta métrica Truper® a una altura de 1.30 m con respecto a la base del árbol. La altura total se determinó por relaciones trigonométricas a partir del ángulo medido con un clinómetro Suunto®.

Determinación del volumen y coeficiente de mórfico

El coeficiente mórfico (CF) se define como la relación entre el volumen real (V_r) del fuste del árbol a una altura dada y el volumen aparente (V_a) determinado a partir del diámetro normal a una altura establecida (Rondeux, 2010). Para las dos especies se midieron cinco árboles (seleccionados dentro de la plantación) de diferente categoría en diámetro y altura. Se midieron los diámetros de secciones sucesivas del tronco del árbol desde la base hasta la punta (0.75 m de distancia entre una sección y otra). El volumen de cada sección se calculó por medio de la fórmula de Newton (Picard et al., 2012). A través del procedimiento de regresión lineal (Figuras 1 y 2) se obtuvieron las ecuaciones para cada especie.

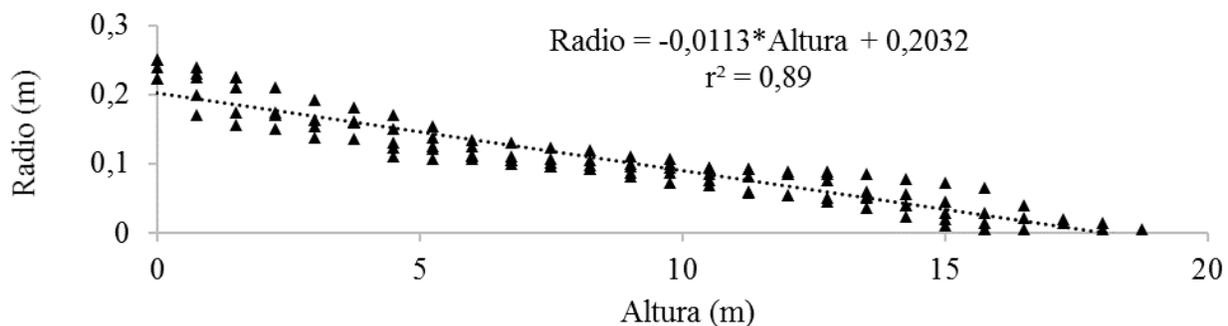


Figura 1. Ecuación lineal obtenida para Pinus ayacahuite que representa el decrecimiento del radio (m) conforme se incrementa la altura del árbol (m).

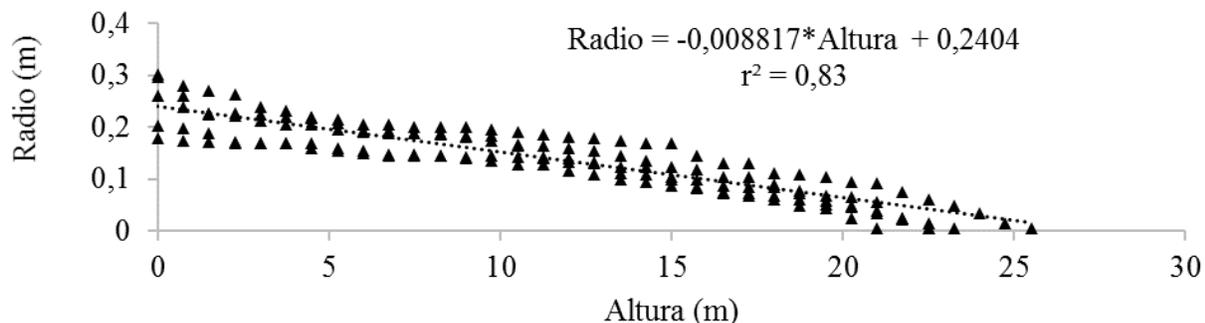


Figura 2. Ecuación lineal obtenida para Pinus patula que representa el decrecimiento del radio (m) conforme se incrementa la altura del árbol (m).

Para Pinus ayacahuite: "Radio = -0.0113*Altura+0.2032" ($r^2= 0.90$, S.E.= 0.02, $p<0.001$). Para P. patula "Radio = -0.008817*Altura+0.2404" ($r^2= 0.83$, S.E.= 0.02, $p<0.001$). La ecuación representa el decrecimiento del radio (m) conforme se incrementa la altura del árbol (m).

Estas ecuaciones se utilizaron para calcular el volumen real para un árbol promedio a través del procedimiento de sólidos de revolución (Granville y Smith, 2013). La altura máxima de los árboles muestreados de cada especie se tomó como el límite superior de integración (18.75 m para P. Ayacahuite y 25.5 m para P. patula).

Estimación del volumen real para P. ayacahuite:

$$V_r = \pi \int_0^{18.75} [-0.0113(h) + 0.2032]^2 dx$$

Dónde:

V_r = Volumen real (m^3).

h = Altura (m)

$$V_r = \pi \int_0^{18.75} 1.28 \times 10^{-4}(h)^2 - 4.59 \times 10^{-3}(h) + 0.04129 dx$$

$$V_r = \pi \left[\frac{1.28 \times 10^{-4}(h)^3}{3} - \frac{4.59 \times 10^{-3}(h)^2}{2} + 0.04129(h) \right]_0^{18.75}$$

$$V_r = \pi \left[\frac{1.28 \times 10^{-4}(18.75)^3}{3} - \frac{4.59 \times 10^{-3}(18.75)^2}{2} + 0.04129(18.75) \right]_0^{18.75}$$

$$V_r = \pi (0.28125 - 0.8068 + 0.7742)$$

$$V_r = 0.781 m^3$$

Estimación del volumen real para P. patula:

$$V_r = \pi \int_0^{25.5} [-0.008817(h) + 0.2404]^2 dx$$

Dónde:

V_r = Volumen real (m^3).

h = Altura (m)

$$V_r = \pi \int_0^{25.50} 7.76 \times 10^{-5}(h)^2 - 4.236 \times 10^{-3}(h) + 0.0578 dx$$

$$V_r = \pi \left[\frac{7.76 \times 10^{-5}(h)^3}{3} - \frac{4.236 \times 10^{-3}(h)^2}{2} + 0.0578(h) \right]_0^{25.5}$$

$$V_r = \pi \left[\frac{7.76 \times 10^{-5}(25.5)^3}{3} - \frac{4.236 \times 10^{-3}(25.5)^2}{2} + 0.0578(25.5) \right]_0^{25.5}$$

$$V_r = \pi (0.4289 - 1.377 + 1.4739)$$

$$V_r = 1.65 m^3$$

Volumen aparente

Para el cálculo del volumen aparente se utilizó la fórmula para el cilindro (Rondeux, 2010), tomando como referencia el DN.

Para P. ayacahuite

$$CF = \frac{V_r}{V_a}$$

$$V_a = \pi * r^2 * h$$

$$V_a = \pi * (0.201 \text{ m})^2 * 18.75 \text{ m}$$

$$V_a = 2.39 \text{ m}^3$$

$$CF = \frac{0.781 \text{ m}^3}{2.39 \text{ m}^3}$$

$$CF = 0.32$$

Para P. patula

$$CF = \frac{V_r}{V_a}$$

$$V_a = \pi * r^2 * h$$

$$V_a = \pi * (0.228 \text{ m})^2 * 25.5 \text{ m}$$

$$V_a = 4.20 \text{ m}^3$$

$$CF = \frac{1.65 \text{ m}^3}{4.20 \text{ m}^3}$$

$$CF = 0.40$$

Volumen fustal

Una vez obtenido el CF, para cada individuo se calculó el volumen fustal aplicando la siguiente fórmula (Rondeux, 2010):

$$Volumen (m^3) = \left(\frac{\pi * DN^2}{4} * h \right) * CF$$

Donde:

DN = diámetro normal (m), h = altura total (m) y CF = coeficiente mórfico.

Densidad de la madera y biomasa fustal

Se utilizó una densidad de la madera de 507 kg m⁻³ para P. patula y 492 kg m⁻³ para P. ayacahuite. Estos valores se obtuvieron a partir de 5 muestras de virutas por especie tomadas con taladro de Pressler a una altura de 1.30 m de la base del árbol (West, 2015), el material leñoso se deshidrató hasta peso constante y la densidad básica se determinó mediante la siguiente fórmula (Costa et al., 2014).

$$Densidad = \frac{Masa (kg)}{Volumen (m^3)}$$

La biomasa fustal se determinó multiplicando el volumen del fuste de cada individuo por la densidad básica obtenida (Picard et al., 2012).

Biomasa ramas

Para determinar la biomasa de las ramas se utilizaron modelos generados por Castellanos et al. (1996) y por Návar (2009) para *P. patula* y *P. ayacahuite*, respectivamente, siendo estos la ecuación alométrica “Biomasa (kg) = $\text{Exp}[-4.45555] \cdot [\text{DN}^{2.33251}]$ ”, $r^2 = 0.96$ y el modelo “Biomasa (kg) = $[0.6437] \cdot [\text{DN}^{1.6020}]$ ”, $r^2 = 0.92$.

Biomasa aérea y carbono

Para determinar la biomasa aérea total se sumaron la biomasa fustal y biomasa de las ramas por individuo. Para calcular la cantidad de carbono se utilizó el factor de conversión de biomasa a carbono de 0.5 (Jiménez-Pérez et al., 2013). Finalmente, el almacén de biomasa y carbono para especie se obtuvo sumando el valor de cada uno de los individuos censados.

Análisis estadístico

Por medio de regresión no lineal se generaron los modelos de biomasa para ambas especies (Picard et al., 2012). Para ello se utilizó como variable independiente el diámetro normal del árbol y como variable dependiente la biomasa. El procedimiento se realizó utilizando el paquete estadístico Minitab 17®.

Resultados y discusión

El número de individuos censados fue de 658 para *P. patula* (1.3 ha) y 262 para *P. ayacahuite* (0.5 ha). El mayor porcentaje (57.8 %) de árboles para *P. patula* se concentró en la categoría diamétrica $> 25 \leq 40$, mientras que para *P. ayacahuite* el mayor porcentaje (59.2 %) de árboles se concentró en la categoría $> 10 \leq 25$ (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de frecuencias de los individuos censados de acuerdo con la categoría diamétrica para cada especie.

Categoría diamétrica (cm)	Pinus patula		Pinus ayacahuite	
	Frecuencia	F. R. (%) ¹	Frecuencia	F. R. %
≤ 10	12	1.8	61	20.9
> 10 ≤ 25	224	34.0	173	59.2
> 25 ≤ 40	380	57.8	57	19.5
> 40	42	6.4	1	0.3

¹F.R. = Frecuencia relativa.

Modelos de volumen fustal

Para ambas especies los modelos de volumen generados fueron ecuaciones cuadráticas (Figura 3). Para *P. patula* fue "Volumen fustal (m³) = 0.001*DN² - 0.0003*DN - 0.0362", r² = 0.9918. Para *P. ayacahuite* fue "Volumen fustal (m³) = 0.0009*DN² - 0.0095*DN + 0.0482", r² = 0.9648; en ambos modelos el DN se expresa en centímetros.

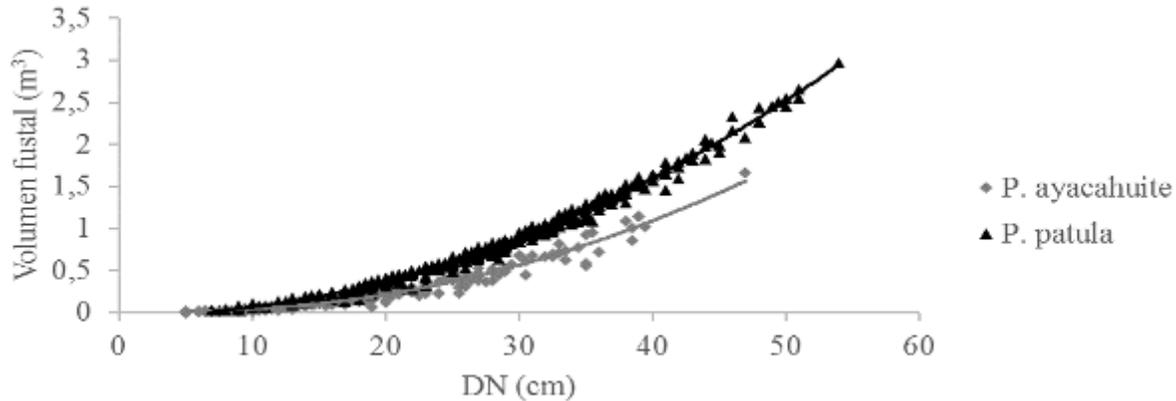


Figura 3. Ajuste de los datos de volumen fustal a un modelo cuadrático para Pinus patula y P. ayacahuite.

Modelos de biomasa aérea (fuste + ramas)

En cuanto a la biomasa total, los modelos generados fueron ecuaciones de segundo orden (Figura 4). Para *P. patula* fue "Biomasa total (kg) = 0.5363*DN² - 0.898*DN + 21.82", r² = 0.9858. Para *P. ayacahuite* fue "Biomasa total (kg) = 0.5306DN² - 2.2519DN + 16.086", r² = 0.983; en ambos modelos el DN se expresa en centímetros.

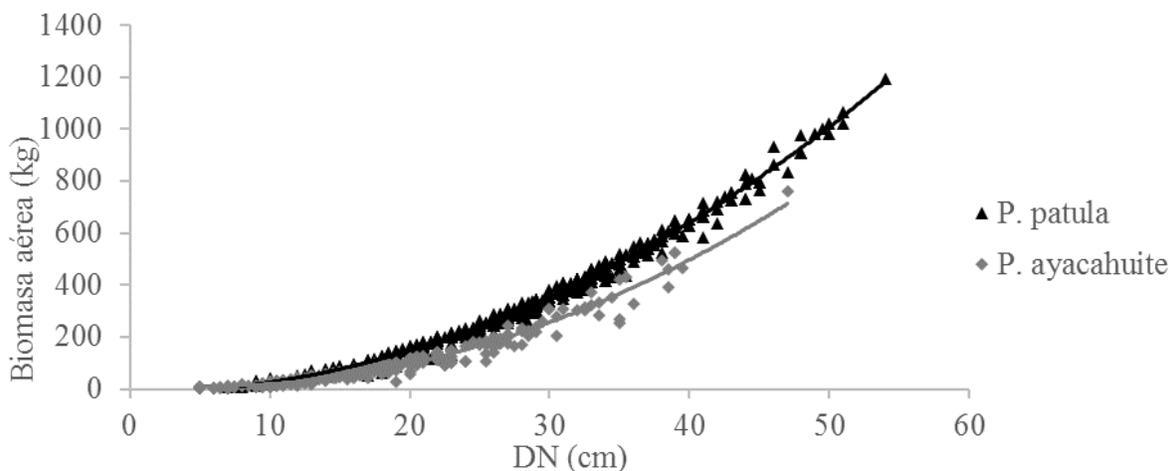


Figura 4. Ajuste de los datos de biomasa aérea (fuste + ramas) a un modelo cuadrático para Pinus patula y P. ayacahuite.

Almacén de carbono

El almacén de carbono aéreo fue superior para *P. patula* (Cuadro 2), esto debido al volumen y biomasa mayores presentes en el predio que está directamente relacionado con un mayor número de individuos.

Cuadro 2. Volumen, biomasa aérea y carbono almacenado en las plantaciones evaluadas.

Especie	Volumen fustal (m ³ ha ⁻¹)	Biomasa aérea (Mg ha ⁻¹)	Carbono aéreo (Mg ha ⁻¹)
<i>P. patula</i>	422	169.397	84.700
<i>P. ayacahuite</i>	124	57.176	28.588

Los modelos alométricos generados para especies forestales generalmente se ajustan a ecuaciones cuadráticas como lo muestran Rojas-García et al. (2015). Estas ecuaciones cumplen con la precisión para realizar estimaciones a nivel local. Por el contrario, difícilmente un modelo servirá para todas especies de pinos, ya que, cuando se generalizan se pierde precisión en el ajuste de la curva como se observa en el modelo para biomasa fustal reportado por Návar (2009).

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que, bajo las mismas condiciones de crecimiento, *P. patula* tienen mayor potencial de captura y de almacenamiento de carbono con respecto a *P. ayacahuite*. Por lo tanto, en el establecimiento plantaciones forestales en la región debe darse prioridad a *P. patula*. Por otra parte, los resultados aportan información que permitirán valorar a las plantaciones forestales no solo por la madera que producen, si no por el impacto positivo en la mitigación del cambio climático a partir de la reducción de las emisiones de CO₂ y el secuestro del carbono.

Literatura citada

Castellanos, J., A. Velázquez, J. Vargas, C. Rodríguez y A. Fierros, A. 1996. Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula*. *Agrociencia* 30 (1):123-128.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, México). 2010. Información climatológica por estado, Estado de México, Amanalco de Becerra, Amanalco. CONAGUA. México. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mex> [consultado el 28 de junio de 2017].

Costa, E.V., M.A. de Rezende and V.A. Rodrigues. 2014. Conversion between basic density and apparent density at any moisture content in *Eucalyptus grandis*. *Holzforschung* 68(8):81-986.

Earth System Research Laboratory. 2016. Trends in atmospheric carbon dioxide. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> [consultado el 20 de junio de 2017].

FAO. 2017. Climate change: What does it mean for agriculture and food security? The state of food and agriculture 2016. Informe note. <http://www.fao.org/3/a-i7084e.pdf> [consultado el 18 de junio de 2017].

Granville, A.W. y P. F. Smith. 2013. Cálculo diferencial e integral. Limusa. México, D.F. 679 p.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of climate change. contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_frontmatter.pdf [consultado el 10 de junio de 2017].

Jiménez-Pérez, J., E. J. Treviño-Garza y J. I. Yerena-Yamallel. 2013. Concentración de carbono en especies del bosque de pino-encino en la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(17):50-61.

Návar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 257(2):427-434.

Ontl, T. and L. Schulte, 2012. Soil carbon storage. *Nature Education Knowledge* 3(10):35. <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-carbon-storage-84223790> [consultado el 27 de junio de 2017].

Picard, N., and L. Saint-André H. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas. Del trabajo de campo a la predicción. CIRAD-FAO. Roma Italia. 223 p.

Rojas-García, F., B. H. de Jong, P. Martínez-Zurimendí and F. Paz-Pellat. 2015. Database of 478 allometric equations to estimate biomass. *Annals of Forest Science* 72(6):835-864.

Rondeux, J. 2010. Medición de árboles y masas forestales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 521 p.

West, P. 2015. *Tree and Forest Measurement*. Limore, Australia: Springer International Publishing Switzerland. 167 p.

Zeebe, R., Ridgwell and A. Zachos J. 2016. Atrhopogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. *Nature Geoscience* 9(4):325-329.

RETENCIÓN DE SUELOS POR PRESAS DE MORILOS EN EL PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ

Clara Muñiz Mandujano²⁸⁶, Celia Cecilia Acosta Hernández^{287*}, Pascual Linares Márquez²⁸⁷ y Zoylo Morales Romero²⁸⁸

Resumen

En el paisaje del Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Cofre de Perote, se pueden observar cárcavas, resultado del efecto de la erosión hídrica a consecuencia de la deforestación, incendios y escorrentías. En la ladera noreste del ANP, en tres cárcavas localizadas a la altura de la comunidad de Paso Panal, municipio de Xico, el Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C., diseñó y construyó 84 presas filtrantes de morillos con el arbolado muerto que se encontraba en el sitio, y reforestó las áreas aledañas a las cárcavas con *Pinus hartwegii*. Con el objetivo de evaluar el diseño de estas presas y su capacidad de retención de suelo, se realizó un muestreo sistemático de 31 presas, con un intervalo de 3. Las variables registradas en campo fueron: distancia entre presa y presa, alto, ancho y largo de las presas, además de su ubicación geográfica. Con estas variables se estimó tamaño de presas, volumen de madera, espaciamiento real y calculado entre las presas y capacidad real y calculada de retención de suelo. Asimismo, se dio seguimiento en campo al proceso de construcción de las presas y se entrevistó al responsable técnico y personal del CCMSS que participó en los trabajos. El diseño de las presas se adecuó a las características de las cárcavas y a los sitios donde se estabilizaba la pendiente de éstas. Este criterio modificó el tamaño y espaciamiento de las presas en cada sitio. El volumen promedio de madera utilizado en su construcción fue de 4815.25 m³ y estuvo determinado por el número de presas y la longitud de la cárcava. El valor estimado de la capacidad real de retención de suelos (15,777.29 m³), fue mayor a la calculada (14,365.82 m³). La construcción de presas filtrantes de morillo asociadas con prácticas de reforestación, son una alternativa adecuada para la conservación de los suelos en el Parque Nacional Cofre de Perote.

Palabras claves: conservación de suelos, cárcavas, erosión hídrica, presas filtrantes de morillos

²⁸⁶ Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Veracruzana.

²⁸⁷ Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. ceacosthdez@yahoo.com.mx

²⁸⁸ Facultad de Informática. Universidad Veracruzana.

Introducción

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes para el ser humano, y constituye el recurso natural básico para el soporte de los ecosistemas terrestres naturales o productivos. Las principales causas identificadas en la erosión de los suelos, son las actividades antropogénicas y los fenómenos naturales como el viento y el agua, con consecuencias importantes en los servicios ambientales que presta, la pérdida de fertilidad, desertificación, contaminación y compactación de los suelos (Alba et al., 2011).

A nivel mundial, la erosión del suelo es uno de los problemas ambientales más fuertes. En México la erosión hídrica ocupa el segundo lugar, pues en 2002, el 11.9% de la superficie nacional mostraba evidencias de erosión hídrica (SEMARNAT, 2009); éste tipo de erosión es común en suelos desprovistos de cubierta vegetal. El impacto de la lluvia sobre el suelo desnudo, provoca la pérdida de sus propiedades e inicia un proceso de escurrimiento superficial que puede llegar a la formación de cárcavas. Éstas, representan una etapa avanzada de la erosión hídrica, e implica el deslizamiento o movimiento de grandes volúmenes de suelo, que debe ser atendido de forma inmediata (Martínez et al., 2009).

El Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) es un área natural protegida con evidencias de erosión del suelo debido, tanto a perturbaciones naturales como antropogénicas (Geissert y Meza, 2016), por lo que es posible observar grandes cárcavas. Tres de ellas, localizadas en la zona con pendientes y sin vegetación, aledaña de Paso Panal, municipio de Xico fueron atendidas mediante un programa de restauración y conservación de suelos del PNCP, que integró la construcción de presas filtrantes de morillos con arbolado muerto de la zona y la reforestación, de las áreas circundantes a las cárcavas, con *Pinus hartwegii*, a fin de evitar su crecimiento y el riesgo de mayores deslaves en la temporada de lluvias. El programa de restauración estuvo a cargo del Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. (CCMSS) en el 2014, y se llevó a cabo con un enfoque de paisaje (CCMSS, 2010).

El diseño de las presas filtrantes de morillos, se adecuó a las condiciones de cada cárcava, lo que condicionó el número de presas, la distancia entre las mismas y su tamaño. En el presente trabajo se analizó su diseño y capacidad de retención de suelo de estas presas de morillos. Los resultados permitirán tener antecedente valioso para trabajos futuros de restauración de suelos, que se proyecten y desarrollen en el PNCP.

Materiales y métodos

Las presas filtrantes de morillos se construyeron en tres cárcavas localizadas en la parte noreste del Parque Nacional Cofre de Perote, a una altitud aproximada de 3500 m (Figura 1, Cuadro 1).

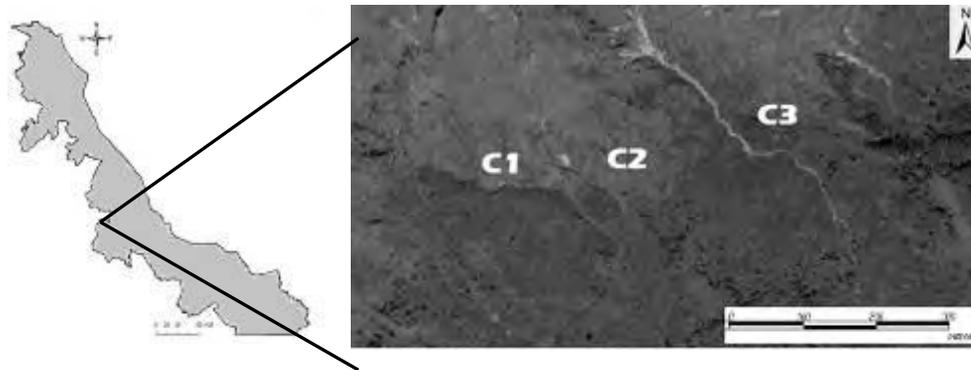


Figura 1. Polígono de la ubicación de las cárcavas donde se construyeron las presas filtrantes de morillos. Fuente: Elaboración propia, Google Earth, 2014.

Cuadro 1. Ubicación y características de las cárcavas.

Cárcava	Límite Inferior	Límite superior	Longitud (m)	Pc ¹ (%)	No. de presas	Textura de suelo	Ps ² (%)
C1	N 19°29'09.40" O 97°08'23".84"	N 19°29'14.04" O 97°08'36.94"	523.00	25	31	Arenas gruesas	2
C2	N 19°29'12.17" O 97°08'23.09"	N 19°29'18.05" O 97°08'29.48"	403.56	20	18	Arenas gruesas	2
C3	N 19°29'19.08" O 97°08'14.93"	N 19°29'25.24" O 97°08'23.60	651.00	25	36	Franco arenoso	1

¹Pc = Pendiente de la cárcava (%). ²Ps (%): porcentaje de pendiente del sedimento.

Se dio seguimiento al proceso de construcción de las presas filtrantes de morillos mediante registro fotográfico y se entrevistó a los biólogos A. Enrique Trujillo Rosas, Coordinador Técnico Operativo del Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible y Daniel Martín González Marín, integrante del CCMSS y Técnico Responsable, para recabar la información técnica sobre el diseño de las presas.

El tamaño de muestra para evaluar las presas filtrantes fue ($n = 31$), calculado con la expresión (1). Donde: $N =$ número total de presas en las tres cárcavas ($N = 85$); confiabilidad de $\alpha = 0.05$; error de $\beta^2 = 169$ en la estimación del volumen de las presas; valor de $z_{\alpha/2}^2 = 3.8416$; y varianza estimada del volumen de las presas de $\hat{\sigma}^2 = 2110.848$.

$$n = \frac{N\hat{\sigma}^2}{(N-1)\frac{\beta^2}{z_{\alpha/2}^2} + \hat{\sigma}^2} \quad (1)$$

Conocido el tamaño de muestra se estimó el número de presas a medir por cárcava (n_i) mediante asignación proporcional al número de presas por cárcava, con la expresión (2):

$$n_i = \frac{nc \text{ (Total de presas por cárcava)}}{N} * n. \quad (2)$$

La selección de presas se hizo de manera sistemática con un intervalo de 3, el muestreo se inició en la presa del límite inferior. El número de presas evaluadas por cárcava fue: C1 = 13; C2 = 7; y C3 = 11.

En cada presa se registró: a) tamaño de las presas expresado como largo (l), ancho (a) y alto (h); b) espaciamiento real entre presa y presa, medido en ambos extremos y centro de cada presa, estas variables se midieron con un longimetro de 30m (Trupper®); c) altura efectiva de la presa, desde la base de la presa hasta la altura máxima de ésta con un flexómetro (Trupper®); d) pendiente de la cárcava en tres puntos con un clinómetro (Suuntu ®) y; e) textura del suelo de una muestra compuesta de suelo tomada en la parte alta, media y baja de cada cárcava. El suelo fue trasladado en bolsas transparentes de polietileno, debidamente etiquetadas, al departamento de suelos del Instituto Nacional de Ecología, A.C. (INECOL A.C.). La textura se utilizó para estimar el porcentaje de pendiente del sedimento (%Ps) (Cuadro 1).

El tamaño de las presas (T) se estimó con la fórmula de área para un rectángulo ($A = l \cdot a \cdot h$). El Espaciamiento real (Er) se calculó con el promedio de las distancias medidas entre las presas. El Espaciamiento calculado (Ec) se estimó con la expresión (3), Rodríguez-Rodríguez (2008):

$$E = ((H / (Pc - Ps)) (100) \quad (3)$$

Donde: E = Distancia entre dos presas consecutivas (m); H = Altura efectiva de la presa (m); Pc = Pendiente de la cárcava (%) y Ps = Pendiente del sedimento (%).

El Volumen de madera utilizado (Vm^3) con la expresión (4), Romahn de la Vega et al. (1994):

$$V = a \cdot l \cdot h \cdot CA \quad (4)$$

Donde: V = Volumen (m^3); a = ancho de cubrimiento de las trozas (m); l = largo promedio de las trozas (m); h = altura promedio de la estiba (m); CA = Coeficiente de apilamiento (0.72).

La Capacidad calculada de retención de suelo (Ccr) y Capacidad real de retención de suelo (Crr) y se estimaron con las expresiones 5 y 6, respectivamente, reportadas por COLPOS (1991):

$$A = d ((he/2) + \sum hi + (he'/2)) \quad (5)$$

$$Ccr = A \cdot h \quad (6)$$

Donde: A = Área de la sección ocupada por el sedimento; d = longitud horizontal del muro; he y he' = longitudes extremas; $\sum hi$ = Sumatoria de las distancias intermedias; h = altura de la presa.

Resultados y discusión

Las presas filtrantes de morillos se construyeron en un periodo de tres meses, con el arbolado muerto del lugar, producto de las perturbaciones ocurridas en la reserva. En su construcción participaron ocho trabajadores de las comunidades de Paso Panal y

Tembladeras Mpio. Xico, cuatro de ellos en el arrastre y cuatro en el acomodo de los morillos en las cárcavas.

En el diseño de las presas se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos en el manual de protección, restauración y conservación de suelos forestales de la CONAFOR (2007), con modificaciones de acuerdo al sitio, tamaño y forma de la cárcava, como lo señala el manual. Asimismo, el espaciamiento entre las presas y el tamaño de cada presa, se adecuaron al ancho, largo y pendiente de cada cárcava.

El proceso de construcción inició con los trabajos de limpieza de las cárcavas, los cuales consistieron en el retiro de troncos y ramas. Posteriormente los morillos se cortaron al largo requerido y con la ayuda de ganchos forestales se arrastraron al sitio donde se construyó cada presa. Primero se estableció la base y después ésta fue empotrada. Los morillos se anclaron en las laterales de cada cárcava y se estabilizaron los taludes con piedras y tierra para dejar la base firme. El empotramiento de la base se hizo primeramente en la parte superior de la misma y de acuerdo a la forma y pendiente de la cárcava. La presa se formó con varias camas de morillos que fueron cortados al largo de cada base y al ancho de cada cárcava. La primera cama de morillos se colocó de forma transversal a la corriente del agua, y las siguientes de manera vertical, es decir en dirección a la corriente del agua, hasta alcanzar la altura necesaria, entre 0.8 y 3 m dependiendo del sitio. En el centro de la presa se dejó el vertedor.

Para prevenir la erosión del suelo de las áreas aledañas a las cárcavas, el CCMSS reforestó con *Pinus hartwegii* un año antes de la construcción de las presas. La reforestación fue microsítios asociados a pastos (*Festuca* sp.), Garbancillo (*Lupinus montanus*), y escobillo (*Baccharis conferta*). Con la reforestación se buscó una mayor retención de suelos, estabilizar la pendiente y disminuir la velocidad del flujo del agua. En los sitios con pendiente que son reforestados, se tiene una mejor distribución del flujo del agua y, a futuro, mejora la retención del agua, disminuyendo escurrimiento superficial y el avance de la erosión hídrica (Venegas, 2016).

El espaciamiento real (E_r) entre cada presa varió, contrario al resultado obtenido para el espaciamiento calculado (E_c) (Cuadro 2). La diferencia observada en éste parámetro es atribuible al criterio que se tomó en campo para la ubicación de las mismas, que fue construir las presas en los sitios donde la pendiente de la cárcava se estabilizaba. Este criterio redefinió el tamaño de las presas (T_p m³), mismo que varió dependiendo del ancho y largo del sitio de la cárcava elegido.

En el diseño de la construcción de las presas en una cárcava, se debe tomar en cuenta su longitud y en base a ésta se determina el número de presas, espaciamiento y tamaño, lo que lleva a una uniformidad en estas dimensiones. En las presas filtrantes de morillos evaluadas, el diseño de cada una obedeció a las condiciones variantes de la pendiente e irregularidades

en las dimensiones a lo largo de cada cárcava, por lo que el número de presas, espaciamento y tamaño no fue homogéneo. Esto representa una ventaja, ya que al ubicar las presas de morillos en los sitios donde se estabilizaba la pendiente, quedaron estructuralmente seguras y en sitios con condiciones apropiadas para su empotramiento (CONAFOR, 2007; SAGARPA, 2013).

Cuadro 2. Espaciamento y tamaño de las presas filtrantes de morillos de las cárcavas estudiadas.

Cárcava	Espaciamento real (m)		Espaciamento calculado (m)	Tamaño de la presa (m ³)	Volumen promedio/m ³
	Mín.	Máx.			
C1	8.83	18.93	9	84.69	1,890.07
C2	5.35	29.16	11	69.05	858.78
C3	2.70	18.90	8	79.73	2,066.40

El volumen promedio de madera (Vp/m³) aprovechado para la construcción de las presas fue de 4815.25 m³. Éste se relaciona directamente con el tamaño y el número de presas que se construyeron en cada cárcava. De manera comparativa, la cárcava tres (C3), al ser la de mayor longitud (620 m) tiene el mayor número de presas (36) y ocupó mayor volumen de madera, que las otras dos cárcavas (Cuadro 2).

La eficiencia en la retención del suelo de las presas de morillos coincide con los resultados reportados por COLPOS (2007) y Rodríguez (2008); lo anterior se atribuye a los espaciamentos dejados entre presa y presa y al tamaño de las mismas. La cárcava 2, que es la de menor longitud, obtuvo el valor más alto de retención real de suelo, y supera a la capacidad calculada de retención. Lo contrario se observa para la cárcava 1, en la cual la retención de suelo calculada supera a la real (Figura 2).

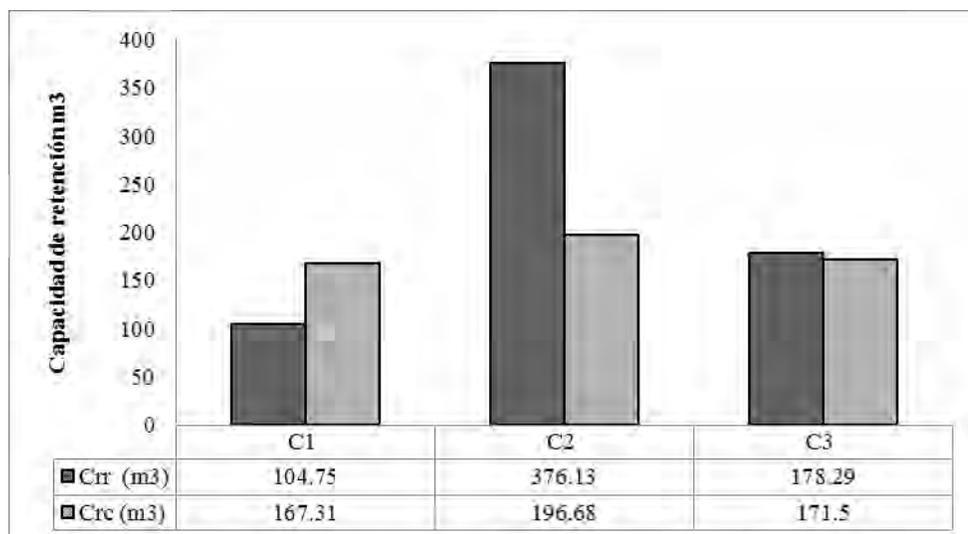


Figura 24. Capacidad real de retención de suelos (Crr) y calculada (Ccr) de las presas de morillos.

Los cambios relevantes en el diseño que se observaron en las presas de morillos fueron: 1) el vertedero no tenía el tamaño adecuado; 2) no tenían los postes anclados y la barrera frontal; 3) No contaba con suficiente cabeceo y delantal. Las dimensiones recomendadas del vertedero son: ancho mayor a un 1/3 de la longitud transversal de la presa y altura mayor a 0.25 veces la altura total de la misma, para no afectar el control del flujo del agua al disminuir su velocidad. Cuando el vertedero es menor, el desalojo del agua de la cárcava puede ser más lento, provocando probablemente que el agua ejerza una mayor presión atrás de la presa, la cual podría ceder (CONAFOR, 2007).

En relación con los postes anclados y la barrera frontal, éstos tienen la función de asegurar la estructura de la presa y evitar que los escurrimientos socaven las partes laterales de la misma, afectando su funcionamiento. En el caso de las presas de morillos, al carecer de éstos elementos estructurales, existe la posibilidad de que no estén lo suficientemente sujetas, por lo que, con el empuje del agua y el suelo, podría haber un deslizamiento de los morillos aguas abajo, generando un problema mayor (SEMARNAT, 2009). Respecto al delantal, éste es una plataforma de piedra que se coloca aguas abajo de la presa y que sirve para amortiguar la caída del agua e impedir que ésta socave la estructura. Puede construirse de cualquier material y no tiene medidas estrictas. Si se construye de morillos es importante que queden bien sujetos para evitar su deslizamiento a lo largo de la cárcava. En pendientes mayores al 15% se recomienda que el delantal sea de 1.7 m de largo (SAGARPA, 2013).

Los supuestos antes mencionados respecto a las desventajas en el diseño de las presas de morillos, fueron corregidos posterior a la presentación del presente trabajo, para asegurar estructural y funcionalmente las presas acordes a la propuesta técnica. Asimismo, las características inherentes a este tipo de presas, como son su flexibilidad, su fuerza y permeabilidad (Muñoz, 2006) y a las características de los sitios donde se construyeron, disminuyen la probabilidad de un evento deslizamiento por la fuerza del agua o del suelo. Otra ventaja, fue la reutilización de un gran volumen de madera (4825.25 m^3) de arbolado muerto, por el riesgo que representaba su probable deslizamiento, ante lluvias torrenciales, así como una amenaza para el estado fitosanitario del arbolado en pie más cercano, al ser focos de plagas y enfermedades. La madera utilizada en la construcción de las presas al descomponerse, con el paso del tiempo se reintegrará al suelo, enriqueciéndolo con materia orgánica.

Conclusiones

1. Las presas filtrantes de morillos representan una alternativa eficiente para la restauración de suelos en el Parque Nacional Cofre de Perote, con una capacidad real de retención de suelo mayor a la capacidad de retención calculada.

2. El diseño de las presas filtrantes de morillos, en cuanto a espaciamiento y tamaño, se definió con base a las características de los sitios donde se estabilizaba la pendiente de la cárcava, para asegurarlas estructuralmente.
3. El aprovechamiento del arbolado muerto para la construcción de las presas constituye una ventaja ya que se disminuye el riesgo de posibles incendios y presencia de plagas y enfermedades.
4. Es importante la supervisión y mantenimiento periódico de las presas para asegurar su correcto funcionamiento.
5. La reforestación con *P. hartwegii*, como práctica conjunta a la construcción de las presas es adecuada para la restauración del suelo y de prevención de la erosión hídrica.

Agradecimientos

Al Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. "CCMSS". A los Biólogos Enrique Trujillo Rosas, Daniel Martín González Marín por la información y apoyo logístico. Al equipo de trabajo de la localidad de Tembladeras, Xico, Veracruz: Aurelio Duran, Bernardo Hernández, Genaro Melchor Hernández, Domingo Martínez R., Guadalupe Arriaga M. y Guadalupe Martínez A., y los Biólogos Ricardo Aldair A., Alejandro Quirino V. y Daniel R. Solís por su apoyo en campo. A Cecilia C. Rosales Cervantes, Anel Martínez Palestina y Alma Rosa Córdoba Aguilar por su apoyo en el diseño de muestreo.

Literatura citada

Alba, A. S., M. Alcázar T., F. I. Cermeño M. y F. Barbero A. 2011. Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. p.13-38. In: Agricultura ecológica en secano: soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

COLPOS (Colegio de Posgraduados). 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. (3ª). Editorial del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Chapingo, Edo de México. 248 p.

CCMSS (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible). 2010. Programa de Educación ambiental y Restauración Forestal en Áreas Naturales Protegidas del Golfo de México. Subregión Montaña. Proyecto de desarrollo con recursos de: Petróleos Mexicanos.

Geissert D. y E. Meza. 2016. Los suelos del Cofre de Perote: calidad y servicios ecosistémicos. In: El Cofre de Perote Situación, perspectivas e importancia. H V. Narave F., L. Garibay P., M. Á. Chamorro Z., L. R. Álvarez O. y Y. de la Cruz E. (coord.). Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 252 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. 3a edición. México 297 p.

Martínez-Menes, M. R., E. Rubio-Granados, J. L. Oropeza-Mota y C. Palacios-Espinosa. 2009. Control de cárcavas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 9 p.

Muñoz, R. 2006. Erosión hídrica en la microcuenca San Pedro Huimilpan: Valoración integrada para su control. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro., 100 p.

Rodríguez, H. 2008. Recuperación y conservación de suelos mediante presas de control de azolves, en la cuenca de Burgos Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CJ068. México D. F.

Rodríguez-Rodríguez, H. 2008. Recuperación y conservación de suelos mediante presas de control de azolves, en la cuenca de Burgos. Informe final del proyecto CJ068. México D.F.

Romahn de la Vega, C. F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. 1ª ed. en español. México. 354 p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2013. Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para Desarrollo Rural. México. 70 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. Degradación de suelos I. Erosión hídrica y eólica. In: El medio ambiente en México. Disponible en http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/resumen_2009/03_suelos/cap3_2.html (consultado mayo de 2015).

COLPOS (Colegio de Postgraduados). 2006. Restauración de Suelos Forestales. Evaluación externa. Ejercicio fiscal 2007. (Informe de Evaluación de apoyos 2004-2006). México. 150 p.

Vanegas, L. M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final del proyecto GEF 00089333. CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 p.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Quercus laurina* Bonpl EN EL NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA

Felipe Neri Hernández Soto²⁸⁹, Miguel Gutiérrez Mauricio²⁸⁹, Emanuel Mora Castañeda²⁸⁹, María del Pilar Cuevas Ruiz²⁸⁹ y María Guadalupe Amador Martínez²⁸⁹

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han impulsado el desarrollo de técnicas para estudiar y predecir la distribución espacial de las especies, aun y cuando se trate de especies cuyas localidades donde se distribuye son desconocidas. *Quercus laurina* Bonpl es una especie que juega un papel importante en la formación y estabilización del suelo y contribuye a la formación de agregados del suelo. Estas características le confieren un papel importante en la recuperación y conservación de los suelos donde se establece. El presente estudio tuvo como objetivo identificar el área de distribución potencial para *Q. laurina* Bonpl en un área donde convergen doce municipios de la región Norte del estado de Puebla. Se realizaron colectas, el mayor número de estas se ubicó en el municipio de Chignahuapan y el mayor número de sitios de inventario se levantaron en el municipio de Aquixtla. Se utilizaron variables ambientales como: temperatura máxima, media y mínima, precipitación media anual y el modelo digital de elevación. El área de análisis comprende 1754.73 km². Se ingresaron las variables y datos de distribución de la especie a la herramienta de MaxEnt. Para determinar el área de distribución potencial, se tomó información de 9 colectas y 10 sitios de inventario. La distribución potencial determinada por el software MaxEnt presentó un valor superior a 0.9 para el Área Bajo la Curva (AUC); la variable que mejor contribuyó a explicar el modelo es la precipitación y la que menor influyó fue el Modelo Digital de Elevación (MDE). Estos modelos son herramientas potentes que predicen los lugares en los cuales las especies pueden llegar a distribuirse.

Palabras clave: MaxEnt, suelo, modelos predictivos, precipitación, temperatura

²⁸⁹ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla. División de Ingeniería Forestal.
feneheso@gmail.com

Introducción

En la región Norte del estado de Puebla se distribuyen un gran número de especies de Pino y Encino pertenecientes a las familias Pinaceae y Fagaceae, respectivamente. Sus características ambientales permiten su desarrollo en la región, donde comúnmente se encuentran formando asociaciones de pino-encino. Los encinos tienen un papel importante en la formación y establecimiento de suelos, así como en la producción de leña y carbón. En México se encuentran 150 especies de las 500 que existen en todo el mundo (Valencia, 2004). De ahí la importancia por conocer el área de distribución de *Quercus* sp. La forma más común ha sido a través de inventarios, pero son muy costosos, requieren de bastante tiempo. Los inventarios nacionales forestales son realizados por instituciones gubernamentales cada década. Para el caso de predios particulares que requieren el aprovechamiento maderable, es un requisito elaborar un programa de manejo, el cual debe contener un inventario de sus recursos forestales, para lo cual, el titular del predio contrata un despacho para tal fin.

A través de herramientas informáticas potentes se pretende identificar las áreas de distribución de *Quercus laurina* Bonpl en la región norte del estado de Puebla, dado que se tiene poca información al respecto. Con este propósito, se consideraron las características básicas para observar su distribución y así poder realizar el mapeo para determinar las principales áreas en las que se le puede encontrar la especie de interés, con fines futuros de lograr el establecimiento de plantaciones y manejo de la especie.

En la actualidad con los avances tecnológicos y el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica es posible diseñar y crear modelos informáticos que permitan determinar la distribución de especies. El software MaxEnt es una herramienta que permite modelar nichos de especies basados en el principio de que la distribución de especies debe coincidir con las variables ambientales en las que ha sido observada y mediante ello, generar estadísticos, gráficos y mapas predictivos sobre la distribución potencial de la especie, en una área geográfica determinada (Reguerin, 2012). *Q. laurina* Bonpl puede estar presente en los paisajes rurales bajo una gran diversidad de condiciones ambientales y representa una especie con gran potencial de aprovechamiento para la industria maderera (Hernández et al., 2009). Esta especie ha sido poco estudiada ya que la atención se centra comúnmente en especies del género *Pinus*, sin embargo, su presencia es de gran importancia en los ecosistemas por la gran diversidad de flora y fauna que alberga.

Materiales y métodos

El área de estudio forma parte de las provincias del Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental. Aglomera a doce municipios de los estados de Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, que cubren una superficie de 1,754.73 km², de ésta, el 43.26% corresponde al Municipio de Chignahuapan, Puebla. Se muestrearon un total de 19 sitios de *Q. laurina* Bonpl, donde diez de ellos correspondieron a sitios de inventarios y nueve a sitios de colecta. Según información de García (1998), en el área de estudio es posible encontrar nueve tipos de clima de los cuales el más representativo es el clima templado subhúmedo C(w1) que representa el 69.92% seguido del clima templado subhúmedo C(w2) que representa el 15.22% de la totalidad del área. Es posible encontrar diferentes tipos de suelo, de los cuales el más representativo es el Andosol con un 36.60%, seguido de Phaeozem con un 35.81% del total de la superficie analizada. La distribución potencial se determinó con cinco variables ambientales. Para entender mejor la metodología se presenta un flujograma que resume los pasos que se siguieron con la finalidad de cumplir los objetivos.

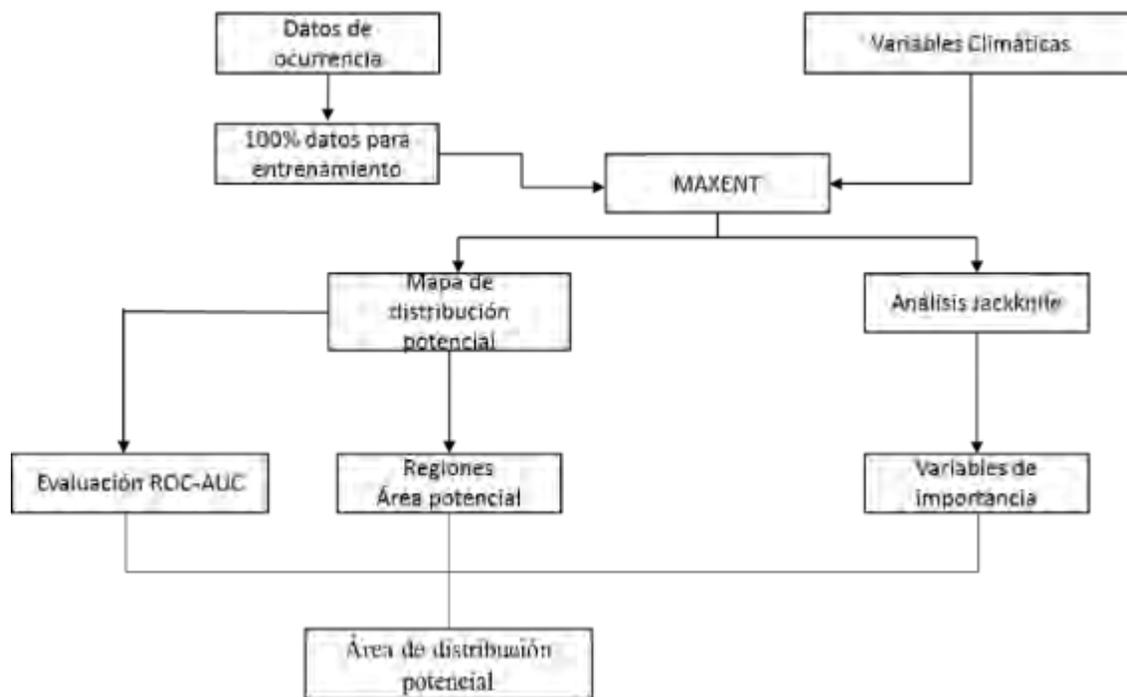


Figura 1. Flujograma de proceso empleado para generar áreas de distribución potencial.

El periodo en que se llevó a cabo el estudio comprendió 6 meses, del mes de enero a junio de 2017, se recolectó información de la especie de interés de la siguiente forma: se consultaron las colecciones disponibles del herbario del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, y se accedió al catálogo de *Quercus* de los municipios en estudio, se

obtuvieron las coordenadas del sitio donde se encuentra la especie, enseguida se procesó la información obtenida, se elaboró una base de datos, se registraron los siguientes datos: especie, localización, coordenadas y responsable de la colecta.

Adicionalmente se construyeron e integraron variables climáticas como: temperatura mínima anual, temperatura media anual, temperatura máxima anual y precipitación, las cuales se obtuvieron mediante consultas a las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2017), se generó la variable de altitud, a partir del continuo de elevaciones del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014, 2017).

Estas variables se armonizaron, asegurando así el mismo tamaño de pixel y datum, posteriormente fueron transformadas a la extensión “.asc”, para que pudieran ser manipuladas con la herramienta de Maximum Entropy Species Distribution Modeling (MaxEnt, 2017). Para el análisis se utilizó el programa de modelaje MaxEnt versión 3.4.1 (disponible en línea), con un formato de salida acumulativo. Los datos fueron formateados y transformados a una extensión “.csv” para que MaxEnt pudiera leer los archivos.

Una vez ejecutado el programa, se descartaron las variables ambientales que tuvieron aportación nula al modelo y se volvió a ejecutar el programa para determinar la distribución potencial. Para hallar las variables de mayor importancia se utilizó el método de Jackknife. El cual excluye una variable del modelo procesándolo con las demás variables. Se comparó la ganancia que tuvo el modelo con todas las variables y la ganancia que tuvo sin la variable que fue excluida. Finalmente, utilizando el Arcgis 10.3 se reclasificó la capa resultante de MaxEnt, donde se consideró que los valores más altos representaron la mayor probabilidad de distribución. La distribución potencial se determinó con cinco variables ambientales.

Resultados y discusión

Modelos de distribución

Al procesar los datos con la herramienta de MaxEnt se obtuvieron los siguientes resultados. En la Figura 2, los puntos blancos representan las colectas y los inventarios de *Q. laurina*. En la Figura 3, se muestra una escala de 0 a 100, donde se representa la distribución potencial de *Q. laurina* Bonpl., el valor más cercano a cero representó la mínima probabilidad y el valor de 100, la máxima probabilidad de encontrar la especie. Se observó que la mayor distribución potencial se encuentra en el municipio de Aquixtla.



Figura 2: Imagen obtenida de MaxEnt con datos de inventario y colectas de *Q. laurina* Bonpl.



Figura 3: Mapa de clases de distribución potencial de *Q. laurina* Bonpl.

Variables

Las variables (Cuadro 1) que porcentualmente presentaron una mayor contribución al modelo fueron: precipitación (68.2%), temperatura máxima (23.2%), Modelo (7.3%), temperatura mínima (0.9%) y temperatura media (0.4%).

Cuadro 1. Variables de importancia para *Q. laurina* Bonpl.

Variable	Porcentaje de Contribución	Importancia de la permutación
Precipitación	68.2	38.7
Temperatura máxima	23.2	51.3
Modelo	7.3	8.9
Temperatura mínima	0.9	1.1
Temperatura media	0.4	0

Método de Jackknife

En la Figura 4 se muestra que la variable ambiental con mayor presencia, correspondió a la precipitación mientras que la variable que disminuyó su contribución fue el modelo digital de elevación (MDE).

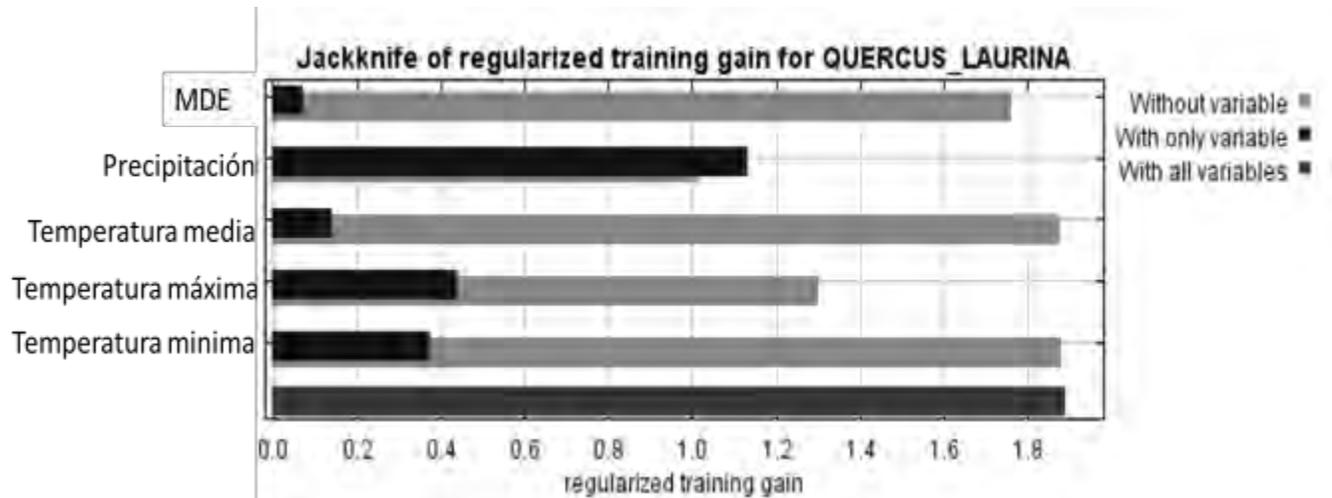


Figura 4. Resultado de la prueba de Jackknife para variables de importancia de Q. laurina Bonpl.

Área bajo la curva

En la Figura 5 se muestra el Área Bajo la Curva (AUC), con un valor de 0.963, lo que se considera un valor aceptable.

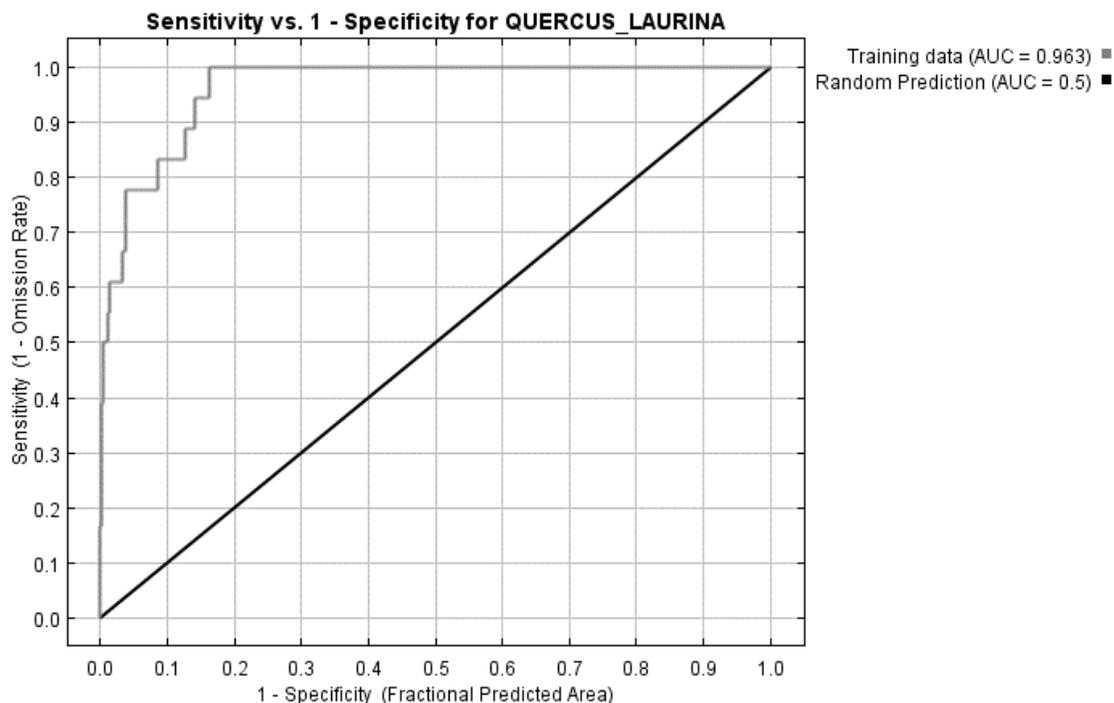


Figura 5. Gráfica del Área bajo la Curva para Q. laurina Bonpl.

Con los datos resultantes del software MaxEnt y considerando las variables ambientales, las colectas y los datos de inventario, se obtuvo que la especie tiene una mayor distribución en el municipio de Aquixtla, esto puede deberse principalmente a que la zona cumple los requerimientos de altitud de 1500 a 3300 msnm y suelos de tipo Cambisol, Andosol y

Vertisol. En el caso de Puebla la especie crece en laderas de exposición suroeste, en cerros, barrancas húmedas y sitios montañosos. La variable ambiental que tuvo mayor relación fue la precipitación, con lo cual se puede decir que se presenta la información más útil. Sin embargo, la variable que disminuyó la contribución fue el modelo digital de elevación (MDE). Por otro lado, se considera que un valor de AUC por encima de 0.7 señala un buen ajuste; mientras que un valor de 0.5, indica que la capacidad de predicción del modelo no es mejor que al azar. En este caso el resultado fue de 0.963, indicando un buen ajuste de los modelos. Otro estudio similar realizado por Contreras et al. (2010) quienes utilizaron el mismo programa MaxEnt para determinar la distribución potencial de *Taxus globosa* Schlecht en México, obtuvieron valores de AUC altos (0.997), los autores concluyeron haber alcanzado resultados precisos con el uso de MaxEnt. Así también, Maximiliano et al. (2013) utilizaron el programa MaxEnt para determinar la distribución potencial de nueve especies forestales en la Península de Yucatán, México; los valores obtenidos de la AUC en este análisis también fueron superiores a 0.9. Algo similar fue el estudio desarrollado por algunos quienes utilizaron el modelado bioclimático como herramienta para el manejo forestal de cuatro especies de pino para México, evaluaron 19 variables climáticas, destacando como la de mayor influencia para su distribución, los valores mínimos y máximos de la precipitación, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Conclusiones

1. El método de modelado con MaxEnt ha demostrado ser una herramienta robusta que utiliza datos de presencia, que permite realizar predicciones acerca de la distribución potencial de las especies y su desempeño es superior a otras técnicas tradicionales.
2. Se encontró la distribución potencial para *Q. laurina* Bonpl en sitios que cuentan con las características deseables como una adecuada precipitación, laderas con exposición suroeste y pendientes ligeras.
3. Los factores climáticos usados como predictores fueron adecuados para representar la heterogeneidad ambiental capaz de describir la distribución de esta especie en la escala espacial considerada, el ejemplo que se proporciona en este trabajo permite obtener una aproximación a la localización de futuros sitios de colecta.
4. La calidad del mapa obtenido se considera buena, mostrando para el caso modelado, un valor de 0.963 para AUC. El análisis muestra que la especie se encuentra preferentemente en áreas de laderas de cerros, barrancas húmedas y sitios montañosos. Se recomienda corroborar los datos generados en este experimento con visitas a campo y sitios de verificación

Agradecimientos

A los integrantes del despacho Silvícola Ocote Real S.C de R.L de C.V., por el apoyo y facilidades en los datos de inventarios de su autoría, correspondientes a la zona Norte del Estado de Puebla.

También se agradece al Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, por la facilidad otorgada en el uso del herbario.

Literatura citada

Contreras, M. R., I. Luna V. y C. Ríos M. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Rev. Chilena de Historia Natural* 83(3):421-433

García, E. 1998. Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García). Cobertura digital escala, 1(1,000,000). CONABIO. México. www.conabio.gob.mx/informacion/gis/. [consultado el 24 de junio de 2017].

Hernández V., C. R.; J.G. Álvarez M., F. Zavala Ch. y P. Espinosa R. 2009. Estudio cariológico de *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. *Revista Ciencia Forestal en México* 34(105):175-186.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Conjunto de datos vectoriales edafológicos, Escala 1:25000. www.conabio.gob.mx/informacion/gis/. [consultado el 24 de junio de 2017].

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Modelo digital de elevación por Estado. Puebla. www.conabio.gob.mx/informacion/gis/ [consultado el 20 de junio de 2017].

Maximiliano, M. G., T. Alfaro R., R. A. Ramírez G., C. T. Lomas B., A. de la Rosa V., A. Maya M. X. et al. 2013. Distribución de especies forestales de importancia ecológica y económica en la Península de Yucatán. In: Campos, J. J. (comps.). *Memorias del III Congreso Latinoamericano de IUFRO*. San José, Costa Rica.

Maximum Entropy Species distribution modeling MaxEnt (Versión 3.4.1). 2015. GNU: General Public License, Dominic Bergeron.

Reguerin, J. M. 2012. Distribución potencial de especies de la familia Araliaceae de la región Madidi. Tesis de Grado. Universidad Mayor De San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 131 p.

SMN (Sistema Meteorológico Nacional). 2017. Normal climatológica por Estado. Puebla. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=pue>. [consultado el 20 de junio de 2017].

Valencia A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75:33-53. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57707503>> ISSN 0366-2128. [consultado el 27 de junio de 2017].

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLANTA CON FINES DE REFORESTACIÓN EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Karla Ivonne Vásquez Morales^{290*}, Guillermo Rodríguez Rivas²⁹⁰, Jesús Dorantes López²⁹⁰ y Francisco Xavier Pérez Vásquez²⁹⁰

Resumen

La reforestación en México presenta altas tasas de mortalidad después del primer año, debido a la baja calidad de la planta, a prácticas inadecuadas y fechas de plantación, entre otros factores. La calidad de una planta se determina con base en sus características morfológicas y fisiológicas. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de planta producida con fines de reforestación en el vivero forestal "El Plan", ubicado en el Municipio de Jilotepec, Veracruz. La planta evaluada correspondió al ciclo de producción 2015-2016, donde se produjeron las especies *Cupressus lindleyi*, *Pinus patula* y *Pinus pseudostrobus* en sistema tradicional y *Pinus chiapensis* en sistema tecnificado. Para el análisis de la planta se seleccionó una muestra al azar con un 95% de confianza para cada una de las especies, se midió altura del tallo y diámetro al cuello de la raíz. Se tomó una submuestra de 10% para el análisis destructivo, midiendo la altura del tallo, diámetro al cuello, peso de biomasa total húmeda y seca; se determinó el índice de robustez, lignificación, calidad de Dickson y la relación biomasa seca aérea/raíz. Se aplicó un análisis de varianza para las cuatro variables morfológicas consideradas en el análisis destructivo y la prueba de comparación de medias ya que presentaron diferencias altamente significativas. *C. lindleyi*, *P. chiapensis* y *P. patula* se clasificaron como plantas de calidad media al presentar desproporción entre altura/diámetro (índice de robustez bajo) y parte aérea/sistema radicular con valor bajo; *P. pseudostrobus* fue de calidad media, presentó desproporción entre la parte aérea/sistema radicular con un valor bajo, estas desproporciones se pueden mejorar con la poda aérea y aumento del área de crecimiento. El análisis de varianza mostró que entre las especies hay diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), aunque al hacer la comparación de medias *P. chiapensis* no formó ningún grupo. Se concluye que la calidad encontrada se atribuye al sistema de producción utilizado y que las especies tienen hábitos de crecimiento diferentes.

Palabras clave: viveros forestales, variables morfológicas, índices de calidad

²⁹⁰ Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa, Universidad Veracruzana. karla_rst17@hotmail.com

Introducción

La reforestación en México se ha incrementado en las últimas dos décadas, y para abastecer la demanda de planta se han establecido un considerable número de viveros forestales (Rodríguez, 2008). Los viveros forestales son sitios destinados a la producción de planta forestal donde se les brindan los cuidados necesarios durante el ciclo de desarrollo en que la planta permanece en vivero, para su posterior plantación en campo (Jiménez, 1994).

El incremento en la producción de planta forma parte de las políticas y estrategias de los programas federales de fomento forestal, como el “Programa Nacional de Solidaridad Forestal” (1993-1995), el “Programa Nacional de Reforestación” (1995-2006), ProÁrbol (2006-2012) y a partir de 2013 el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) (CONAFOR, 2016).

Con el incremento de la producción de planta se ha modernizado la infraestructura de los viveros forestales, pasando de la producción de planta a raíz desnuda y en bolsas de polietileno a la producción en contenedores, la cual actualmente supera el 80% de la producción nacional (CONAFOR, 2016).

Sin embargo, los programas de reforestación no han tenido los resultados esperados, ya que a nivel nacional se tienen tasas de supervivencia menores al 50% en el primer año después de plantado, siendo la sequía, fecha inadecuada de plantación, baja calidad de planta y malas prácticas de plantación, las causas principales de mortalidad; de igual manera el pastoreo, selección inapropiada de especies e incidencia de plagas y enfermedades, son factores que también contribuyen a la muerte de la planta (Valtierra y Magaña, 2008).

Para favorecer el establecimiento y crecimiento de las plantas en los sitios de plantación, se requiere que existan condiciones favorables de humedad, temperatura, propiedades del suelo, preparación del terreno y que la planta a utilizar tenga la calidad apropiada (Prieto, 2013).

Para medir la calidad de la planta se consideran criterios morfológicos y fisiológicos; los primeros son los más utilizados debido a la facilidad para ser evaluados, como altura del tallo, diámetro al cuello y producción de biomasa, los cuales permiten estimar el índice de robustez, lignificación, calidad de Dickson y la relación biomasa parte aérea/raíz. Como criterios fisiológicos se consideran el contenido de carbohidratos y nutrientes, potencial hídrico, daño por frío, entre otros.

Las condiciones morfológicas y fisiológicas de la planta determinan su capacidad para sobrevivir y crecer en las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, de suma importancia es la calidad genética del germoplasma utilizado y las técnicas e insumos empleados durante su producción en vivero (sustratos, envases, nutrición, riego, condiciones medioambientales y sanidad) (Prieto y Alarcón, 1998; Rodríguez, 2008).

El uso de metodologías adecuadas de cultivo durante la producción de planta en vivero, mediante prácticas apropiadas de riego, nutrición, sustrato, entre otros, permitirá cosechar individuos sanos y vigorosos (Prieto, 2013), de tamaño apropiado en altura y grosor del tallo, con una proporción balanceada entre la parte aérea y la raíz, incrementando la supervivencia y crecimiento en campo, logrando los propósitos de los programas de reforestación en México (Rodríguez, 2008).

Los actuales programas de reforestación incluyen la producción de planta en viveros forestales de terceros (ejidos, organizaciones sociales, particulares, etc.), cuyos centros de producción deben contar con instalaciones y procesos de producción que aseguren planta de calidad (CONAFOR, 2016).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la calidad de planta producida para la reforestación durante el ciclo 2015-2016 en el vivero forestal “El Plan propiedad de Agroproducciones Forestales Iztacihuatlii de S.S.S.” en el Municipio de Jilotepec, Veracruz para conocer si la planta destinada a la reforestación cumplía con los estándares de calidad mínimos requeridos.

Materiales y métodos

El vivero forestal “El Plan” se encuentra en el Municipio de Jilotepec, Veracruz, en las coordenadas 19° 36' 25.60'' Latitud Norte y 96° 56' 51.56'' Longitud Oeste, a una altitud de 1,340 m. El municipio se ubica en la zona central montañosa del estado de Veracruz, su clima es templado-húmedo, temperatura promedio de 18.5°C y precipitación pluvial media anual de 1,110 mm. El suelo es de tipo Andosol, caracterizado por contener cenizas volcánicas (Municipio de Jilotepec).

La planta evaluada correspondió al ciclo de producción 2015-2016, se produjeron un total de 300,000 plantas en sistema tradicional y tecnificado, de las especies *C. lindleyi* (30,000 plantas), *P. chiapensis* (100,000 plantas), *P. patula* (100,000 plantas) y *P. pseudostrobus* (70,000 plantas).

La producción en sistema tradicional se llevó a cabo en bolsa de polietileno con dimensiones de 13x25 cm y como sustrato tierra común con tezontle, para *C. lindleyi*, *P. patula* y *P. pseudostrobus*. La producción de *P. chiapensis* se desarrolló bajo sistema tecnificado, en charola de poliestireno de 77 cavidades (170 mL), como sustrato vermiculita, peat moss y tezontle.

Al momento de realizar la evaluación de calidad de planta, se determinó el tamaño de muestra con la fórmula para poblaciones finitas o conocidas, considerando un nivel de confianza de 95%, con base en la cantidad de planta disponible por especie: *C. lindleyi*

muestra de 191 plantas, *P. chiapensis* muestra de 191 plantas, *P. patula* muestra de 192 plantas y *P. pseudostrobus* muestra de 192 plantas.

La selección de los elementos de la muestra se hizo a través de un muestreo sistemático, obteniendo los elementos a intervalos constantes en forma de zigzag, en las plantas se midió la altura del tallo (cm) con flexómetro y diámetro del cuello (mm) con vernier digital, esto en el vivero.

Se tomó una submuestra de 10% por cada especie, para el análisis destructivo. Dicho análisis consistió en desintegrar el cepellón de la planta y lavar las raíces para eliminar el sustrato, se midió altura del tallo (cm) con un flexómetro y diámetro al cuello (mm) con vernier digital, después se separó la parte aérea de la planta del sistema radicular para determinar el peso de biomasa húmeda (g) en una balanza granataria adecuada, las plantas se colocaron en bolsas de papel etiquetadas y permanecieron en la estufa de secado por 72 horas a temperatura de 70°C, para determinar el peso de biomasa seca (g).

Los datos de las variables morfológicas consideradas en el análisis destructivo, se organizaron en tablas de Microsoft Excel 2010, para determinar los índices de calidad: Índice de robustez, lignificación, calidad de Dickson y relación biomasa seca aérea/raíz, para cada una de las especies evaluadas. Con las variables e índices calculados, se determinó la calidad de planta al comparar los resultados de la planta del vivero El Plan con los “Indicadores morfológicos de calidad de planta” que establece la Norma Mexicana para la Certificación de Operación de Viveros Forestales. Así mismo, se clasificaron los resultados de la planta del vivero El Plan, con base en los “Valores determinados para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en viveros forestales de clima templado”, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Para las variables morfológicas se determinaron los estadísticos descriptivos por cada especie y se aplicó el análisis de varianza para determinar la variabilidad existente entre lotes de especies, así como la comparación de medias en el caso de las variables que presentaron diferencias significativas, con el software estadístico STATISTICA Application.

Resultados y discusión

Calidad de planta

De acuerdo a los “Indicadores morfológicos de calidad de planta”, que establece la Norma Mexicana para la Certificación de Viveros Forestales y a las características que deben tener los contenedores donde se produce la planta, el vivero forestal “El Plan” cumple, al utilizar bolsas de polietileno negro con dimensiones de 13x25 cm y charolas de poliestireno de 170 mL, contenedores con el volumen adecuado para cada sistema de producción.

Las cuatro especies tenían una edad de entre 11 y 12 meses, aptas para su salida del vivero y establecimiento en campo. Su altura fue superior respecto al rango de altura indicado por especie y diámetro mayor a 4 mm, contando con suficiente área fotosintética y resistencia a daños causados por el viento, animales o temperaturas extremas.

Para evaluar la calidad de planta también se tomaron como base los “Valores determinados por el INIFAP para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en viveros forestales de clima templado”, que considera valores para cada nivel de calidad (alta, media y baja), las plantas del vivero forestal El Plan, presentaron calidad alta y baja en las variables analizadas de acuerdo a los valores que se señalan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Calidad de planta del vivero forestal El Plan, con base a los Valores determinados para calificar la calidad de planta con crecimiento normal en viveros forestales de clima templado (INIFAP).

Especie	Variables					
	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Índice de lignificación (%)	Índice de robustez	Índice de calidad de Dickson	Relación tallo/raíz
C. lindleyi	74.37 - B	6.63 - A	46.79 - A	11.71 - B	1.52 - A	3.97 - B
P. chiapensis	53.47 - B	4.72 - A	40.83 - A	11.45 - B	0.69 - A	3.62 - B
P. patula	65.16 - B	7.30 - A	36.77 - A	9.12 - B	1.47 - A	3.86 - B
P. pseudostrobus	44.16 - B	7.77 - A	39.46 - A	5.90 - A	2.40 - A	3.52 - B

A = Calidad alta, M = Calidad media, B = Calidad baja.

Las cuatro especies presentaron alturas superiores al rango que considera la calidad alta, lo que genera una desproporción de la relación altura/diámetro (índice de robustez), una altura del tallo superior al rango, no necesariamente quiere decir que sea de calidad alta. El diámetro se clasifica como calidad alta al ser mayor a 4 mm, permitiendo la resistencia de la planta a daños mecánicos o por el viento. El índice de lignificación es alto, la planta presentó un pre-acondicionamiento y endurecimiento del tallo en su etapa final en vivero. Respecto al índice de robustez, la calidad es baja para tres de las especies, excepto P. pseudostrobus que resultó de calidad alta. Las plantas de C. lindleyi, P. chiapensis y P. patula presentan una desproporción entre el crecimiento en altura y diámetro, es decir, la planta es alta y delgada siendo susceptible a daños mecánicos y climatológicos. La calidad es alta para las cuatro especies respecto al índice de calidad de Dickson, lo que indica que la planta es adecuada para su establecimiento en campo. La relación tallo/raíz (biomasa seca parte aérea/raíz) es de calidad baja, presenta desproporción entre la parte aérea y la raíz, pudiendo ser el sistema radicular insuficiente para proveer de agua y nutrimentos la parte aérea de la planta. Con base en la clasificación del INIFAP que refiere: a) plantas de calidad alta son aquellas cuyas variables evaluadas se clasifican como de calidad alta, aceptando hasta dos valores con calidad media. los resultados nos indican que para este caso se descarta esta

clasificación. Aunque al determinar el índice de calidad de Dickson este resultó de calidad alta, este índice es la forma más apropiada para definir la calidad de planta ya que involucra varias variables en un solo valor, lo cual es útil al inferir sobre la supervivencia que las plantas tendrán en campo (Maldonado, 2010).

b) plantas de calidad media, presentan hasta tres valores de calidad media y una variable con calificación baja. En este estudio se tuvieron tres variables clasificadas como calidad alta y 3 como calidad baja, exceptuando *P. pseudostrobus* que presentó cuatro variables con calidad alta. Al hacer una interpretación por separado de las variables con calidad baja, la altura a pesar de rebasar el rango establecido, permitiría a la planta competir con malezas en campo y le favorecerá al tener un área fotosintética mayor, aunque por otro lado la transpiración sería mayor y provocaría la pérdida de agua en épocas de sequía, por ello es importante que exista un balance entre la parte aérea y la parte radicular.

c) plantas de calidad baja son aquellas que presentan dos o más valores de calidad baja. Aunque los resultados nos mostraron que el índice de robustez y la relación tallo/raíz resultaron de calidad baja, al combinar las variables para determinar el índice de calidad de Dickson, estos resultados no fueron determinantes para clasificarla como de calidad baja.

Resultados similares obtuvieron Saéñz et al. (2010) para *C. lindleyi* y *P. pseudostrobus* producidos en sistema tradicional al evaluar calidad de planta, lo que permite suponer que la relación tallo/raíz es poco probable que alcance una calidad buena, debido a la desproporción que se da por el tamaño del contenedor empleado, que no permite un mayor desarrollo radicular.

Análisis de varianza y prueba de Tukey para las diferentes variables

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las cuatro especies para las variables en estudio, los promedios más altos los presentó *C. lindleyi* y los más bajos *P. chiapensis*. Los porcentajes de variación más altos los presentó *C. lindleyi* para tres de las variables, excepto para altura que lo obtuvo *P. chiapensis* (Cuadro 2).

Al hacer la comparación de medias las especies resultaron diferentes entre sí para la variable altura, por lo que al llevarla a campo habrá que hacer una selección de aquellas que mejor convengan para un sitio determinado; en el caso del diámetro la especie *P. patula* se agrupa con *P. pseudostrobus* y *C. lindleyi*, por lo que estadísticamente son iguales y al momento de sacar la planta del vivero, considerando sólo esta variable, cualquiera de las tres especies es útil para reforestación; *C. lindleyi*, *P. patula* y *P. pseudostrobus* fueron estadísticamente iguales para el caso de biomasa húmeda total, esto les permitirá establecerse y tener un mayor crecimiento en campo por su capacidad fotosintética, a diferencia de *P. chiapensis* cuyo peso fue menor; respecto a la biomasa seca total *C. lindleyi*, *P. patula* y *P. pseudostrobus* resultaron estadísticamente iguales, presentando los pesos mayores, esto

favorecerá su establecimiento y crecimiento en campo; *P. chiapensis* se ve afectado en peso debido al sistema de producción utilizado. Esta variable se relaciona con el balance que presentó la planta entre la parte aérea y radicular, el cual indicó que las plantas de las cuatro especies están desbalanceadas.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos, ANOVA y comparación de medias para las variables morfológicas.

Especie	Media	Mínimo	Máximo	Varianza	Desviación estándar	C.V.	Nivel de significancia
Altura de la parte aérea (cm)							
<i>C. lindleyi</i>	74.36 ^d	70.00	81.00	13.46	3.66	4.93	0.00**
<i>P. chiapensis</i>	53.47 ^b	39.00	60.00	24.48	4.94	9.25	
<i>P. patula</i>	65.15 ^c	50.00	73.00	33.91	5.82	8.93	
<i>P. pseudostrobus</i>	44.15 ^a	40.00	48.00	7.80	2.79	6.32	
Diámetro del cuello de la raíz (mm)							
<i>C. lindleyi</i>	6.62 ^a	4.35	9.97	2.20	1.48	22.40	0.000**
<i>P. chiapensis</i>	4.72 ^c	3.91	5.66	0.25	0.50	10.76	
<i>P. patula</i>	7.29 ^{ab}	5.18	9.74	1.62	1.27	17.48	
<i>P. pseudostrobus</i>	7.76 ^b	5.01	10.96	2.38	1.54	19.87	
Biomasa total húmeda (g)							
<i>C. lindleyi</i>	47.83 ^a	21.70	101.60	411.74	20.29	42.42	0.000000**
<i>P. chiapensis</i>	25.11 ^b	18.20	37.70	29.20	5.40	21.51	
<i>P. patula</i>	50.62 ^a	29.60	84.90	254.40	15.95	31.50	
<i>P. pseudostrobus</i>	55.18 ^a	27.90	94.10	296.56	17.22	31.20	
Biomasa total seca (g)							
<i>C. lindleyi</i>	22.38 ^a	10.90	48.20	92.37	9.61	42.93	0.000001**
<i>P. chiapensis</i>	10.18 ^b	7.50	15.00	3.51	1.87	18.41	
<i>P. patula</i>	18.51 ^a	11.40	29.80	30.94	5.56	30.05	
<i>P. pseudostrobus</i>	21.80 ^a	11.40	40.00	63.95	7.99	36.67	

*Significativo.

**Altamente significativo.

N.S. No significativo.

Conclusiones

1. Las especies *C. lindleyi*, *P. chiapensis*, *P. patula* y *P. pseudostrobus* producidas en el vivero forestal El Plan, durante el ciclo 2015-2016, son de calidad media si se consideran las variables por separado, pero si se combinan para estimar el índice de calidad de Dickson los resultados determinan una calidad alta. Este índice es la forma más apropiada para definir la calidad de planta, dado que involucra un mayor número de variables en un solo valor, lo cual es útil para inferir sobre la supervivencia que las plantas tendrán en campo.
2. El tamaño del contenedor y el sistema de producción son factores determinantes para estimar la calidad de la planta con respecto a la relación tallo/raíz, que en la mayoría de los casos resultará en una calidad baja por la desproporción entre la parte aérea y la parte radicular.
3. Las diferencias encontradas entre las especies se corresponden más al hábito de crecimiento de cada una de ellas, que a las labores de cultivo durante su permanencia en el vivero.
4. La planta producida en el vivero El Plan durante el ciclo 2015-2016, cumplió con los indicadores morfológicos de calidad, conforme a los parámetros indicados en la Norma Mexicana para la Certificación de Operación de Viveros Forestales.

Literatura citada

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2016. NMX-AA-170-SCFI-2016. Norma Mexicana para la Certificación de la Operación de Viveros Forestales. [consultado el 17 de junio de 2017].

Jiménez, P. F. 1994. Viveros forestales para producción de planta a pie de repoblación. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_06.pdf [consultado el 15 de junio de 2017].

Maldonado, B. K. 2010. Sustratos alternativos para la producción de *Pinus greggii* Engelm. En vivero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, México. 103 p.

Prieto, R. J. 2013. Importancia de la calidad de planta en los programas de reforestación. Innovación Forestal. http://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?p=993 [consultado el 15 de junio de 2017].

Prieto, R., J. y M. Alarcón B. 1998. Producción de planta forestal. Folleto Técnico No. 10. SAGARPA. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental Valle de Gaudiana. Durango, México. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/2621> [consultado el 16 de junio de 2017].

Rodríguez, T. D. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 156 p.

Sáenz, R. J., F. Villaseñor R., H. Muñoz F., A. Rueda S., y J. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Michoacán, México. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1289/CALIDAD%20DE%20PLANTA%20EN%20VIVEROS%20FORESTALES%20DE%20CLIMA%20TEMPLADO%20EN%20MICHOCAN.pdf?sequence=1> [consultado el 16 de junio de 2017].

Valtierra, P. E. y O. Magaña T. 2008. Reforestación. Evaluación Externa. Ejercicio Fiscal 2007. Comisión Nacional Forestal. Colegio de Postgraduados. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://www.era-mx.org/biblio/Evaluacion_Colpos_Reforestacion_2007.pdf [consultado el 16 de junio de 2017].

EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE LA PARTE AEREA DE *Cedrela odorata*

Erik Pablo Carrillo^{291*} y María Guadalupe Olivera Borja²⁹²

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en el crecimiento inicial de la parte aérea de plantas de *Cedrela odorata*. El experimento se estableció en el vivero forestal de la Universidad del Mar. La siembra se realizó en agosto de 2016 en charolas de plástico de 28 cavidades utilizando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70%, 15% y 15%, respectivamente. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial de tres factores: fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos, con dos niveles para cada factor, las combinaciones dieron como resultado ocho tratamientos. A las tres, cinco, siete, nueve y once semanas después de la siembra de cada repetición se eligieron al azar tres plántulas por tratamiento para la evaluación de las variables: número de hojas, longitud, peso fresco y seco de la parte aérea. Se realizó un análisis de varianza para cada una de las cinco mediciones, cuando el valor de F fue significativo, las medias se compararon con la prueba de Tukey. Se analizaron graficas para cada variable. Se encontraron diferencias significativas para fertilizante con $\alpha=0.01$ en las variables evaluadas. Las variables longitud y peso seco de la parte aérea presentaron mayor crecimiento e incremento con el tratamiento fertilizante-bioestimulantes con 50.75 cm y 2.718 g, respectivamente. Los tratamientos que presentaron el mayor peso fresco de la parte aérea fueron: fertilizante con 17.068 g y fertilizante-bioestimulante-hongos benéficos con 14.410 g. Los tratamientos con el mayor número de hojas fueron fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 69.75 y fertilizantes-bioestimulantes con 69.25.

Palabras clave: bioestimulantes, crecimiento inicial, *Cedrela odorata*, hongos benéficos

²⁹¹ Instituto de Genética, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. epablo30@hotmail.com

²⁹² Tesista. Ingeniería Forestal. Universidad del Mar.

Introducción

El cedro rojo (*Cedrela odorata*) es una especie forestal tropical que aporta grandes beneficios económicos para la industria maderable siendo muy apreciada debido a su color de madera, calidad y durabilidad (Pennington y Sarukhán, 2005). La producción de planta en vivero se realiza de forma tradicional empleando productos convencionales (fertilizantes, fungicidas e insecticidas), actualmente hay productos alternativos como hongos benéficos (micorrizas y *Trichoderma*) que fijan nitrógeno al suelo y contrarrestan el ataque de algunos hongos Oomicetos que causan daños en estado de plántula como damping off (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, *Phytophthora*) (Cano, 2011); los bioestimulantes (extractos de yuca y de algas) muestran un efecto positivo. El uso apropiado de fertilizantes, hongos benéficos y bioestimulantes en los viveros forestales es vital para incrementar la calidad de planta. Una dosis balanceada con los requerimientos apropiados de nutrimentos, mejora la morfología y fisiología de las plantas, lo que reduce el tiempo de producción, además de que proporciona características de vigor y calidad a las plantas (Mateo-Sánchez et al., 2011).

El uso de bioestimulantes en el área forestal han sido poco evaluados, esta investigación pretende aportar información para la producción de planta de cedro empleando bioestimulantes, debido a que su aplicación complementa la acción del fertilizante, por el alto contenido de citocininas y auxinas que son fitoreguladores que estimulan un mejor crecimiento y desarrollo de la planta (Díaz, 2002). Algamix® es un bioestimulante del crecimiento y del desarrollo de las plantas elaborado a partir de extractos naturales de algas marinas (*Aschophyllum nodosum*) rico en citocininas que promueven el desarrollo foliar, debido a su contenido en betaínas y oligosacarinas, tiene un efecto fortificante mejorando la repuesta de defensa contra estrés hídrico, térmico o salino (LIDA, 2014).

Dada la importancia de la producción de planta de cedro para plantaciones forestales en el país y tomando en cuenta que en la mayoría de los viveros no se consideran algunos aspectos técnicos importantes para la producción de planta de calidad, en el presente trabajo se planteó el objetivo de evaluar el efecto de fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos en el crecimiento inicial de la parte aérea de *Cedrela odorata*.

Materiales y métodos

Las semillas de cedro rojo se colectaron en abril y mayo del 2016 en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Los frutos (capsulas) se recolectaron en madurez fisiológica de forma manual utilizando pértiga en veinte árboles. Posteriormente la semilla fue beneficiada, se etiquetó y almacenó en botes de vidrio herméticos a $6\pm 2^{\circ}\text{C}$. El experimento se estableció en

el vivero forestal de la Universidad del Mar ubicado en el Campo Experimental Bajos de Chila. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial, siendo tres factores: fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos, cada uno con dos niveles. Lo cual originó en total ocho tratamientos: testigo, hongos benéficos (HB), bioestimulantes (B), bioestimulantes más hongos benéficos (B-HB), fertilizante (F), fertilizante más hongos benéficos (F-HB), fertilizante más bioestimulantes (F-B), fertilizante más bioestimulantes más hongos benéficos (F-B-HB). El fertilizante aplicado fue Multicote® 8M (18-6-12) dosis 20 kg m⁻³; los bioestimulantes (lidavital y algamix aplicados en la 3^a, 5^a y 8^a semana en cantidades de 1, 1.5 y 2 mL L⁻¹ de agua de cada uno, respectivamente). Los hongos benéficos fueron micorrizas *Glomus fasciculatum* 0.09 g por cavidad, *Trichoderma harzianum* 5 g mL⁻¹ de agua asperjado en el sustrato previo a la siembra. *Trichoderma* se aplicó posteriormente cada quince días durante dos meses posteriores a la siembra. Para evaluar el crecimiento inicial se sembraron 1,792 semillas de cedro en charolas de plástico de 28 cavidades utilizando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70% 15% y 15%, respectivamente. La siembra se realizó el 12 de agosto del 2016 sembrando dos semillas por cavidad y posteriormente se realizó un raleo dejando una plántula, siendo en total 896 plántulas de cedro. Se utilizaron 112 plantas por tratamiento y se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento. A las tres, cinco, siete, nueve y once semanas después de la siembra de cada repetición se eligieron al azar tres plántulas por tratamiento para la evaluación de las variables: número de hojas, longitud de la parte aérea que se midió con una regla de 50 cm, peso fresco de la parte aérea medido en una balanza analítica marca Scientech SA210, posteriormente las muestras se introdujeron en una estufa de secado marca Lab-line 35L6M a una temperatura de 103°C durante 17 horas, cuantificando posteriormente el peso seco de la parte aérea (Willan, 1991). Se realizó un análisis de varianza con base en un diseño completamente al azar con arreglo factorial para cada una de las cinco mediciones realizadas, cuando las variables fueron significativas se realizaron las comparaciones de medias de Tukey (SAS, 2003). Con las medias obtenidas para cada variable de cada medición quincenal se realizaron gráficas para representar el crecimiento inicial de las plantas de cedro con los diferentes tratamientos evaluados.

Resultados y discusión

El análisis de varianza en las cinco mediciones realizadas mostró diferencias altamente significativas con $\alpha=0.01$ para el factor fertilizante en las variables: longitud de la parte aérea, número de hojas, peso fresco y seco de la parte aérea (datos no mostrados). Al respecto, Mateo-Sánchez et al. (2011) al evaluar los efectos de diferentes dosis de fertilizante de

liberación lenta sobre el crecimiento inicial de cedro rojo producidas en contenedor, encontraron diferencias altamente significativas para las variables altura y peso seco de la parte aérea con la aplicación de Osmocote plus® 9M (15-9-12) con una dosis de 9 kg m⁻³.

La variable longitud de la parte aérea a los 21 días después de la siembra mostró una respuesta similar entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, a los 35 días después de la siembra fue evidente la diferencia entre los tratamientos que incluían fertilizante mostrando cierta consistencia hasta los 49 días después de la siembra, posteriormente fue evidente que los tratamientos: fertilizante-bioestimulantes y fertilizante-hongos benéficos fueron los que presentaron mayor altura (Figura 1).

En la última medición que correspondió a un tiempo de once semanas, la prueba de Tukey mostró diferencias muy marcadas en las medias para los tratamientos en los que se aplicó fertilizante con 47.125 cm, en contraste con 6.852 cm en los tratamientos sin fertilizante. Al final de la prueba se encontró que los mejores tratamientos para longitud de la parte aérea fueron: fertilizante-bioestimulantes y fertilizante-hongos benéficos con 50.75 cm y 48.02 cm., respectivamente. Mientras tanto los tratamientos que mostraron altura de planta más bajos fueron hongos benéficos y testigo con 6.55 cm y 6.525 cm, respectivamente (Figura 1).

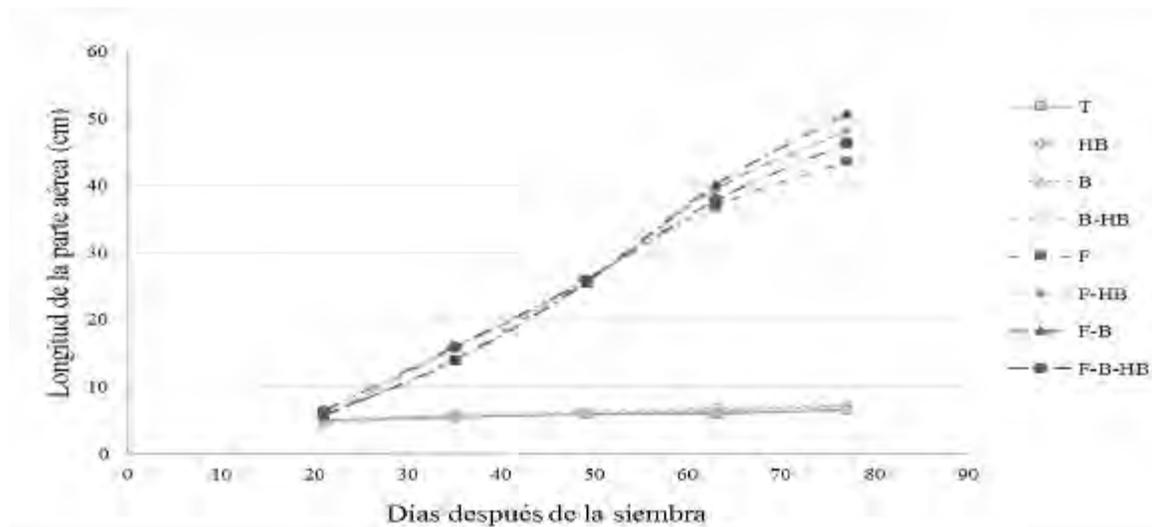


Figura 1. Longitud de la parte aérea de *Cedrela odorata* evaluada durante 77 días después de la siembra.

En la variable número de hojas a partir de los 21 y 35 días después de la siembra se presentaron diferencias en los tratamientos con fertilizante y sin fertilizante. Se mostró un mayor efecto en el incremento del número de hojas en los tratamientos en los que se usó fertilizante, a los 49 días después de la siembra el comportamiento fue similar entre ellos. No obstante, a los 63 y 77 días después de la siembra se presentó en los cuatro mejores tratamientos una ligera separación entre ellos siendo los mejores fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos y fertilizante-bioestimulantes (Figura 2).

En la última medición a las once semanas, la prueba de Tukey mostró diferencias muy contrastantes para número de hojas en los tratamientos en los que se aplicó fertilizante con 67.25 hojas y en los tratamientos sin fertilizante 15.31 hojas. Mientras tanto en los factores bioestimulantes y hongos benéficos, no se presentaron diferencias en las medias de las variables evaluadas (datos no mostrados).

Los tratamientos que mostraron un mayor número de hojas a los 77 días después de la siembra fueron: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos y fertilizante con bioestimulantes con 69.75 y 69.25 hojas, respectivamente. En contraste, los tratamientos con el menor número de hojas fueron bioestimulantes y testigo que presentaron 14.75 y 11.75 hojas, respectivamente (Figura 2).

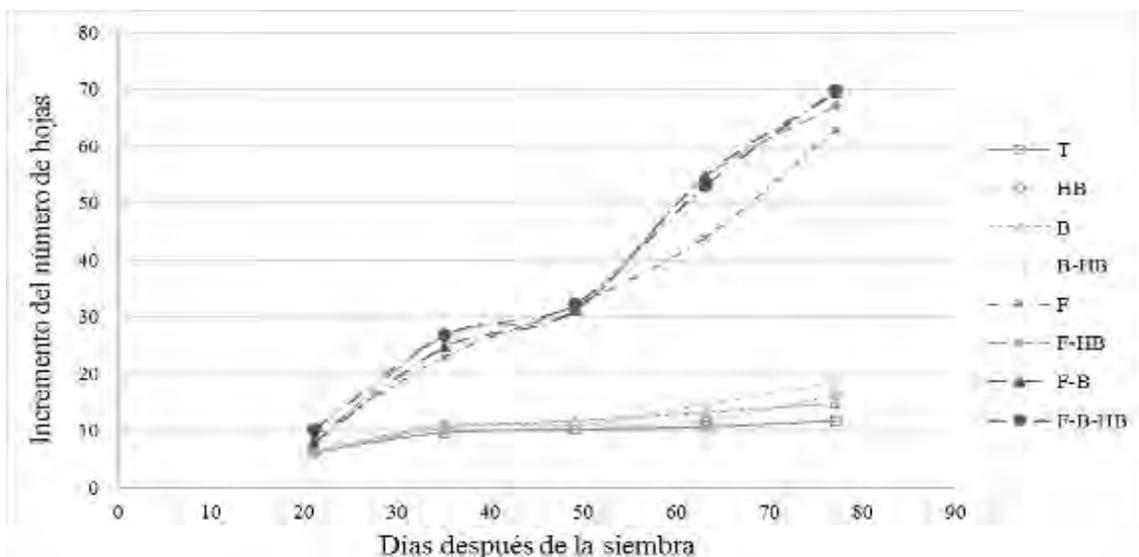


Figura 2. Número de hojas de Cedrela odorata evaluado durante 77 días después de la siembra.

La fertilización incidió en el crecimiento y desarrollo inicial de las plantas, el efecto de los macronutrientes (N-P-K) contenidos en la fórmula del fertilizante de lenta liberación se reflejó en la mayoría de las variables comparadas con el testigo el cual presentó un crecimiento mínimo. Para peso fresco de la parte aérea a los 21 días después de la siembra, hubo un efecto similar en todos los tratamientos. A los 35 días después de la siembra, se presentó una diferencia de los tratamientos con fertilizante. Los mejores tratamientos fueron aquellos en los que se utilizó fertilizante (Figura 3).

Las comparaciones de medias de Tukey a las once semanas mostraron diferencias en las medias para los tratamientos en los que se aplicó fertilizante para la variable peso fresco de la parte aérea siendo de 14.4571 g para los tratamientos con fertilizante y de 1.1177 g para los tratamientos sin fertilizante (datos no mostrados).

Los tratamientos que mostraron un mayor peso de la parte aérea a los 77 días después de la siembra fueron fertilizante con 17.068 g y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 14.410 g. A diferencia de los tratamientos testigo y hongos benéficos que presentaron 1.1660 g y 0.8187 g, respectivamente (Figura 3).

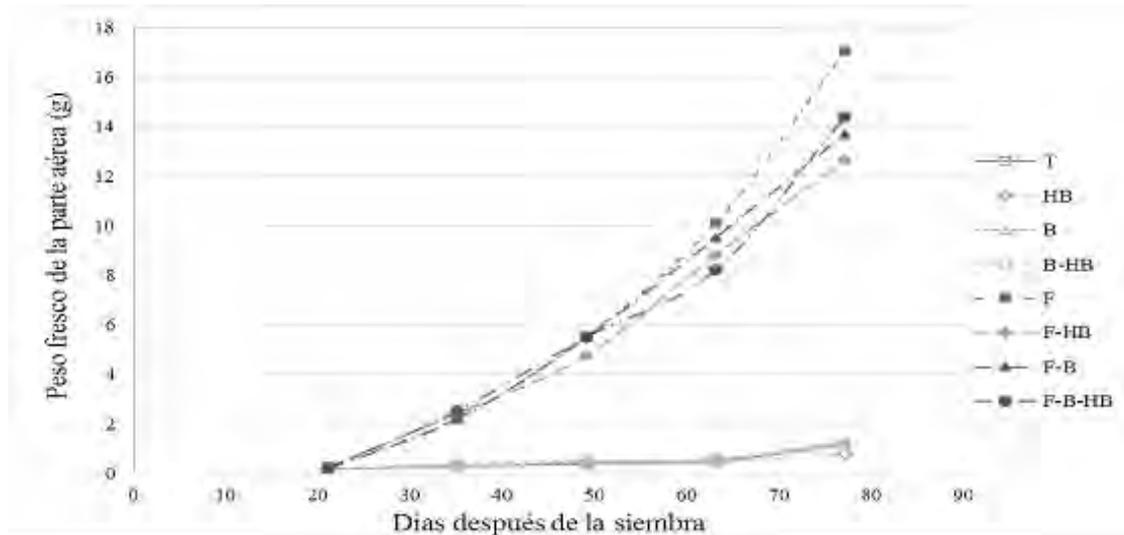


Figura 3. Peso fresco de la parte aérea de *Cedrela odorata* evaluado durante 77 días después de la siembra.

Los fertilizantes de lenta liberación presentan ventajas con respecto a los fertilizantes solubles, esto por la habilidad de proporcionar nutrientes en forma gradual a las plantas, por períodos de tiempo prolongados mediante una sola aplicación, lo cual reduce la probabilidad de causar toxicidad por sobredosis a las plantas y disminuye la pérdida por lixiviación (Escamilla et al., 2015).

Para el peso seco de la parte aérea se encontró que en los tratamientos con fertilizante hubo un mayor efecto, en contraste con los tratamientos sin fertilizante, siendo evidente la respuesta a partir de los 21 días después de la siembra. En los tratamientos en los que se empleó fertilizante en las primeras cuatro mediciones hubo cierta consistencia en el comportamiento de la variable evaluada. A partir de los 63 días después de la siembra los tratamientos: fertilizante-bioestimulantes y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos mostraron mejor respuesta (Figura 4).

Las comparaciones de medias de Tukey a las once semanas mostraron diferencias en las medias para los tratamientos en los que se aplicó fertilizante para la variable peso seco de la parte aérea siendo de 2.3786 g para los tratamientos con fertilizante y de 0.1557 g para los tratamientos sin fertilizante (datos no mostrados).

Los tratamientos que mostraron una mayor acumulación de peso seco en la parte aérea a los 77 días después de la siembra fueron: fertilizante-bioestimulantes con 2.718 g y fertilizante-

bioestimulantes-hongos benéficos con 2.659 g. A diferencia de los tratamientos: hongos benéficos y testigo que presentaron 0.1202 g y 0.1552 g, respectivamente (Figura 4).

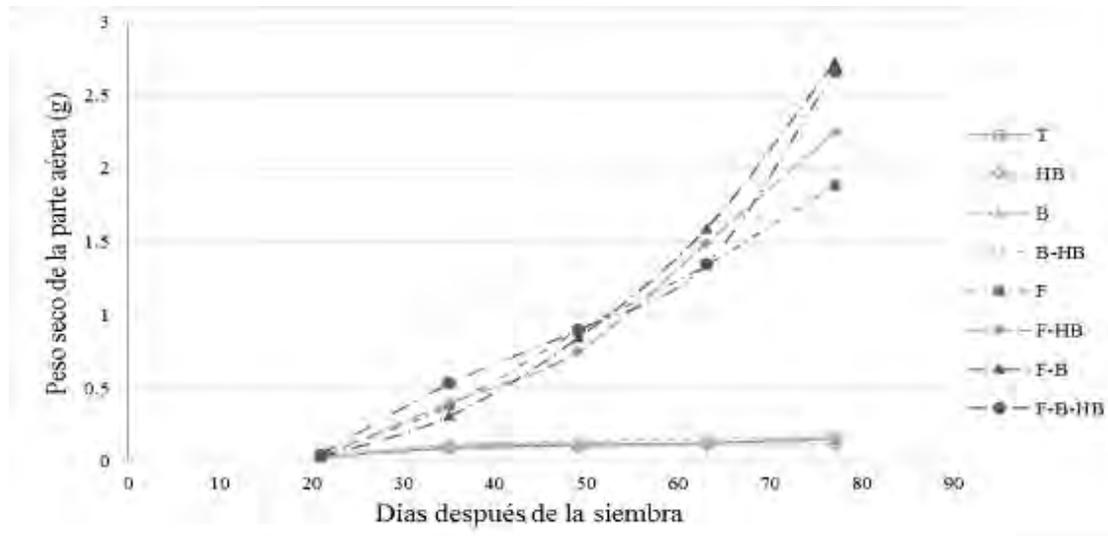


Figura 4. Peso seco de la parte aérea de *Cedrela odorata* evaluado durante 77 días después de la siembra.

El mayor crecimiento y aumento en las variables que constituyen la parte aérea de la planta de cedro fue con el fertilizante conjuntamente con los bioestimulantes, éstos últimos estimulan el crecimiento de planta. Algamix® es un bioestimulante del crecimiento y del desarrollo de las plantas, elaborado a partir de extractos naturales de algas marinas (*Aschophyllum nodosum*) rico en citocininas que promueven el desarrollo foliar, debido a su contenido en betaínas y oligosacarinas, y tiene un efecto fortificante mejorando la repuesta de defensa contra estrés hídrico, térmico o salino (LIDA, 2014). Por su parte, Calvo et al. (2014) afirman que los extractos de algas marinas son ricos en citoquininas y auxinas, involucradas en el crecimiento y la movilización de nutrientes de la parte vegetativa de la planta. Por otra parte, el efecto de *Trichoderma harzianum* fue mínimo en cuanto al crecimiento o longitud de planta, número de hojas, peso fresco y seco de la parte aérea, sin embargo, brindó protección en los tratamientos que no recibieron un manejo para prevenir enfermedades, actuando como biofungicida para el biocontrol contra el Damping off, que es un complejo de hongos (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phyitium*, *Phytophthora*) que dañan las raíces en estado de plántula (Cano, 2011).

Conclusiones

En la producción de planta de cedro rojo, se encontraron diferencias significativas para fertilizante con ($\alpha=0.01$) en las variables: número de hojas, longitud, peso fresco y seco de la parte aérea. Las variables longitud y peso seco de la parte aérea presentaron mayor crecimiento e incremento con el tratamiento fertilizante-bioestimulantes con 50.75 cm y 2.718 g, respectivamente. Los tratamientos que presentaron el mayor peso fresco de la parte aérea fueron fertilizante con 17.068 g y fertilizante-bioestimulante-hongos benéficos con 14.410 g. Para el número de hojas, los tratamientos fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 69.75 y fertilizantes-bioestimulantes con 69.25 fueron los que presentaron mayor desarrollo foliar.

Literatura citada

- Calvo, P., Nelson, L. and W. Kloepper J. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 383(1-2):3-41.
- Cano, M. A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 14(2):15-31.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR S.A. México, D.F. 390 p.
- Escamilla-Hernández, N., J. J. Obrador-Olán, E. Carrillo-Ávila y D. J. Palma-López. 2015. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(3):329-333.
- LIDA, 2014. <http://www.lidaplantresearch.com/es/productos/plant-biostimulants/s1fp2i1> (consultado el 27 de mayo de 2016).
- Mateo-Sánchez, J. J., R. Bonifacio-Vázquez, S. R. Pérez- Ríos, J. Capulín-Grande y L. Mohedano-Caballero. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. *Ra Ximhai* 7(2):195-204.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán, 2005. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. 3a ed. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 523 p.
- Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. FAO, DANIDA. Estudio FAO Montes 20/2. Roma, Italia. 502 p.

EVALUACIÓN DE LOS BROTES EN ESTACAS DE TILA (*Tilia americana* var. *mexicana* (Schltdl.) Hardin) COMO INDICADOR DE ENRAIZAMIENTO

Christian Ivan Santes Almaraz^{293*} y Jose Luis López Ayala²⁹³

Resumen

El bosque mesófilo de montaña presenta una gran diversidad de especies que se encuentran en la NOM 059-2009 en categorías amenazadas, en peligro de extinción y protección especial, y ocupan el 1% de superficie en el país. En la región de Zongolica, el árbol de Tilo (*Tilia americana* var. *mexicana*, Tiliaceae) es una especie endémica de este ecosistema, en riesgo por el uso irracional de sus hojas y madera. Por tal motivo se evaluó el comportamiento de brotes de estacas de la especie, como indicador de enraizamiento de éstas en el vivero forestal del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz. Se instaló un microtúnel con una cama de enraizamiento donde se establecieron 354 estacas bajo un diseño de parcelas divididas (bloque árbol, subparcelas tratamientos). Los tratamientos fueron T1 (testigo), T2 (enraizador Radix 1500 ppm) y T3 (enraizador Raizone Plus). Las variables medidas a los 234 días de establecido el experimento fueron el número de rebrotes (NR), número de hojas (NH), diámetro de rebrotes (DR), altura de rebrotes (AR), ancho de hoja (AH) y largo de hoja (LH). Los análisis estadísticos realizados fueron la Medida resumen, ANOVA bajo parcelas divididas y comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.10$) con el programa estadístico InfoStat versión 2014. Los resultados no mostraron diferencias significativas en las variables medidas con excepción del ancho y largo de hojas, en la fuente de variación de árbol. La comparación de medias observó como el mejor tratamiento para DR, T1 (0.34 cm), mientras que para AH y LH fue T2 (Radix 1500 ppm) con 6.51 cm y 12.66 cm, respectivamente. Se concluye que una interacción entre colecta de estacas de árboles jóvenes y aplicación de Radix a 1500 ppm genera hojas más anchas y largas para una mejor eficiencia fotosintética y por ende un sistema fisiológico funcional raíz-tallo-hojas en las estacas indicando la presencia de raíces.

Palabras clave: *Tilia americana* var. *mexicana*, enraizamiento de estacas, brotes en estacas

²⁹³ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Ingeniería Forestal. 136w0357@itszongolica.edu.mx.

Introducción

El bosque mesófilo de montaña (BMM) presenta una gran diversidad de especies que se encuentran en la NOM 059-2009 en categorías de amenazadas, en peligro de extinción y protección especial, y ocupa el 1% de superficie en el país. No obstante, las actividades que el hombre realiza en busca de tener una calidad de vida estable lo amenaza porque no se toma en cuenta el desplazamiento o la desaparición de especies nativas y la disminución de productos y servicios que éstas generan. El árbol de Tilo (*Tilia americana* var. *mexicana*, Tiliaceae) es una especie que se encuentra en peligro extinción para la flora mexicana, forma parte del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña. Es un árbol de tallo recto que alcanza alrededor de 28 m de altura y es endémica de México (Pennington y Sarukhán, 1998), ocasionalmente se asocia al bosque de *Quercus* sp. y bosque de *Pinus* sp. entre los 1300 y los 2400 m, con selva tropical caducifolia y subcaducifolia, se desarrolla en suelos de tipo Andosol y Litosol. En particular esta especie se utiliza principalmente para fabricar muebles, artesanías e instrumentos musicales. Las flores y las hojas se utilizan como productos medicinales lo que ha provocado una explotación irracional de este recurso, ya que el corte de las flores incide en la muerte de los individuos (Avilés 2008; Acosta 2011; Muñoz et al., 2011). Debido a la importancia cultural y ecológica que presenta esta especie para los pobladores, es necesario asegurar su presencia en poblaciones naturales o inducidas mediante métodos de reproducción efectivos que garanticen su conservación y así mismo su aprovechamiento sustentable. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue el de reproducir asexualmente a la especie de *T. americana* mediante enraizamiento de estacas, presentando la evaluación del comportamiento de brotes a los 234 días en el vivero forestal del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz.

Materiales y métodos

El experimento de enraizamiento de estacas se realizó el 08 de noviembre de 2016 utilizando la metodología aplicada por Abraján (2011). Primero se construyó una cama de enraizamiento con dimensiones de 8 m x 1 m x 0.40 m en largo, ancho y alto respectivamente, fabricada con tabicón gris apilado. La cual se llenó con tres capas de sustrato: 5 cm de grava, 20 cm de tierra negra y 10 cm de Peat Moss. A esta cama se le adaptó un microtúnel de estructura metálica semicircular con dimensiones de 6 m x 3 m x 2 m en largo, ancho y alto, respectivamente. Se forró con plástico de tipo Sarán translúcido, calibre medio para aumentar 2°C el ambiente interior y generar la humedad requerida (80% C.H.). La colecta de estacas se obtuvo de tres árboles previamente seleccionados, las

estacas cortadas con un grosor de 1 a 3 cm y de 25 a 30 cm de longitud. En total se obtuvieron 354 estacas, mismas que se agruparon en paquetes de 10, etiquetadas con la clave del árbol y número de colecta, se les aplicó un antioxidante y se trasladaron al área del microtúnel en contenedores plástico completamente cerrados para evitar su deshidratación. La siembra de estacas se hizo bajo un diseño de bloques en parcelas divididas, en donde la parcela grande la constituyó el árbol y la subparcela los tratamientos enraizadores empleados: T1, testigo; T2, Radix 1500 ppm (Ácido Indolbutírico, AIB); T3, Raizone Plus (AIB y Alfañafilacemida:ANA). La base de la estaca aproximadamente a 5 cm, se sumergió en el tratamiento, sacudiendo el exceso del enraizador, sembrándola posteriormente. A partir de ese momento, se realizaron riegos por goteo cada tercer día, con una duración aproximada de 10 minutos. Las variables registradas y analizadas fueron el número de rebrotes (NR), número de hojas (NH), diámetro de rebrotes (DR), altura de rebrotes (AR), ancho de hoja (AH) y largo de hoja (LH) empleando para ello un vernier digital y una regla graduada de 50 cm. Los análisis estadísticos realizados fueron la medida resumen, análisis de varianza bajo parcelas divididas y comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.10$) con el programa estadístico InfoStat versión 2014.

Resultados y discusión

Los resultados se presentan en el Cuadro 1, donde se puede observar que no hubo diferencias significativas en las variables medidas, con excepción del ancho y largo de hojas (AH, LH) en relación con el árbol.

Cuadro 1. Nivel de significancia del análisis de varianza para las variables de estudio del experimento de enraizamiento de estacas de *Tilia americana* var. mexicana

Fuente de variación	NR	NH	DR	AR	AH	LH
Tratamiento	0.9502	0.1323	0.0642*	0.3155	0.1016	0.3243
Árbol	0.282	0.9136	0.0767	0.5472	0.0489*	0.0001**

Significativo $p < 0.01$; altamente significativo $p < 0.0001$. NR: número de rebrotes, NH: número de hojas, DR: diámetro de rebrotes, AR: altura de rebrotes, AH: ancho de hoja, LH: largo de hoja.

Esto se debe a que independientemente del tratamiento aplicado, las estacas al crear el sistema raíz-tallo-hojas generaron sucesivamente, un número de rebrotes similares que se fueron alargando según su orden de aparición, encontrando diámetros y alturas de rebrotes pequeños, medios y altos en las estacas de los tres árboles empleados (Cuadro 2), logrando así una expresión fisiológica funcional (Mesen, 1998). La AH y LH representan la expresión genética inherente a los árboles ya que a pesar de haberlos seleccionados sanos y vigorosos

posiblemente no hayan sido de la misma edad (Figuras 2 y 3). La presencia de hojas juveniles con mayores dimensiones son un indicador de células con mejor eficiencia fotosintética y tasa de división celular (Zobel y Talbert, 1992) por lo que posiblemente las estacas empleadas de uno de los árboles provengan de un individuo más joven.

Cuadro 2. Valores máximos y mínimos de altura de rebrote (AR) de las estacas de *Tilia americana* var. mexicana a los 234 días de establecidas.

Variable	Tratamiento	n	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Altura de rebrote	T1A1	57	7	85
	T1A2	11	4	67
	T1A3	44	3	69
	T2A1	62	3	81
	T2A2	6	18	42
	T2A3	39	1	101
	T3A1	32	3	69
	T3A2	30	5	72

En la Figura 1 se observa que el tratamiento que tuvo mayor grosor en sus brotes fue el T3, cuyo enraizador corresponde al Raizone Plus, seguido del T2 (Radix) y evidentemente diferente del testigo T1. Sin embargo, el tratamiento T2 (Radix 1500 ppm) presentó el desarrollo de hojas en los brotes más altos (AH: 6.51 cm; LH: 12.66 cm).

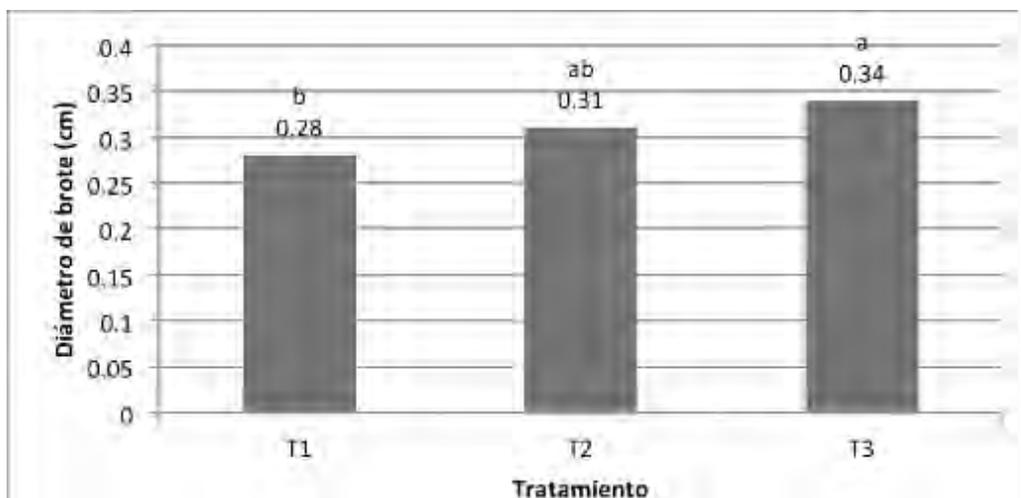


Figura 1. Valores medios del diámetro de brote (DR) en estacas de *Tilia americana* var. mexicana a los 234 días de establecidas. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.10$).

Esto indica que la concentración sólo de AIB inició más que la combinación de AIB y ANA que contiene el Raizone Plus, conclusión parecida a la obtenida por Giraldo et al. (2009) al emplear dos diferentes enraizadores en tres especies forestales, además posiblemente

también a una interacción del enraizador con el genotipo joven del árbol empleado, generando una pauta para colecta de estacas para mejores resultados con esta especie (Muñoz et al. 2011). Las Figuras 2 y 3 muestran que el mejor tratamiento fue el T2.

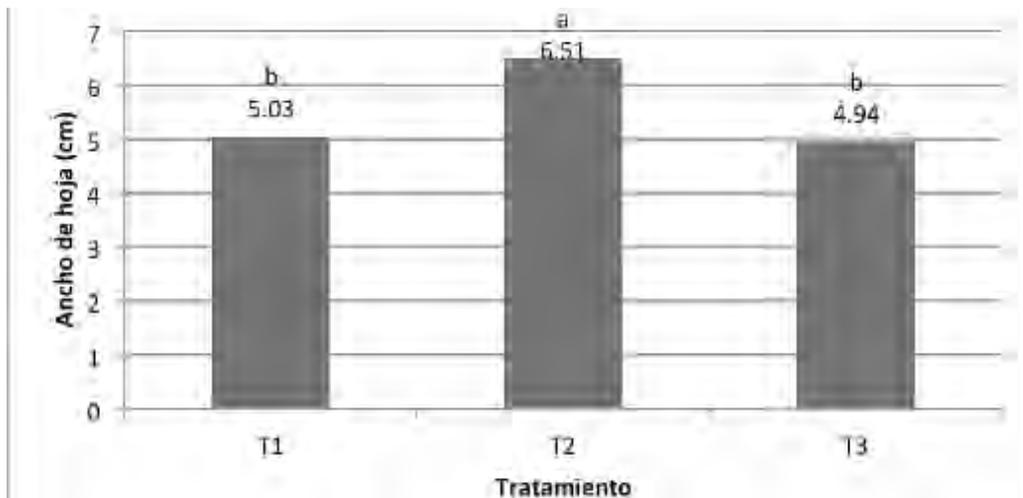


Figura 2. Valores medios del ancho de hoja (AH) en estacas de *Tilia americana* var. mexicana a los 234 días de establecidas. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.10$).

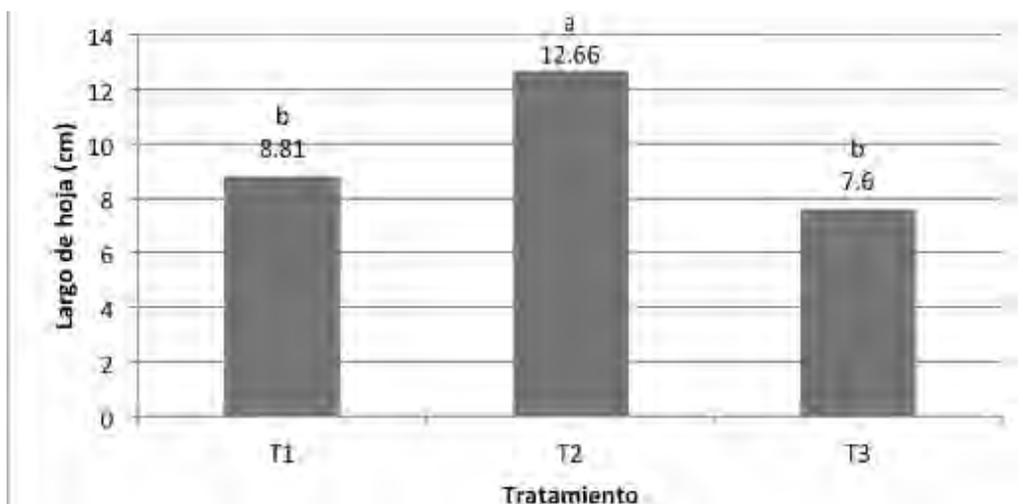


Figura 3. Valores medios del largo de hoja (LH) en estacas de *Tilia americana* var. mexicana a los 234 días de establecidas. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.10$).

Conclusiones

Se observó que no hubo diferencias significativas entre las siguientes variables: número de rebrotes, número de hojas y altura de rebrote, sin embargo, para ancho de hoja y largo de hoja, si existió una diferencia, siendo mayor el tratamiento 2 (Radix 1500 ppm) con el árbol 2

indicando una mejor eficiencia fotosintética y por ende un sistema fisiológico funcional raíz-tallo-hojas en las estacas con alta posibilidad de raíces formadas.

Literatura citada

Abraján, U. A. 2011. Conservación de genotipos de un ensayo de procedencias de *Cordia alliodora* mediante enraizamiento de estacas con AIB al 1.6%. Tesis de Licenciatura. Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Zongolica, Veracruz. 80 p.

Acosta, L. 2011. Evaluación de la actividad asiolítica de extractos orgánicos de *Tilia americana* var. mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 145 p.

Avilés, D. 2008. Efecto antidepresivo y caracterización química de extractos de hojas de plantas silvestres y cultivadas en condiciones de invernadero de *Tilia americana* var. mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 78 p.

Giraldo, L. A., H. Fabio, y M. F. Polanco. 2009. Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 1(1):41-47.

Mesen, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores sub-irrigación. Manual Técnico No. 30. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyectos de semillas forestales. Turrialba, Costa Rica. IICA/CATIE. p. 2-23.

Muñoz, F. H. J., G. Orozco G., J. García M., V. M Coria, A. Salgado G. R., y M. del R Santiago, S. 2011. Épocas de colecta y tratamientos para enraizamiento de estacas de cirimo (*Tilia mexicana* Schlecht). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(3):13-24.

Pennington, T. D. y J. Sarukhán K., 1998. Árboles Tropicales de México: Manual para la Identificación de las Principales Especies. Texto Científico Universitario. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México, D.F. 521 p.

Zobel, B. y J. Talbert 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. LIMUSA. D. F., México. 545 p.

INOCULACIÓN DE UNA ESPECIE FORESTAL CON SUELO DE BOSQUE, CRECIENDO EN DOS TIPOS DE SUSTRATOS

Karina Ramírez-Razo²⁹⁴, Jesús Pérez-Moreno²⁹⁴, Magdalena Martínez-Reyes²⁹⁴ Juan José Almaráz-Suárez²⁹⁴, Patricio Sánchez Guzmán²⁹⁴ y Javier Suárez Espinosa²⁹⁴

Resumen

Abies religiosa (Kunth) Schlitd et. Cham. (oyamel) se distribuye en bosques templados de México, entre 2800 y 3500 msnm. Sin embargo, los bosques de esta especie han sido explotados por actividades antropogénicas. Para resolver este problema se llevan a cabo reforestaciones que no siempre son exitosas, por lo que se requiere la inoculación con hongos ectomicorrízicos. En la presente investigación se evaluó *A. religiosa* en dos sustratos, el primero elaborado con aserrín y composta; y el segundo fue generado con corteza, suelo forestal y arena. Las plantas que se encontraban en los sustratos fueron inoculadas con el suelo de las raíces micorrizadas de oyamel proveniente del bosque. Por cada sustrato se tuvo un testigo. El tipo de experimento considerado fue de dos factores en un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Después de 15 meses, se analizó el crecimiento de las plantas, la colonización y la riqueza micorrízica. Se caracterizaron 2 morfotipos ectomicorrízicos en los dos sustratos. Los porcentajes de micorrización fueron altos en plantas con el sustrato con aserrín y el sustrato de arena, con promedios de 75.28% y de 80.62%, respectivamente. La altura de las plantas se incrementó en los tratamientos con inóculo de raíces de oyamel. No obstante, el diámetro del tallo no fue estadísticamente diferente entre tratamientos al compararlo con el tipo de sustrato, el inóculo o la combinación de ambos. Este trabajo demostró que, a pesar de que las propiedades físicas y químicas de cada sustrato son distintas, se obtuvo la misma riqueza de morfotipos ECM y su colonización no fue estadísticamente diferente en *Abies religiosa*, pero, cuando se empleó el inóculo micorrízico de oyamel se incrementó la altura de las plantas.

Palabras clave: ectomicorriza, porcentaje de micorrización, *Abies religiosa*

²⁹⁴ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. ramirez.karina@colpos.mx.

Introducción

En 1951, la población humana mundial era de 2 540 703 539 habitantes. En el 2016, se registraron 7 425 238 310 personas en el mundo (Country meters, 2016). En México, se contabilizaron 119 530 753 habitantes en el 2015 (INEGI, 2017). Según la ONU (2016), la población mundial crecerá en el 2050 a 9.700 billones de personas y para el 2100 se estima que será de 11.200 billones. A medida que la población humana ha ido aumentando de manera exponencial, también se ha incrementado la demanda por los espacios habitacionales y las necesidades de alimento y vestido, entre otras. Las actividades antropogénicas han provocado una tasa de deforestación acelerada en los bosques (Romero y Velázquez-Montes, 1999).

En el 2007 existían 131,906 ha arboladas, de las cuales 37,500 pertenecían al Distrito Federal y 93,906 al Estado de México (INECC, 2015). En el 2007, la tasa de deforestación anual para Estado de México fue de 651 mil ha y de 500 mil ha para el Distrito Federal (INECC, 2015). Para revertir la deforestación cada año se plantan cerca de 2.5 millones de árboles en la zona conurbada de la Ciudad de México (SMA-GDF, 2010), no obstante, existe una alta tasa de mortalidad en el campo.

Las reforestaciones no siempre son exitosas por diversos factores como la selección inadecuada de las especies, la baja calidad de las plantas propagadas en vivero, el momento en el que se realiza la plantación (ausencia de lluvia), el escaso conocimiento que se tiene de las asociaciones micorrízicas con especies arbóreas nativas, la escasa disponibilidad de propágulos ectomicorrízicos, la micorrización inadecuada y la baja sobrevivencia de los simbiontes fúngicos en campo (Leski et al., 2010). Conocer qué especies de hongos micorrízicos nativos se pueden utilizar como inóculos en las plántulas, puede mejorar la supervivencia de las plantaciones forestales de 25 a 100% (Isla-Bauer, 2004).

En esta simbiosis los hongos pueden producir grandes cantidades de hifas extra e intrarradicales que tienen la capacidad de liberar nutrientes del suelo por la producción de enzimas involucradas en la mineralización de la materia orgánica (Smith y Read, 1997). Las hifas extrarradicales pueden extenderse por más de 8 km de la superficie de la raíz para penetrar por microfracturas (Egerton-Warburton et al., 2003). Los minerales pueden solubilizarse cuando las hifas de los hongos reducen el pH de la rizosfera ó exudan ácidos orgánicos (oxálico, cítrico y fórmico), formando compuestos con los metales y disolverlos (Kouassi et. al., 2016). Wallander (2000) ha mencionado que los hongos pueden establecer una relación de simbiosis con algunas bacterias que se encuentran en la rizosfera para adquirir nutrientes de los minerales y, posteriormente, transferirlos a la planta. Los nutrientes que le proporciona el hongo a la planta son P, N (en forma de

NH_4^+ y NO_3^-) y K. Los nutrientes y el agua pueden ser transferidos de una planta hospedera a otra. También aumentan la producción de fitohormonas (auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno), calidad foliar y protección contra patógenos como hongos del suelo o nemátodos (Rincón et al., 2001). Las plantas micorrizadas toleran mejor las situaciones extremas, como los suelos con un pH muy ácido o muy básico y la contaminación por metales pesados (Smith y Read, 1997; Kim et al., 2003). Las plantas a cambio proporcionan entre 10 y 20% de los fotosintatos netos (productos químicos de la fotosíntesis), carbohidratos, vitaminas, aminoácidos, nucleótidos, aldehídos, fenoles, esteroides y terpenoides producidos para la formación, mantenimiento y función de las estructuras micorrízicas (Smith y Read, 1997). La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar especies de hongos ectomicorrízicos como inóculos y la influencia que de éstos sobre el crecimiento de *Abies religiosa* en dos tipos de sustratos.

Materiales y métodos

Se estableció un bioensayo en el invernadero de micorrizas, perteneciente al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México. Se realizaron 4 tratamientos, los cuales se dividieron en 2 que presentaban el sustrato 1 (S1= con corteza, tierra y arena) y, los otros 2, que contenían el sustrato 2 (S2= con aserrín y composta). Las características físicas y químicas de los dos sustratos fueron evaluadas de acuerdo a Van Reeuwijk (1999). De los 2 tratamientos con el S1, uno se seleccionó para agregarle el inóculo del suelo de las raíces micorrizadas de *A. religiosa* obtenido del bosque Tláloc, mientras que el otro tratamiento quedó como testigo. De la misma manera se prosiguió con los tratamientos del S2, a uno se le añadió inóculo de las raíces de oyamel y el otro fue el testigo. Por ello, en marzo de 2016, se sembró una semilla de *A. religiosa* por tubete, constando de tres repeticiones por tratamiento. El experimento considerado fue de dos factores en un diseño experimental completamente al azar, siendo el primer factor el tipo de sustrato y el segundo de si contenía o no inóculo.

Después, en mayo de 2017, se tomó la temperatura a los sustratos de los tratamientos con un termómetro HANNA, modelo HI 145. Además, se midió la altura de cada planta con una regla y el diámetro del tallo con un calibrador digital TRUPER, modelo CALDI-6MP. Posteriormente, se observaron las raíces de las plantas para determinar si estaban o no micorrizadas. El porcentaje de micorrización fue calculado como los ápices ectomicorrízicos activos (turgentes) entre el total de ápices y multiplicados por 100 (Münzenberger et al., 2004). Se limpiaron con agua los ápices micorrízicos y se caracterizaron en los microscopios

estereoscópico y óptico (Leica) con los métodos propuestos por Agerer (2006) y la clave de Ludwig-Maximilians (2017).

Se calcularon promedio, desviación estándar y error estándar con Excel (2016) para las variables de respuesta: altura de la planta, diámetro del tallo, porcentaje de micorrización y se graficó. Los resultados se analizaron con el programa estadístico SAS (version 9.0, 2002), y para comparar las medias de los tratamientos se obtuvo el ANOVA, la normalidad y la homogeneidad de varianzas ($p=0.05$).

Resultados y discusión

Una característica física evaluada fue la textura, la cual en el suelo que se empleó como inóculo y en los dos sustratos es franca (Cuadros 1 y 2); pero, según CONAFOR (2015), la textura que presentan los suelos de los bosques en donde crece el oyamel es limo-arenosa, arcillo-arenosa, arenosa. En tanto que, el pH de los sustratos y del inóculo de suelo que se utilizaron fue de 4.9 a 7.7 (Cuadros 1 y 2). La CONAFOR (2015) describe que los niveles de esta variable en los ecosistemas de *A. religiosa* van de 5-7. Por otro lado, la temperatura promedio que se registró, previa a la evaluación de las plantas de oyamel, fue de 26°C en los sustratos. Esta cifra es mayor que la que se describe la CONAFOR (2015) en los bosques de esta especie, ya que la temperatura media es de 7-15°C.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los Sustratos 1 y 2.

Características físicas			Características químicas		
Variable / Sitio	1	2	Variable / Sitio	1	2
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso	pH	5.9	7.7
% Arenas	76.2	74.2	% Nitrógeno total	0.085	0.127
% Limos	16	16	% Carbono orgánico total	4.48	7.28
% Arcillas	7.8	9.8	% Materia orgánica	7.72	12.55
Color (seco)	4/2 10YR	5/4 10YR	Fósforo Olsen (ppm)	0.737	46.234
Color (húmedo)	2/1 10YR	3/3 10YR	Sodio (Cmol(+) Kg ⁻¹)	1.199	2.778
Capacidad de Campo (% hg)	28	44	Potasio (Cmol(+) Kg ⁻¹)	0.59	10.626
Punto de marchitez permanente (% hg)	19	39	Calcio (Cmol(+) Kg ⁻¹)	8.715	18.777
			Magnesio (Cmol(+) Kg ⁻¹)	0.542	15.083
			Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol(+) Kg ⁻¹)	10.5	19.19

Cuadro 2. Características físicas y químicas del inóculo de las raíces de *Abies religiosa*.

Características físicas	Características químicas
Textura – franco	pH – 4.9
% Arenas – 49.8	% Nitrógeno inorgánico - 18.8
% Limos – 34.4	% Carbono orgánico total – 8.5
% Arcillas – 15.8	Fósforo disponible (ppm) – 6.2
	Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol(+) Kg-1) – 33.9

Al analizar los tratamientos, el diámetro del tallo de las plantas fue más alto en el sustrato que contenía corteza e inóculo de las raíces de *A. religiosa* (1.7 cm) (Figura 1A). Al comparar esta variable con los dos sustratos ($p=0.7211$), con los dos tipos de inóculo ($p= 0.8717$) y la combinación de ambos ($p= 0.55$) no hay diferencias estadísticamente significativas. El promedio de la altura de las plantas fue más elevado en el sustrato que presentaba corteza e inóculo de las raíces (7.8 cm) (Figura 1B). Existe evidencia estadística de que el inóculo sí influyó para que la altura fuera mayor ($p= 0.0042$). Por lo que se observaron las micorrizas que venían en las plantas.

El promedio del porcentaje de micorrización fue más alto en el sustrato que contenía corteza e inóculo de las raíces de *A. religiosa* (80.62%) (Figura 1C). Cuando se comparó esta variable con los dos sustratos ($p=0.8535$), con los dos tipos de inóculo ($p= 0.315$) y la combinación de ambos ($p= 0.8823$) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Durall et al. (2006) mencionan que al haber mayor humedad en el suelo se incrementa el porcentaje de micorrización. CONAFOR (2015) menciona que los suelos en donde se desarrolla *A. religiosa* se encuentran húmedos la mayor parte del año. En este caso, el sustrato 2 presenta una capacidad de campo de 44% hg, lo que propicia que requiera más agua que el sustrato 1 (Cuadro 1). Sin embargo, no hay diferencias significativas entre los sustratos. En cada tratamiento que se inoculó, se contabilizaron dos morfotipos ectomicorrízicos en las plantas de oyamel. El morfotipo 1 fue de coloración anaranjada con la parte superior amarilla. Forma recta o tortuosa. Tipo de ramificación tuberculada, dicotómica o pinada. El morfotipo 2 fue de coloración café, forma recta y tipo de ramificación tuberculada.

Se menciona que la riqueza ectomicorrízica es baja en plántulas y pocas especies de hongos son las que dominan el espacio o recurso disponible, lo que podría explicar la riqueza baja encontrada en este trabajo. En otros estudios, las variaciones en las características físicas y químicas de los suelos determinan la riqueza y el tipo de morfotipos que se encuentran asociados (Cavender-Bares et al., 2009; Twieg et al., 2009, Reverchon et al., 2010). Se conoce que la riqueza de especies está positivamente relacionada con el P disponible y con bajas concentraciones de N en el suelo (Twieg et al., 2009). Al analizar los sustratos 1 y 2 son

contrastantes, el sustrato 2 contiene mayores cantidades de N total, C orgánico, materia orgánica, P, Na, K, P, Ca, Mg, así como de capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 1). El porcentaje de materia orgánica en los sustratos 1 y 2 fue de 7.72 y 12.55, respectivamente (Cuadro 1). Sin embargo, estas cifras pueden incrementarse en los bosques de nuestro país hasta en un 70% (CONAFOR, 2015). En tanto que, el agua disponible a capacidad de campo es mejor en el sustrato 1 que en el sustrato 2.

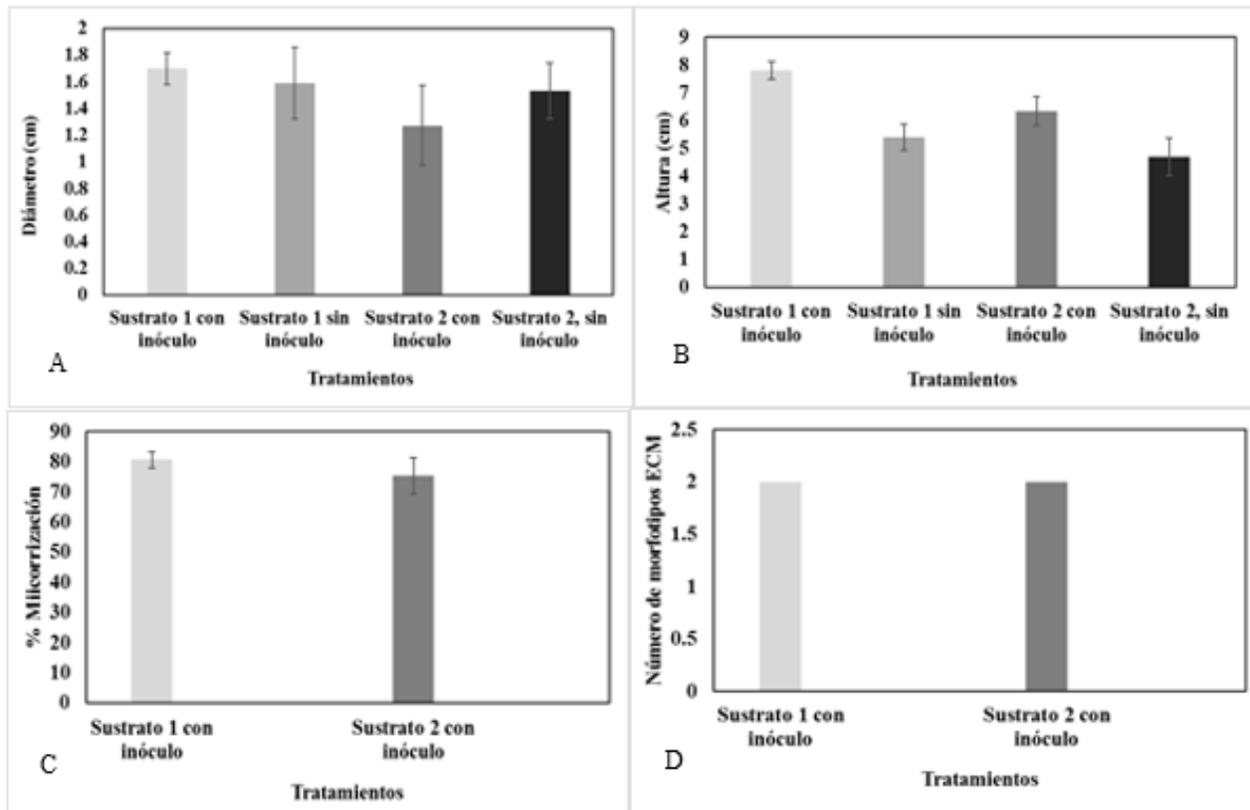


Figura 1 A-D. Variables de respuesta evaluadas en los brinzales de *A. religiosa* en dos sustratos. A. Promedio de diámetro del tallo. B. Promedio de altura. C. Promedio del porcentaje de micorrización. D. Número de morfotipos ectomicorrízicos.

En lo que respecta a las especies ectomicorrízicas, se sabe que es difícil su determinación tomando en cuenta únicamente las características morfológicas de los ápices (Kennedy, 2010). Para tener una mejor aproximación de las especies a las cuales corresponden los 2 morfotipos ECM registrados, es necesario realizar análisis anatómicos y moleculares que permitirían segregar taxones que no fueron separados por la caracterización morfológica.

Conclusiones

A pesar de que las propiedades físicas y químicas de cada sustrato fueron distintas, se obtuvo una riqueza de 2 morfotipos ECM y su colonización no fue estadísticamente diferente en las plantas de *A. religiosa*. Además, al emplear el inóculo micorrízico de *oymel* se incrementó la altura de las plantas.

Literatura citada

Agerer, R. 2006. Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. *Mycological Progress* 5(2):67-107.

Cavender-Bares, J., A. Izzo, R. Robinson and C. E. Lovelock. 2009. Changes in ectomycorrhizal community structure on two containerized oak hosts across an experimental hydrologic gradient. *Mycorrhiza* 19(3):133-142.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2015. Ficha Técnica de *Abies religiosa* (en línea). <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/873Abies%20religiosa.pdf>. [consultado el 20 de septiembre de 2015].

Country meters. 2016. Reloj de la población mundial. <http://countrymeters.info/es/World>. [consultado el 22 de abril de 2016].

Durall, D. M., S. Gamiet, S. W. Simard, L. Kudrna and S. M. Sakakibara. 2006. Effects of clearcut logging and tree species composition on the diversity and community composition of epigeous fruit bodies formed by ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany* 84(6):966-980.

Egerton-Warbuton, L. M, R. C. Graham and K. R. Hubbert. 2003. Spatial variability in mycorrhizal hyphae and nutrient and water availability in a soil-weathered bedrock profile. *Plant and Soil* 249(2):31-342.

Excel Microsoft Office Professional Plus. 2016. v. 2016. Washington, USA.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2015. Situación ambiental de la Zona Metropolitana del Valle de México. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/268/metro3.html#top> [consultado el 24 de septiembre de 2015].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Número de habitantes (en línea) <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P> [consultado el 30 de junio de 2017].

Isla-Bauer, M. L. 2004. Temas ambientales del siglo XXI. H. Ayuntamiento de Texcoco y del Colegio de Postgraduados. México, 14 p.

Kennedy, P. 2010. Ectomycorrhizal fungi and interspecific competition: species interactions, community structure, coexistence mechanisms, and future research directions. *New Phytologist* 187(4):895-910.

Kim, C. G., S. A. Power and J. N. Bell. 2003. Effects of cadmium on growth and glucose utilisation of ectomycorrhizal fungi in vitro. *Mycorrhiza* 13(4):223-226.

Kouassi, K. A., E. J. P. Kouadio, K. H. Konan, A. E. Due and L. P. Kouame. 2016. Phenolic compounds, organic acid and antioxidant activity of *Lactarius subsericatus*, *Cantharellus platyphyllus* and *Amanita rubescens*, three edible ectomycorrhizal mushrooms from center of Côte d'Ivoire. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry* 11(3):127-139.

Leski, T., A. Aucina, A. Skridaila, M. Pietras, E. Riepsas and M. Rudawska. 2010. Ectomycorrhizal community structure of different genotypes of Scots pine under forest nursery conditions. *Mycorrhiza* 20(7):473-481.

Ludwig-Maximilians. 2017. An Information System for Characterization and DEtermination of EctoMYcorrhizae (DEEMY) (en línea), Universidad München, Dept. Biologie I – Systematische Mykologie. <http://www.deemy.de/>. [consultado en marzo de 2017].

Münzenberger, B., J. Gollack, A. Ullrich, B. Schmincke and R. F. Hütti. 2004. Abundance, diversity and vitality of mycorrhizae of Scots pine (*Pinus silvestris*) in lignite recultivation sites. *Mycorrhiza* 14(3):193-202.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2016. Population Division (en línea). <http://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/DemographicProfiles/> [consultado el 23 de abril de 2016].

Reverchon, F., M. P. Ortega-Larrocea, J. Pérez-Moreno, V. M. Peña-Ramírez and C. Siebe. 2010. Changes in community structure of ectomycorrhizal fungi associated with *Pinus montezumae* across a volcanic soil chronosequence at Sierra Chichinautzin, Mexico. *Canadian Journal of Forest Research* 40(6):1165-1174.

Rincón, A., I. F. Álvarez and J. Pera. 2001. Inoculation of containerized *Pinus pinea* L. seedlings with seven ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 11(6):265-271.

Romero, F. J. y A. Velázquez-Montes. 1999. La región de montaña del sur de la cuenca de México: una revisión de su importancia biológica. En Velázquez-Montes A. y F. J. Romero (eds) Biodiversidad de la región de la montaña del sur de la cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico: UAM-Xochimilco-Semarnap, 80 y 230 p.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. Version 9.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.

Secretaría del Medio Ambiente (SMA) - Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2010. <http://www.sma.df.gob.mx/planverde/index.php?opcion=4&opcionsubmenus=2>. [consultado el 9 de septiembre de 2015].

Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. Mycorrhizal simbiosis. 2a ed. Academic Press, New York, USA. 4, 5, 163-181 p.

Twieg, B. D., D. M. Durall, S. W. Simard and M. D. Jones. 2009. Influence of soil nutrients on ectomycorrhizal communities in a chronosequence of mixed temperate forests. *Mycorrhiza* 19(5):305-316.

Van Reeuwijk L. P. (ed.). 1999. Procedimientos para Análisis de Suelos, version 1995. Gutiérrez C. M. del C., C. A. Tavares E. y C. A. Ortiz S. (trad.). 1a Ed., 1999. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 145 p.

Wallander, H. 2000. Uptake of P from apatite by *Pinus sylvestris* seedlings colonised by different ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 218(1):249-256.

GUÍA DE DENSIDAD Y SIMULACIÓN DE REGÍMENES DE ACLAREO PARA *Pinus patula*

Jesús Alberto Camacho Montoya²⁹⁵, Wenceslao Santiago García^{295*}, Gerardo Rodríguez Ortiz²⁹⁶ y
Pablo Martínez Antúnez²⁹⁵

Resumen

La realización del manejo forestal requiere herramientas cuantitativas para programar diversos tratamientos silviculturales. El manejo de la densidad es el factor clave para incidir en la productividad del rodal, al redistribuir el potencial de crecimiento entre los individuos remanentes. Este trabajo tuvo como objetivo generar un diagrama para el manejo de la densidad (DMD) con base en el índice de densidad relativa de Reineke (IDR), y ejemplificar regímenes de aclareos para *Pinus patula*. En el DMD se limitó la zona de crecimiento libre al 20% del IDR, la zona de crecimiento constante del 35 al 55% y el límite superior de la zona de mortalidad inminente en 100% del IDR. El diagrama de densidad permite simular regímenes de aclareos; y así, calcular la posibilidad maderable, con intensidades de corta variables, y el espaciamiento relativo entre los árboles remanentes. Se recomienda mantener al rodal en la zona III del DMD (zona de crecimiento constante) para lograr una ocupación plena del espacio de crecimiento y la optimización del rendimiento volumétrico. En la definición de los tratamientos silviculturales se deberá considerar el diámetro medio cuadrático y el número de árboles por hectárea, así como el tipo de productos al que esté destinado el arbolado a remover para satisfacer la demanda de los diversos productos maderables. Esta herramienta constituye un elemento clave para la planificación y realización del manejo forestal sostenible con miras a incrementar la producción maderable.

Palabras clave: aclareo, espaciamiento relativo, guía de densidad, intensidad de corta

Introducción

El manejo de la densidad es un factor clave para incidir en la productividad del rodal, al aplicar aclareos es posible liberar espacio de crecimiento y redistribuir el potencial de

²⁹⁵ Universidad de la Sierra Juárez. Instituto de Estudios Ambientales-División de Estudios de Postgrado.
wsantiago@unsij.edu.mx

²⁹⁶ Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación

crecimiento entre los individuos remanentes (Daniel et al., 1979; Smith et al., 1997), para ello se requieren herramientas cuantitativas que permitan programar diversos tratamientos silviculturales sobre las masas forestales; el manejo consiste en dirigir las hacia el logro de la estructura meta deseada. Una guía de densidad es una representación gráfica de la relación funcional densidad-tamaño, que permite evaluar los niveles de competencia y rangos de densidades sobre los cuales es posible mantener e incrementar la productividad forestal. Una guía tradicional basada en el índice de rodales de Reineke (1933) relaciona el número de árboles de un rodal coetáneo, puro y de densidad completa con respecto a un diámetro medio cuadrático de referencia (Rodríguez et al., 2009). Las guías de densidad representan un soporte para planificar diferentes opciones de manejo de la densidad, tal como la prescripción de aclareos (Hernández et al., 2013).

A través de diagramas y modelos de densidad se pueden determinar las intensidades de las cortas intermedias y finales para alcanzar objetivos de manejo (Newton, 1987; Chauchard et al., 1999). Al simular distintos regímenes de aclareos es posible tener una idea para aplicarlos; las guías de densidad son diagramas que incorporan variables como el diámetro medio cuadrático y el número de árboles por hectárea que tienen relativa sencillez de aplicación (Ernst y Knapp, 1985).

Al establecer aclareos en masas forestales se siguen los límites de las zonas de densidad de la teoría de Langsaeter en conjunto con el índice de rodales de Reineke (IDR), este último permite estimar para un rodal regular de una determinada especie, el número de árboles que habría en el mismo con un diámetro medio cuadrático de referencia (Chauchard et al., 1999), y en consecuencia, ubicar en que zona de crecimiento se encuentra un rodal en particular, para definir la necesidad de aplicar aclareos. Los objetivos de este trabajo fueron: i) construir un diagrama de manejo de la densidad (DMD) basado en el índice de rodales de Reineke para rodales de *Pinus patula* Schl. et Cham, en bosques de Ixtlán, Oaxaca, y ii) simular regímenes para el manejo de la densidad y cosecha final.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en rodales puros y coetáneos de *Pinus patula* del predio comunal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, localizados entre las coordenadas 17°18'16" a 17°34'00" LN y 96°31'38" a 96°20'00" LO, con altitudes que varían desde 2350 a 2960 m. El clima predominante es C (m) (w") b (i') g que corresponde a un clima templado húmedo con lluvias abundantes en verano, temperaturas entre 12 y 18°C, en la zona se pueden encontrar bosques de pino, pino-encino y encino (Rzedowski, 2006).

Construcción de la guía de densidad

La guía de densidad basada en el modelo de Reineke (1933) se construyó a partir de un modelo de regresión de frontera estocástica (RFE) tipo Half-normal (seminormal). Santiago-García et al. (2013) señalan que los modelos de regresión de frontera estiman los valores extremos de un conjunto de datos, en lugar de la media o los cuantiles de una función. En el método estocástico, la propia frontera es una variable aleatoria de tal manera que cada observación tiene su función frontera que se desvía de la función general.

El modelo de Reineke que se utilizó para estimar la línea del auto-aclareo con formulación de RFE tiene la estructura siguiente (Santiago-García et al., 2013):

$$\ln(Na) = \beta_0 + \beta_1 \times \ln(Dq) - u + v$$

La expresión para estimar el IDR de cualquier rodal en función del número de árboles ha^{-1} y su diámetro medio cuadrático (Dq), con relación al diámetro medio cuadrático de referencia

(Dqr) es: $IDR = Na \times \left(\frac{Dqr}{Dq}\right)^{-\beta_1}$, y para obtener el número de árboles de un IDR dado:

$$Na = IDR \times \left(\frac{Dq}{Dqr}\right)^{-\beta_1}.$$

Donde Na : número de árboles por hectárea, Dq : diámetro medio cuadrático (cm), Dqr : diámetro cuadrático de referencia (cm), \ln : logaritmo natural, β_i : parámetros a estimar, y u y v : términos de error en el modelo.

La definición de los límites de las zonas de crecimiento en el diagrama de densidad se basó en la teoría de Langsaeter (Daniel et al., 1979), definidas de acuerdo con los niveles de competencia respecto a cada fase de estado de la relación tamaño-densidad, sobre las cuales es posible manipular la densidad para promover el crecimiento de la masa remanente, dichas zonas son: zona de sub-aprovechamiento del sitio (I), zona de transición (II), zona de crecimiento constante (III) y zona de autoaclareo (competencia máxima) (IV). Al construir la guía, en primer término, se determinó la línea del autoaclareo de la forma más eficiente posible, y posteriormente, se definieron los porcentajes para delimitar las bandas de densidad (Santiago-García et al., 2013).

El diagrama para el manejo de la densidad permite representar las cuatro zonas de densidad, así como en los ejes principales el diámetro medio cuadrático (Dq) y el número de árboles por hectárea ($Na \text{ ha}^{-1}$), ésta presentación facilita el uso e interpretación porque es particularmente útil para la caracterización de la ocupación del sitio, además de ser independiente de la edad y la calidad del sitio (Curtis, 1982; Jack y Long, 1996).

Análisis estadístico

En el ajuste del modelo de regresión de frontera estocástica (RFE) se utilizó el software estadístico SAS/ETS 9.3® (SAS Institute Inc., 2011) con el procedimiento QLIM, en donde se especificó el modelo seminormal (half-normal) y el método de optimización Quasi-Newton para lograr la convergencia del modelo. Se hizo variar el valor del estimador del intercepto del modelo para hacer coincidir el valor estimado con el de la densidad máxima observada en el diámetro medio cuadrático respectivo ($Dq=7$ cm), para ello se utilizó el módulo de optimización Solver de Microsoft Excel® (2013). En la selección del modelo se consideró la significancia de los parámetros de intercepto y pendiente, así como los indicadores estadísticos: criterio de información de Akaike (AIC) y criterio de Schwarz (SchC). Las cuatro zonas de la guía de densidad se definieron de acuerdo con la teoría de Langsaeter, a partir de la estimación de la línea del autoaclareo.

Resultados y discusión

Guía de densidad

Para el modelo de Reineke con RFE, el número de árboles se obtuvo con la expresión siguiente: $\ln(Na) = 10.08842 - 0.70705 \ln(Dq)$, la no significancia de la varianza del modelo en σ_u^2 corresponde a la ineficiencia técnica de las observaciones, pero en general se obtuvo un ajuste satisfactorio del modelo con parámetros significativos en los términos de intercepto β_0 y pendiente β_1 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de los estimadores en parámetros y estadísticos de ajuste. Modelo de Reineke bajo RFE.

Método de ajuste	Parámetros	Estimación	Error estándar	Valor de t	Pr> t
RFE Half-normal	β_0	10.08429	0.54444	17.05	<.0001
	β_1	-0.70705	0.15636	-4.52	<.0001
	σ_v^2	0.40934	0.09764	4.19	<.0001
	σ_u^2	0.41335	0.26640	1.55	0.1208
	AIC	97.95341			
	SchC	106.71202			

RFE: regresión de frontera estocástica, β_i : parámetros estimados, σ^i : varianza constante (sigma cuadrada), AIC: criterio de información de Akaike y SchC: criterio de Schwarz.

En la construcción de la guía de densidad (Figura 1) se utilizó un diámetro medio cuadrático de referencia de 15 cm porque fue el promedio de los datos observados. Este aspecto fue

crucial para la delimitación de las bandas de densidad. Algunos autores como Drew y Flewelling (1977), Santiago-García et al. (2013) y Martínez y Quiñones (2015) delimitaron las cuatro zonas de crecimiento con diversos porcentajes y de acuerdo con esto, en este estudio la línea de densidad máxima o línea superior de autoaclareo se fijó en 100%, mientras que el límite inferior en 55%, el límite inferior de la zona de crecimiento constante se estableció en 35% y al 20% el límite superior de la zona de crecimiento libre. Las zonas de crecimiento se presentan en forma tabular en el Cuadro 2.

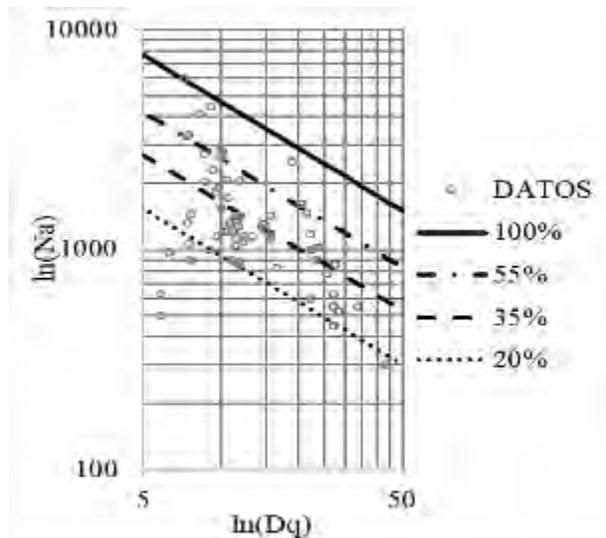


Figura 1. Guía de densidad para rodales de *Pinus patula* Schl. et Cham de Ixtlán de Juárez, Oaxaca.

Cuadro 2. Índices de densidad calculados con el modelo de Reineke para delimitar las zonas de competencia en la guía de densidad.

Dq (cm)	Densidad de árboles por clase de IDR (%)			
	100	55	35	20
5	7680	4224	2688	1536
10	4704	2587	1647	941
15	3532	1942	1236	706
20	2882	1585	1009	576
25	2461	1354	861	492
30	2163	1190	757	433
35	1940	1067	679	388
40	1765	971	618	353
45	1624	893	568	325
50	1508	829	528	302

Dq: diámetro medio cuadrático (cm), IDR: índice de rodales de Reineke.

La densidad máxima observada fue de 6050 árboles por hectárea (árboles ha⁻¹), el extremo inferior fue de 300, para el diámetro cuadrático de referencia (15 cm) se estimaron 3,532 árboles ha⁻¹ (IDR=100%) con lo que se puede mencionar que existe una amplia gama de condiciones de crecimiento y competencia en los rodales estudiados. De acuerdo con el modelo y el diagrama de densidad no es viable ejecutar aclareos por debajo de los 5 cm de diámetro medio cuadrático debido a que el desarrollo de la masa no ha alcanzado la competencia visible, cuando los aclareos se practican a edades tempranas, la madera extraída es de poco valor comercial, por ello no se deben realizar antes de éste diámetro medio cuadrático.

Simulación de regímenes de aclareo

Vincent et al. (2000) encontraron que una masa forestal responde bien a los aclareos fuertes en parcelas con un espaciamiento inicial promedio de 2.5×2.5 m (1,111 árboles ha⁻¹), al aplicar un 48% de intensidad de corta. En tanto que Kanninen et al. (2004) recomiendan eliminar entre el 40-60% del arbolado joven de malas condiciones generales en la ejecución del primer aclareo.

Al simular regímenes de aclareo se considera que se debe satisfacer el diámetro medio cuadrático suficiente para manejar al rodal en la zona de crecimiento máximo, es decir, del 35 al 55% del IDR. Con el uso del diagrama para el manejo de la densidad (DMD), se pueden dar múltiples sugerencias de manejo dependiendo de los objetivos de producción, en la Figura 2 se ejemplifica un escenario en una unidad mínima de manejo (umm) de 5 ha con una regeneración natural de 1900 árboles ha⁻¹ de 5 cm de Dq. Cuando la masa alcanza un Dq=15 se sitúa en el límite inferior de la zona IV del DMD, para reducir la competencia, se aplica un primer aclareo (1ACL) hasta dejar una masa residual de 1300 árboles ha⁻¹, posteriormente, la masa se va desarrollando hasta alcanzar 27 cm de Dq, por lo que se realiza un segundo aclareo (2ACL) con una intensidad de corta (IC%) del 34.6% ($IC\% = [(Na_1 - Na_2)/Na_1] \times 100$) para dejar 850 árboles ha⁻¹ con un espaciamiento relativo (ER) de 3.7 m, distribuidos de forma homogénea al tres bolillo. Al alcanzar los 45 cm de Dq la masa estaría lista para la cosecha final por medio de una corta total o matarrasa (MT). Para calcular la posibilidad maderable se estimó la altura total de los árboles para cada valor de Dq con el modelo alométrico altura-diámetro para *P. patula* generado por Jacinto-Salinas (2016): $AT = 79.90032[1 - \exp^{(-0.006068 \times Dn)}]^{0.673098}$. El volumen del fuste (VF) se obtuvo mediante la ecuación: $V = 0.000063 \times D^{1.632488} \times H^{1.237181}$ que propone Rodríguez-Justino (2017). La posibilidad quedó definida como: remoción (m³ ha⁻¹) × superficie umm (ha). En todos los

tratamientos se idealizó un espacio de crecimiento relativo (ER) con distribución al tres

$$\text{bolillo: } ER = \sqrt{\frac{\left(\frac{10000}{Na}\right) \times 2}{\sqrt{3}}} \quad (\text{Cuadro 3}).$$

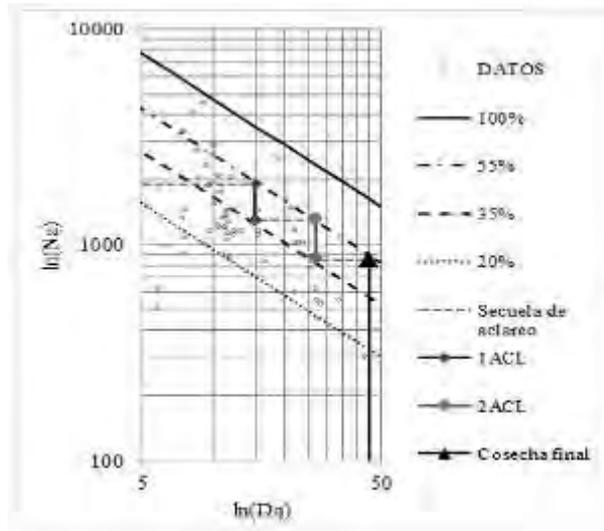


Figura 2. Ejemplo de una secuela con dos aclareos y corta total (matarrasa).

Cuadro 3. Simulación del cálculo de la posibilidad con dos aclareos y cosecha final a matarrasa.

NA	Dq (cm)	AT (m)	ER (m)	IDR (%)	VF (m ³)	VT (m ³ ha ⁻¹)	IC (%)	Tratamiento	Remoción (m ³ ha ⁻¹)	Posibilidad (m ³)
1900	5	7.5	2.5	24.7	0.0106	20.1	-	-	-	-
1900	15	15.4	2.5	53.8	0.1549	294.3	31.6	1ACL	93.0	464.9
1300	15	15.4	3.0	36.8	0.1549	201.3	-	-	-	-
1300	27	21.3	3.0	55.8	0.6035	784.6	34.6	2ACL	271.5	1357.4
850	27	21.3	3.7	36.5	0.6035	513.0	-	-	-	-
850	45	30.5	3.7	52.3	2.1591	1835.3	100.0	MT	1835.3	9176.3
0	0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0	-	-	-	-

Donde: NA: número de árboles ha⁻¹, Dq: diámetro medio cuadrático, AT: altura total individual, ER: espaciamento relativo, IDR: índice de rodales de Reineke, VF: volumen del fuste, VT: volumen total, IC: intensidad de corta, TRT: tratamiento silvícola. ACL: aclareo, MT: matarrasa.

Conclusiones

Los diagramas de densidad son herramientas básicas para el manejo de rodales coetáneos. Su implementación en rodales de *Pinus patula* Schl. et Cham de Ixtlán, Oaxaca; permitirá la

simulación de regímenes de aclareo y encontrar las mejores estrategias de manejo para optimizar el espacio de crecimiento, y por tanto, la redistribución del crecimiento de la masa forestal remanente; ésta herramienta es fundamental para la toma de decisiones al momento de proponer intensidades de corta en aclareos que preparen a la masa forestal para su cosecha final, la secuela de aclareos deberá ser específica para cada rodal, dependiendo de su diámetro medio cuadrático y el número de árboles por hectárea así como del tipo de productos al que esté destinado el arbolado a remover.

Literatura citada

Chauchard, L., R. Sbrancia, M. González, L. Maresca, y A. Rabino. 1999. Aplicación de las leyes fundamentales de la densidad a bosques de *Nothofagus*: I. regla de los $-3/2$ o ley del autorraleo. *Bosque* 20(2):79-94.

Curtis, R. O. 1982. A simple index of stand density for Douglas-fir. *For. Sc.* 27(1):92-94.

Daniel, T. W., J. A. Helms, and F. S. Baker. 1979. *Principles of Silviculture*. Second Edition. McGraw-Hill. New York, USA. 500 p.

Drew, T. J., and J. W. Flewelling. 1977. Some recent Japanese theories of yield–density relationships and their application to monterrey pine plantations. *Forest Science* 23(4):517–534.

Ernst, R. L. and W. H. Knapp. 1985. Forest stand density and stocking: concepts, terms, and the use of stocking guides. Forest Service, General Technical Report. 44:8.

Hernández R. J, J. J. M., García, J. H. F, Muñoz., X. C. García., T. R. Sáenz., C. L, Flores., A. R, Hernández. 2013. Guía de densidad para manejo de bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. et Cham. Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(19):62-77.

Jacinto-Salinas, A. H. 2016. Modelos alométricos para estimar altura de árboles en bosques de pino-encino de Ixtlán, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. 82 p.

Jack, S. B., and J. N. Long. 1996. Linkages between silviculture and ecology: an analysis of density management diagrams. *Forest Ecology and Management* 86(1):205-220.

Kanninen, M., L. D. Pérez, M. Montero and E. Viquez. 2004. Intensity and timing of the first thinning of plantations in Costa Rica: results of a thinning trial. *Forest Ecology and Management* 203(1):88-99.

- Martínez, S. M. y G. Quiñones B. 2015. Diagramas de manejo de la densidad con modelación de regresión de frontera estocástica para mezcla de especies de la UMAFOR 0807 Guacochi, Chihuahua. Folleto Técnico. Gobierno del estado de Chihuahua. Chihuahua, Chi. 52 p.
- Newton, P. F. 1987. Development of a stand density management model for pure Black Spruce Forests types within Central Newfoundland. I. Applicability of the Self -thinning Rule. Forest Service. Forest Growth Modeling and Prediction. General Technical Report. NC-120. 1:604-610.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. Journal of Agricultural Research 46(7):627-638.
- Rodríguez, L. R, Z. R. Razo, H. D. Díaz y R. J. Meza. 2009. Guía de densidad para *Pinus montezumae* en su área de distribución natural en el estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Fundación Produce Hidalgo. 33 p.
- Rodríguez-Justino, R. 2017. Sistemas compatibles de cubicación de árboles individuales para dos especies de interés comercial en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de maestría. Universidad de la Sierra Juárez. 106 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. CONABIO. México D. F. 504 p.
- Santiago-García, W., H. M. De los Santos-Posadas, G. Ángeles-Pérez, J. R. Valdez-Lazalde, D. H. Del Valle-Paniagua, y J. J. Corral-Rivas. 2013. Auto-aclareo y guías de densidad para *Pinus patula* mediante el enfoque de regresión de frontera estocástica. Agrociencia 47(1):75-89.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/ETS® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Smith, D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty and P. M. S. Ashton. 1997. The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology. John Wiley, Nueva York, E.U.A. 533 p.
- Vincent, L., A. Y. Moret y M. Jerez. 2000. Comparación de algunos regímenes de espesura en plantaciones de teca en el área experimental de la Reserva Forestal de Caparo, Venezuela. Revista Forestal Venezolana 44(2):87-95.

ECUACIONES DINÁMICAS. ALTURA DOMINANTE E ÍNDICE DE SITIO PARA *Pinus patula* Schiede ex Schlechtendal & Chamisso

Eloísa Pérez-López²⁹⁷, Wenceslao Santiago-García^{297*}, Gerónimo Quiñonez-Barraza²⁹⁸, Gerardo Rodríguez-Ortiz²⁹⁹ y Faustino Ruiz-Aquino²⁹⁷

Resumen

La productividad de las masas forestales se puede determinar numéricamente a través del índice de sitio, el cual es el resultado de la interacción de diferentes factores bióticos y abióticos que interactúan en el rodal, y se refleja en el valor de la altura dominante a una edad de referencia determinada. Esta estimación permite clasificar los rodales y planificar adecuadamente el manejo forestal. El objetivo de este estudio fue desarrollar familias de curvas de crecimiento dinámicas en altura dominante e índice de sitio para *Pinus patula* en bosques de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. La base de datos utilizada en el ajuste de los modelos correspondió a pares de datos de altura dominante-edad obtenidos de 80 sitios temporales de muestreo y de dos inventarios periódicos en 66 sitios permanentes de muestreo de 400 m², en una cronosecuencia. Con esta información se ajustaron los modelos de Schumacher, Korf, Hossfeld IV y Levakovic II en sus correspondientes expresiones anamórficas, polimórficas y de polimorfismo asintótico, con la metodología de diferencia algebraica (ADA) y diferencia algebraica generalizada (GADA). El ajuste de los modelos ADA se realizó de forma simultánea a través de regresión aparentemente no relacionada para lograr la compatibilidad total en los modelos de crecimiento. Todos los modelos arrojaron indicadores estadísticos satisfactorios, pero el modelo anamórfico de Schumacher resultó ser mejor bajo ADA, la trayectoria del modelo se apegó a los datos observados; en cuanto a la metodología GADA, el modelo de Levakovic II fue el mejor, porque representó fielmente la tendencia de los datos observados y permitió modelar una amplia variedad de condiciones de crecimiento. La ecuación propuesta para modelar el crecimiento en altura dominante e índice de sitio es una herramienta valiosa para estimar la productividad forestal y planificar el manejo en rodales coetáneos de *P. patula*.

²⁹⁷ Universidad de la Sierra Juárez. Instituto de Estudios Ambientales. Postgrado, wsantiago@unsij.edu.mx)

²⁹⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana.

²⁹⁹ Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. División de Estudios de Posgrado e Investigación.

Palabras clave: calidad de estación, diferencia algebraica generalizada, modelos de crecimiento

Introducción

Pinus patula Schiede ex Schlechtendal & Chamisso, es una especie endémica de México, se distribuye en los estados de Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz (Velázquez et al., 2004), y es una especie de interés maderable y comercial para la región de la Sierra Juárez, Oaxaca, debido a su abundancia relativa mayor (Castellanos-Bolaños et al., 2008). Por tanto, es necesario contar con herramientas biométricas que permitan determinar la productividad de las masas puras y coetáneas de esta especie, para determinar su aprovechamiento óptimo.

El estudio de la calidad de sitio permite conocer la dinámica y la capacidad productiva del bosque, dado que es la suma de todos los factores que afectan dicha capacidad y se compone fundamentalmente de los factores climáticos, fisiográficos, edáficos y biológicos (Benavides y Manzanilla, 1993; Spurr y Barnes, 1982).

Un indicador de la productividad sencillo y fácil de evaluar es la altura dominante, debido a que es una de las variables menos afectadas por cambios en la densidad y por tratamientos silviculturales intermedios; además, está estrechamente relacionada con el volumen total (Clutter et al., 1983). Esta variable se puede pronosticar con ecuaciones dinámicas, las cuales proyectan la altura dominante a un estado futuro en función de la edad y altura actuales. Estas ecuaciones se pueden obtener mediante la metodología de diferencia algebraica (ADA) (Bailey y Clutter, 1974) con la que se obtienen familias de curvas anamórficas o polimórficas; o a través de diferencia algebraica generalizada (GADA) (Cieszewski y Bailey, 2000), la cual da como resultado familias de curvas polimórficas con múltiples asíntotas. El objetivo de la presente investigación fue desarrollar ecuaciones dinámicas de crecimiento en altura dominante e índice de sitio bajo los enfoques de diferencia algebraica y diferencia algebraica generalizada, para masas coetáneas de *P. patula* localizadas en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en rodales de *P. patula* en bosques del predio comunal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. El área de estudio se localiza entre las coordenadas 17° 23' 0.50" y

17° 23' 0.58" LN y 96° 28' 45" y 96°28'53" LO, con una altitud media de 2,780 m. Los climas predominantes en la zona son templado subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 14 a 18 °C. Los grupos de suelo más comunes corresponden a acrisol, luvisol y cambisol. Los principales tipos de vegetación son los bosques de pino-encino (STF, 2015).

En el ajuste, se utilizaron pares de datos de altura dominante-edad procedentes de dos inventarios en 66 sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS) de 400 m², obtenidos durante el 2015 y 2016, dichos sitios cubren diferentes intervalos de densidad, calidad de sitio y edad de rodales puros y coetáneos. Conjuntamente se trabajó con datos de una red de 80 sitios temporales de muestreo.

Los enfoques considerados para modelar el crecimiento en altura dominante (Hd) e índice de sitio (IS) fueron diferencia algebraica (ADA) y diferencia algebraica generalizada (GADA); en general, una ecuación en diferencia algebraica tiene la forma: $Hd_2 = f(Hd_1, E_1, E_2, \beta)$, donde Hd₂ es el valor de la altura dominante a una edad E₂, Hd₁ es el valor de la misma variable a una edad E₁ y β es el vector de parámetros de regresión (Clutter et al., 1983; Diéguez-Aranda, 2005).

Las curvas anamórficas se obtuvieron al despejar de la ecuación de predicción (Hd₁) el parámetro del valor asintótico (β_0) y su expresión se sustituyó en la ecuación de proyección (Hd₂). Para generar la expresión de IS que permite calificar la productividad de los rodales, se sustituyó directamente IS en Hd₂, Hd en Hd₁, E_B en E₂, E en E₁ (E_B es la edad base o de referencia). En tanto que, para obtener la familia de curvas polimórficas, en la ecuación de predicción se despejó β_1 o β_2 y se realizó el mismo procedimiento descrito con anterioridad. Bajo este enfoque se ajustaron los modelos de Schumacher y Korf (Schumacher, 1939; Korf, 1939) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estructura de los modelos compatibles de altura dominante con formulación ADA.

Modelo de predicción	Modelos de proyección	
	Anamórfico	Polimórfico
Schumacher $Hd_1 = \beta_0 \cdot \exp(-\beta_1 \cdot E_1^{-1})$	$Hd_2 = Hd_1 \cdot \exp(-\beta_1 \cdot (E_2^{-1} - E_1^{-1}))$	$Hd_2 = \beta_0 \cdot \left(\frac{Hd_1}{\beta_0}\right)^{E_1/E_2}$
Korf $Hd_1 = \beta_0 \cdot \exp(-\beta_1 \cdot E_1^{-\beta_2})$	$Hd_2 = Hd_1 \cdot \exp(-\beta_1 \cdot (E_2^{-\beta_2} - E_1^{-\beta_2}))$	$Hd_2 = \beta_0 \cdot \left[\frac{Hd_1}{\beta_0}\right]^{\left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\beta_2}}$

E₁: edad inicial (años); E₂: edad de proyección (años); Hd₁ y Hd₂: altura dominante (m) a la edad E₁ y E₂; exp: función exponencial, y β_i : parámetros a estimar.

Con respecto al enfoque GADA, se procedió con la metodología de Cieszewski y Bailey (2000): se seleccionó una ecuación base y se identificaron los parámetros específicos del sitio; estos parámetros se expresaron como funciones de la calidad del sitio definida por la variable X (una variable independiente oculta que describe la productividad del sitio como resultado de las prácticas de manejo, las condiciones del suelo y los factores ecológicos y climáticos) y nuevos parámetros. A continuación, la ecuación base bidimensional seleccionada fue expandida a una ecuación explícita tridimensional; finalmente, se despejó el valor de X a partir de condiciones iniciales de la estación, es decir, de valores de partida de edad y altura, de forma que el modelo pudiera ser definido implícitamente y aplicable en la práctica (Quiñonez-Barraza et al., 2015a). Las ecuaciones ajustadas bajo esta metodología se derivaron de los modelos de Hossfeld IV y Levakovic II (Zeide, 1993; Levakovic, 1935) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura de los modelos compatibles de altura dominante con formulación GADA.

Modelo base	Parámetro relacionado al sitio	Ecuación dinámica
Hossfeld IV		
$Hd = \frac{E^{\alpha_3}}{\alpha_2 + \frac{E^{\alpha_3}}{\alpha_1}}$	$\alpha_2 = \frac{E_1^{\alpha_3} \cdot (\alpha_1 - Hd_1)}{Hd_1 \cdot \alpha_1}$	$Hd_2 = \frac{E_2^{\alpha_3}}{\frac{E_1^{\alpha_3} \cdot (\alpha_1 - Hd_1)}{Hd_1 \cdot \alpha_1} + \frac{E_2^{\alpha_3}}{\alpha_1}}$
Levakovic II		
$Hd = \alpha_1 \cdot \left(\frac{E}{\alpha_2 + E} \right)^{\alpha_3}$	$\alpha_2 = E_1 \cdot \left[-1 + \left(\frac{Hd_1}{\alpha_1} \right)^{\frac{-1}{\alpha_3}} \right]$	$Hd_2 = \alpha_1 \cdot \left[\frac{E_2}{E_1 \cdot \left[-1 + \left(\frac{Hd_1}{\alpha_1} \right)^{-1/\alpha_3} + E_2 \right]} \right]^{\alpha_3}$

Hd: altura dominante (m); E: edad (años); E₁: edad inicial (años); E₂: edad de proyección (años); Hd₁ y Hd₂: altura dominante (m) a la edad E₁ y E₂; y α: parámetros a estimar.

Cada ecuación de predicción fue ajustada de manera simultánea con su respectiva ecuación de proyección, mediante la técnica de regresión aparentemente no relacionada (SUR, por sus siglas en inglés) a través del procedimiento MODEL de SAS/ETS® 9.0 (SAS Institute Inc., 2002). El análisis gráfico se realizó con Microsoft Excel® 2013.

El análisis de la capacidad de ajuste de los modelos se basó en comparaciones numéricas y gráficas, para lo cual se calcularon: la suma de cuadrados del error (SCE), la raíz del error cuadrático medio (RECM), el coeficiente de determinación (R²), el coeficiente de determinación ajustado (R²-adj), el sesgo promedio absoluto (Ē) y el criterio de información de Akaike (AIC).

Resultados y discusión

Todos los modelos ajustados mostraron bondad de ajuste estadísticamente satisfactoria (Cuadros 3 y 4), al explicar 80.6 % (predicción) y 99.8 % (proyección) de la variación total observada en el crecimiento de la altura dominante, además la suma de cuadrados del error (SCE), la raíz del error cuadrático medio (RECM), sesgo promedio absoluto (\bar{E}) y errores estándar de los parámetros fueron reducidos, en todos los casos estos fueron significativos ($P < 0.0001$).

Cuadro 3. Estadísticas de bondad de ajuste de los modelos de predicción y proyección del crecimiento en altura dominante.

Modelo	Predicción						Proyección					
	SCE	RECM	R ²	R ² -adj	\bar{E}	AIC	SCE	RECM	R ²	R ² -adj	\bar{E}	AIC
Schumacher anamórfico	2171.5	3.877	0.809	0.809	0.580	398.14	31.3	0.464	0.997	0.997	0.168	-220.99
Schumacher polimórfico	2125.3	3.835	0.814	0.813	0.015	395.00	20.0	0.371	0.998	0.998	0.109	-286.12
Korf anamórfico	2197.7	3.907	0.807	0.806	0.138	401.89	23.1	0.399	0.998	0.998	0.129	-263.10
Korf polimórfico (β_1)	2174.2	3.886	0.809	0.808	0.002	400.32	18.5	0.357	0.998	0.998	0.122	-296.03
Hossfeld IV (GADA)	---	---	---	---	---	---	17.3	0.346	0.998	0.998	0.020	-307.71
Levakovic II (GADA)	---	---	---	---	---	---	16.6	0.339	0.998	0.998	0.020	-313.96

SCE: suma de cuadrados del error; RECM: raíz del error cuadrático medio; R²: coeficiente de determinación; R²-adj: coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros; \bar{E} : sesgo promedio absoluto; AIC: criterio de información de Akaike.

Cuadro 4. Parámetros estimados de los modelos de predicción y proyección del crecimiento en altura dominante.

Modelo		Estimación	Error estándar	P > t	Modelo		Estimación	Error estándar	P > t
Schumacher anamórfico	β_0	38.06546	0.648	<0.0001	Korf polimórfico (β_1)	β_0	45.72369	2.930	<0.0001
	β_1	10.92520	0.399	<0.0001		β_1	9.77407	1.074	<0.0001
Schumacher polimórfico	β_0	40.21405	0.806	<0.0001		β_2	0.83401	0.062	<0.0001
	β_1	12.97275	0.581	<0.0001	Hossfeld IV (GADA)	α_1	44.24021	2.468	<0.0001
Korf anamórfico	β_0	53.02022	4.714	<0.0001		α_3	1.61250	0.075	<0.0001
	β_1	7.38087	0.556	<0.0001	Levakovic II (GADA)	α_1	52.76080	3.130	<0.0001
	β_2	0.68057	0.056	<0.0001		α_3	3.10631	0.649	<0.0001

Los gráficos de residuales (Figura 1), indican un comportamiento homocedástico adecuado y sin falta de ajuste para los seis modelos considerados como candidatos.

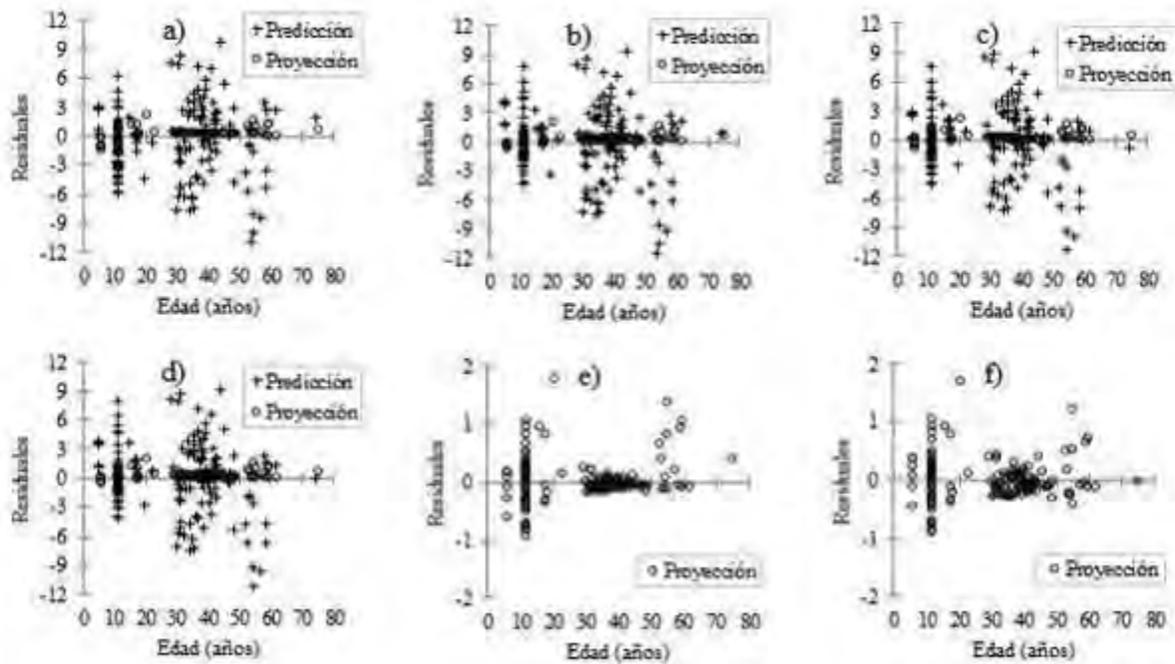


Figura 1. Gráficos de residuales de los seis modelos ajustados: a) y b) modelo de Schumacher anamórfico y polimórfico; c) y d) modelo de Korf anamórfico y polimórfico (β_1); e) y f) modelo de Hossfeld IV y Levakovic II con polimorfismo asintótico.

La ecuación polimórfica (β_1) derivada del modelo de Korf tuvo un comportamiento estadístico adecuado; sin embargo, la familia de curvas (Figura 2d) sobrestima el crecimiento en Hd de los rodales con IS de calidad mayor a edades tempranas, y subestiman dicho crecimiento en calidades de sitio pobres; lo mismo ocurre con el modelo polimórfico de Schumacher (Figura 2b), por tanto, la ecuación que describe adecuadamente el crecimiento en Hd bajo esta metodología corresponde a la expresión anamórfica de Schumacher. Esta tendencia la obtuvieron Hernández-Ramos et al. (2014; 2015) al emplear el modelo de Schumacher en plantaciones de *Pinus greggii* Engelm y bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en Hidalgo, y concluyeron que la familia de curvas anamórficas derivadas de este modelo representan con fidelidad mayor el intervalo de dispersión de los datos utilizados.

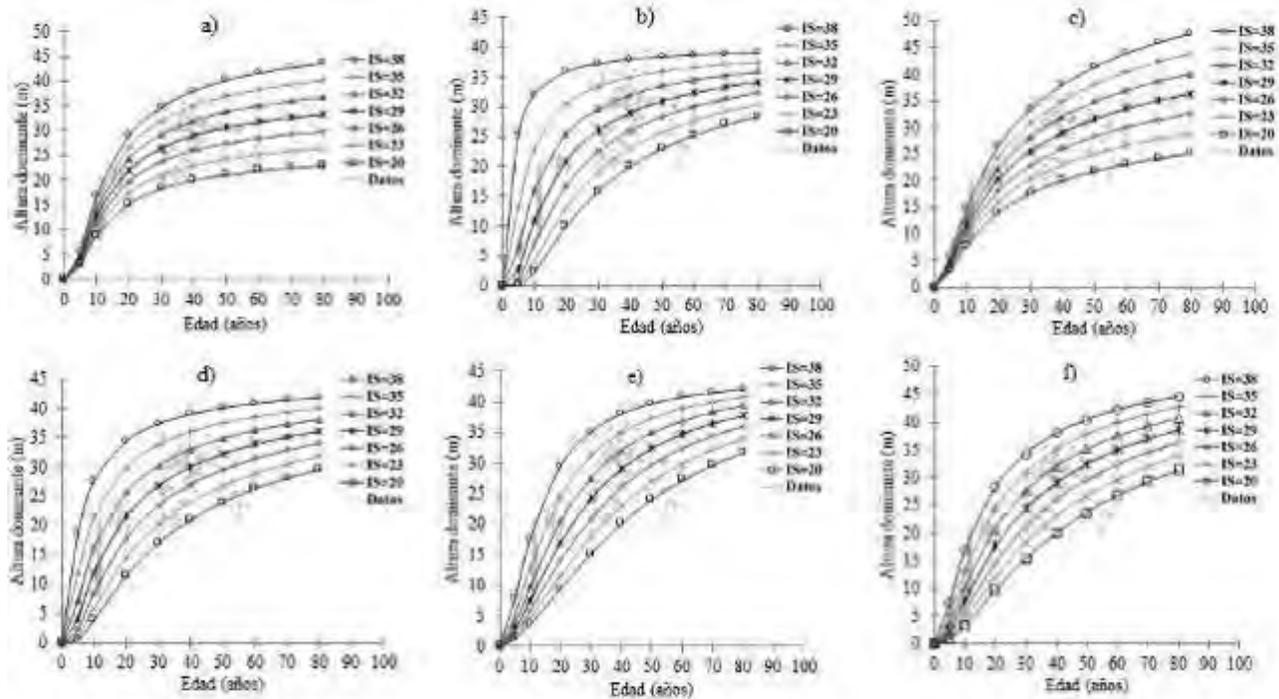


Figura 2. Familias de curvas de índice de sitio para *Pinus patula* a la edad base de 40 años: a) y b) modelo de Schumacher anamórfico y polimórfico; c) y d) modelo de Korf anamórfico y polimórfico (β_1); e) y f) modelo de Hossfeld IV y Levakovic II con polimorfismo asintótico.

Para el enfoque GADA, los modelos ensayados tienen un comportamiento adecuado tanto gráfico (Figuras 2e y 2f) como estadístico, aunque la expresión derivada del modelo de Levakovic II fue estadísticamente mejor que la expresión obtenida a partir del modelo de Hossfeld IV. Por tanto, se concluye que el modelo de Levakovic II con polimorfismo asintótico tiene mayor capacidad predictiva para modelar el crecimiento en Hd. De esta manera, con una edad base (E_B) de 40 años, se obtuvo la ecuación que expresa el IS:

$$IS = 52.76080 \cdot \left[\frac{40}{E \cdot [-1 + (HD / 52.76080)]^{-0.32193} + 40} \right]^{3.10631}$$

Martínez-Zurimendi et al. (2015) obtuvieron que el modelo de Levakovic es adecuado para describir el crecimiento en Hd - IS mediante curva guía para plantaciones de *Gmelina arborea* en Tabasco. Este modelo ha sido empleado para modelar variables, como el crecimiento en diámetro de *Pinus* spp. en Durango (Quiñonez-Barraza et al., 2015b) y estimar carbono de *Cryptomeria japonica* en Kyushu, Japón (Kamo y Yoshimoto, 2013).

Conclusiones

Con datos provenientes de sitios permanentes de investigación silvícola, se ajustaron ecuaciones dinámicas de crecimiento en altura dominante e índice de sitio. Dado el nivel de ajuste y comportamiento gráfico satisfactorio, el modelo de Levakovic II bajo el enfoque de diferencia algebraica generalizada, es adecuado para predecir el crecimiento en altura dominante, y clasificar el nivel de productividad de *P. patula* en rodales puros y coetáneos de Ixtlán de Juárez, Oaxaca.

Literatura citada

- Bailey, R. L. and J. L. Clutter. 1974. Base-age invariant polymorphic site curves. *Forest Science* 20(2):155-159.
- Benavides S., J. D y H. Manzanilla B. 1993. Estimación de la "calidad de sitio" mediante "índice de sitio" de *Pinus michoacana cornuta* Martínez y *Pinus oocarpa* Schiede, para el ADF Tapalpa, Estado de Jalisco. *Ciencia Forestal de México* 18:121-138.
- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, Ó. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Musalem-Santiago y R. López-Aguillón. 2008. Estructura de bosque de pino patula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 14(2):51-63.
- Cieszewski, C. J. and R. L. Bailey. 2000. Generalized algebraic difference approach: theory based derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes. *Forest Science*. 46(1):116-126.
- Clutter, J. L., J. C. Forston, L. V. Pienaar, G. H. Brister, and R. L. Bailey. 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA. 333 p.
- Diéguez-Aranda, U., F. Castedo D. y J.G. Álvarez G. 2005. Funciones de crecimiento en área basimétrica para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblaciones en Galicia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14(2):253-266.
- Hernández-Ramos, J., J. J. García-Magaña, E. H. Olvera-Delgadillo, J. C. Velarde-Ramírez, X. García-Cuevas y H. J. Muñoz-Flores. 2014. Índice de sitio para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. en Metztitlán, Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 20:167-176.

Hernández-Ramos, J., J. J. García-Magaña, X. García-Cuevas, A. Hernández-Ramos, H. J. Muñoz-Flores y M. Samperio-Jiménez. 2015. Índice de sitio para bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en el oriente del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(27):78-91.

Kamo, K., and A. Yoshimoto. 2013. Comparative analysis on selecting growth function based on three different information criteria for the purpose of carbon estimation. *Forest Science and Technology*. 9(2):65-71.

Korf, V. 1939. A mathematical definition of stand volume growth law. *Lesnicka Prace* 18:337-379.

Levakovic, A. 1935. An analytical form of growth law. *Glasnik za sumske pokuse. Zagreb* 4:189-282.

Martínez-Zurimendi, P., M. Domínguez-Domínguez, A. Juárez-García, L. M. López-López, V. De la Cruz-Arias y J. Álvarez-Martínez. 2015. Índice de sitio y producción maderable en plantaciones forestales de *Gmelina arborea* en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(4):415-425.

Quiñonez-Barraza, G., H. M. De los Santos-Posadas., F. Cruz-Cobos., A. Velázquez-Martínez., G. Ángeles-Pérez., y G. Ramírez-Valverde. 2015a. Índice de sitio con polimorfismo complejo para masas forestales de Durango, México. *Agrociencia* 49(4):439-454.

Quiñonez-Barraza, G., H. M. De los Santos P., y J. G. Álvarez G. 2015b. Crecimiento en diámetro normal para *Pinus* en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(29):108-125.

SAS Institute Inc., 2002. SAS/ETS® 9.0 User's Guide. Cary, NC, SAS Institute Inc.

Schumacher, F. X. 1939. A new growth function curve and its application to timber-yield studies. *Journal of Forestry* 37(819-820):3.

Servicios técnicos forestales de Ixtlán de Juárez (STF). 2015. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento y conservación de los recursos forestales maderables de Ixtlán de Juárez. Ciclo de corta 2015-2024. 423 p.

Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. *Ecología Forestal*. Traducción del inglés por Carlos Luis Raigorodsky. A.G.T. Editor. 690 p.

Velázquez M., A., G. Ángeles P., T. Llanderal O., A. Román J. y V. Reyes H. 2004. *Monografía de Pinus patula*. 1a ed. México. 124 p.

Zeide, B. 1993. Analysis of growth equations. *Forest Science* 39(3):594-616.

GERMINACIÓN Y DESARROLLO EN *Zamia furfuracea* L. F. (Zamiaceae), CÍCADA ENDÉMICA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Jesús Antonio Lagunes Pérez³⁰⁰, Nadia G. Sánchez Coello^{300*}, Andrés Rivera Fernández³⁰⁰, Lourdes G. Iglesias Andreú³⁰¹, Mauricio Luna Rodríguez³⁰⁰ y Quiyari J. Santiago-Jiménez³⁰²

Resumen

Zamia furfuracea pertenece al grupo de las cícadas conocidas como fósiles vivientes que surgieron hace 300 millones de años; es endémica de México y se encuentra catalogada en peligro de extinción. Es muy apreciada como planta de ornato, pero se caracteriza por tener un crecimiento lento y un ciclo de vida muy largo, por lo que en este trabajo se plantea acelerar la germinación de sus semillas, utilizando ácido giberélico (GA₃). Se utilizó 0.2 mg/L de ácido giberélico en dos condiciones: seco y húmedo, así como el empleo del bioestimulante Biozyme (en las mismas concentraciones), sobre semillas colectadas de *Z. furfuracea*. Se obtuvo, una germinación del 72% en 5 semanas, con el tratamiento de GA₃ húmedo, comparado con el testigo húmedo, que observó el 62%, mientras que utilizando el bioestimulante, únicamente se obtuvo el 52% de germinación en el mismo período. Al acelerar el proceso de germinación de las semillas de *Z. furfuracea* sin usar bioestimulantes, se evita la contaminación del suelo, y favorece a los viveristas ya que es posible cultivarla de forma sustentable.

Palabras clave: reguladores de crecimiento, cícadas, ornato

Introducción

Las cícadas son plantas vasculares con semillas, de las más antiguas y primitivas que se conocen en la actualidad (Whitelock, 2002); pertenecen al grupo de las gimnospermas y se originaron hace aproximadamente 300 millones de años. Su mayor distribución y desarrollo fue durante el período Jurásico en la era Mesozoica y fueron el componente más importante de vegetación y alimento básico para los herbívoros de aquel tiempo. La mayoría de las

³⁰⁰ Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. sannadia@yahoo.com

³⁰¹ Universidad Veracruzana. Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada.

³⁰² Universidad Veracruzana. Museo de Zoología, Facultad de Biología.

especies son arborescentes, con hojas o frondas grandes y pinnadas, implantadas como corona sobre la parte apical del tallo (Scagel et al., 1980).

Los 11 géneros vivientes están representados por unas 185 especies en el planeta, y México es uno de los países del neotrópico que cuenta con estas plantas, ya que se han reportado cerca de 53 especies, donde el 80% son endémicas; es decir, casi un 19% de la diversidad mundial se encuentra en México, siendo uno de los centros más grandes y diversos en América (Vovides & Iglesias, 1994). México posea únicamente la familia Zamiaceae con reportes de los géneros *Ceratozamia*, *Dioon* y *Zamia* (Vovides et al., 1983). No obstante, se encuentran en peligro por la destrucción de hábitats y colecta ilegal. Esta situación se agudiza debido a su lento crecimiento y limitada propagación natural, pues las semillas tienen un amplio período de letargo y germinación lenta.

Las cícadas son las plantas con semillas, más primitivas que se conocen en la actualidad, ejemplo del paso en la evolución de las plantas vasculares y aunque tienen alta demanda como plantas de ornato. Algunas especies como *Dioon merolae* y *Ceratozamia robusta*, han tenido un papel cultural importante para los grupos étnicos (Pérez- Farrera y Vovides, 2006) y ofrecen una alta importancia ecológica, pues toleran suelos pobres, rocosos y poco profundos, forman, retienen suelo y aportan nitratos al ecosistema (Whitelock, 2002).

Zamia furfuraceae es una cícada endémica de México, en peligro de extinción de acuerdo con la NOM- 059-SEMARNAT-2010, vulnerable para la IUCN (2007) y regulada por CITES (2012). La producción a gran escala de estas plantas resulta limitada debido a la dificultad de propagación, la escasez de semillas y su lenta tasa de crecimiento, agravando la supervivencia de ésta.

Cuando las semillas de las cícadas están maduras, la germinación puede presentarse en aproximadamente 4 semanas, pero varía de especie a especie, y en la mayoría de los casos dura aproximadamente un año, como es el caso de *Z. furfuracea*, pero en otras, hasta 2 años (Vovides, 1992). En la germinación de semillas, las cícadas, presentan tres tipos de letargo que están interrelacionados: la capa carnosa fresca exterior (sarcotesta) que tiene un efecto inhibitorio, la capa interior dura (esclerotesta) y el embrión, que en cícadas es inmaduro en el tiempo de abscisión del cono (cuando el cono empieza a abrirse). En varias especies, el remover la capa carnosa fresca es suficiente para permitir la germinación, por ejemplo, en varias especies de *Dioon*, *Macrozamia*, *Lepidozamia*, así como también *Z. loddigesii* Miq. y *Z. fischeri* Miq., y germinan sin dificultad (Dehgan y Schutzman, 1989). La esclerotesta gruesa, es el mayor obstáculo para la germinación de las cícadas. Aunque las semillas pueden estar completamente maduras, los embriones pueden estar en estadios de desarrollo temprano. Ejemplos de éstos se presenta en *Encephalartos* y *Cycas* (Dehgan y Schutzman, 1983). Araya et al. (2000) señalaron que en semillas que presentan embrión inmaduro, la germinación puede acelerarse mediante escarificación química; el ácido giberélico (GA_3)

puede romper la latencia de las semillas y remplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura o químicos. Las giberelinas son fitorreguladores que se sintetizan en diversas partes de la planta, pero especialmente se producen en áreas de crecimiento activo como son los embriones o los tejidos meristemáticos. Las giberelinas actúan fundamentalmente sobre el ARN desinhibiendo la expresión de los genes que sintetizan alfa amilasa y los implicados en el alargamiento normal de los entrenudos del tallo. Existe un receptor para la giberelina en la capa de la aleurona de la semilla. El GA₃ induce la síntesis de alfa-amilasa, que es la enzima que forma parte en el metabolismo de las reservas de almidón durante la germinación de las semillas. Debido a esta función, se le ha reconocido como promotor o inductor de la germinación en diversos tipos de plantas (Tigabu y Odén, 2001).

Según Pérez-Farrera (1994), todas las semillas de cícdas maduras, responden positivamente a la exposición del GA₃ (1000 ppm), pero no se cuenta con suficiente información sobre los efectos de las giberelinas en la germinación de semillas, por lo que es importante definir el tiempo de exposición al agente escarificante. En *Z. floridana* se ha indicado que las semillas requieren de una exposición de 60 minutos en ácido sulfúrico concentrado (H₂S04), seguido de un proceso de remojo de 48 horas en GA₃ (Dehgan y Schutzman, 1983), mientras que *Z. furfuracea* requiere solo de 20-25 minutos de exposición a ácido sulfúrico (H₂S04), y 24 horas de remojo en GA₃, (Dehgan y Schutzman, 1983). Es importante mencionar que el empleo de cualquier método de escarificación debe considerar encontrar un punto de equilibrio para que al mejorar la permeabilidad del agente escarificante no se reduzca la viabilidad del embrión, ocasionando un daño irreversible. El Biozyme® PP es un estimulante de germinación y principio de desarrollo en tratamiento de semillas obtenido de extractos de origen vegetal, que aplicado a las semillas incrementa al máximo su potencial genético natural, y es utilizado en diferentes tipos de cultivos (Valdés-Sánchez, 2015). Por lo anterior, éste trabajo evalúa diferentes tratamientos (ácido giberélico y el bioestimulante (Biozyme), en la germinación de semillas de *Z. furfuracea* que pueda contribuir a restaurar las poblaciones naturales degradadas y brindar a los viveristas un método adecuado para atender a las demandas de este valioso recurso genético.

Materiales y métodos

Zona de estudio y colecta de material vegetal

La colecta de semillas de *Z. furfuracea* se efectuó el 11 de febrero de 2015, en poblaciones naturales de La Catalana (19°18'08.66" N y 96°17'49.30" O), municipio de La Antigua, Ver., México (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la localidad de La Catalana, municipio de La Antigua, Veracruz. Imagen satelital de Google Earth, 2010.

La especie se distribuye en la zona costera centro-sur del estado de Veracruz, desde el nivel del mar hasta los 50 m (Vázquez-Torres et al., 2001). Es propia de la selva baja caducifolia y de dunas costeras y palmares (Vovides et al., 1983). La Catalana observa la presencia de lagunas, y su vegetación es típica de dunas costeras y selva baja con matorrales espinosos y suelos arenosos. El clima es tropical con régimen térmico-cálido regular y lluvias en verano, de menor intensidad en invierno por la influencia de los vientos del norte. Se recolectaron al azar conos de cuatro individuos; las semillas se lavaron, secaron, almacenaron y etiquetaron en bolsas de plástico. El experimento se estableció en invernadero, con estructura de metal cubierto de plástico, ventilación cenital y malla anti áfidos.

Diseño experimental y variables de estudio

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial del efecto de tratamientos de las semillas con 0.02 mgL^{-1} de ácido giberélico, bajo dos condiciones, seca y remojo húmedo de las semillas durante 12 horas, y tratamientos con el bioestimulante biozyme, tratamiento con y sin remojo en agua. En condición seca las semillas se espolvorearon con el producto, y para la condición húmeda se remojaron en solución de 0.02 mgL^{-1} del bioestimulante, por 12 horas. Se usaron 50 semillas por tratamiento, y testigos con semillas sin sarcotesta y semillas remojadas en agua por 12 horas. Los tratamientos se sembraron en charolas germinadoras con un sustrato compuesto por arena y peat moss (1:1). Las unidades experimentales se colocaron en mesas de invernadero orientadas al norte y se regaron diariamente; a las 5 semanas se evaluó velocidad de germinación y porcentaje, bajo la fórmula:

$$PG = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$

Donde:

PG = porcentaje de germinación.

Para evaluar el periodo se contó el número de días desde que apareció la primera plántula hasta que se detuvo el proceso, los datos se reportan en días. Para la velocidad, se dividió la cantidad de semillas germinadas entre el periodo y los datos se reportan en número de semillas germinadas por día. De igual forma se evaluaron las variables: largo, grosor del tallo y número de hojas en las plantas germinadas. Los datos de las características morfométricas evaluadas en las plantas fueron sometidos al análisis de varianza y a la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando el programa SAS para el análisis estadístico de los datos. Se elaboraron gráficas de barras y líneas correspondientes con e Excel.

Resultados y Discusión

El porcentaje de germinación de las semillas más elevado (72%) se obtuvo con el tratamiento de GA₃ bajo condición húmeda, a 5 semanas de sembradas, mientras que en el tratamiento húmedo sin ácido giberélico, solo se obtuvo 52% de germinación (Figura 2).

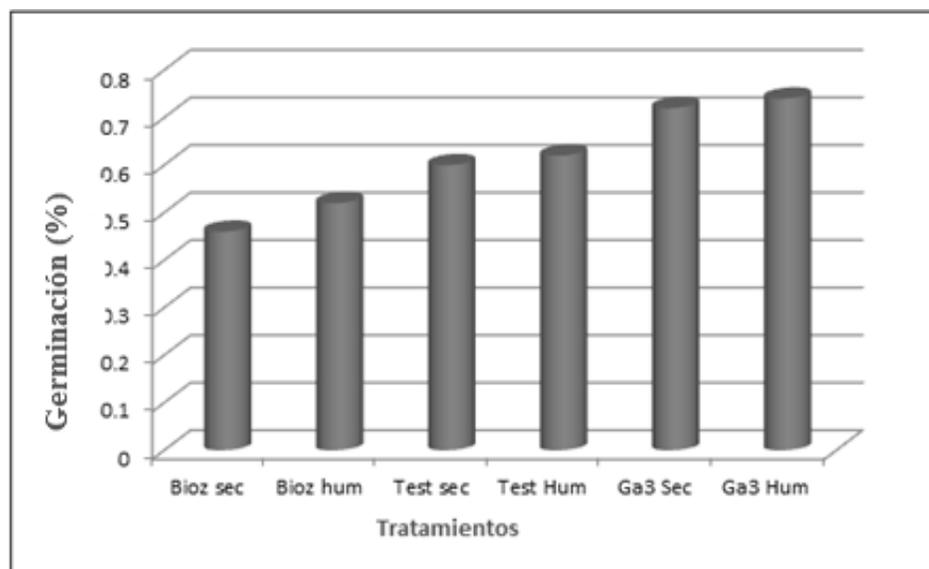


Figura 2. Variación en el porcentaje de germinación de *Z. furfuracea* de los tratamientos germinativos evaluados. Bioz= Biozyme, Test= Testigo, Ga3= Ácido giberélico, Hum= Húmedo y Sec= Seco.

El tratamiento escarificante con GA₃ logró una germinación del 72%, representando una ganancia del 10% de la germinación natural, y con Biozyme, solo 52% de germinación

mostrando poca efectividad comparado con GA₃. El tratamiento con GA₃, mostró mayor velocidad de germinación (Figura 3).

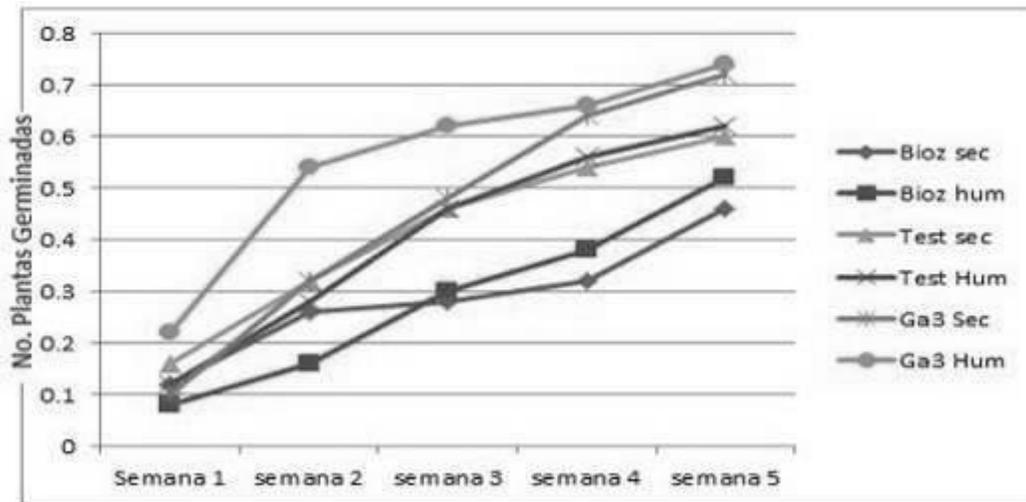


Figura 3. Velocidad de germinación de las plantas de *Z. furfuraceae* sometidas a diferentes tratamientos germinativos. Bioz= Biozyme, Test= Testigo, Ga3= Ácido giberélico, Hum= Húmedo y Sec= Seco.

Los resultados del análisis morfométrico efectuado a las plantas germinadas no mostraron la existencia de diferencias significativas en las variables longitud y grosor del tallo de las plantas (Figuras 4 y 5), pero longitud del tallo mostró los mayores valores en los tratamientos con ácido giberélico, tanto en condición húmeda como seca (Figura 4).

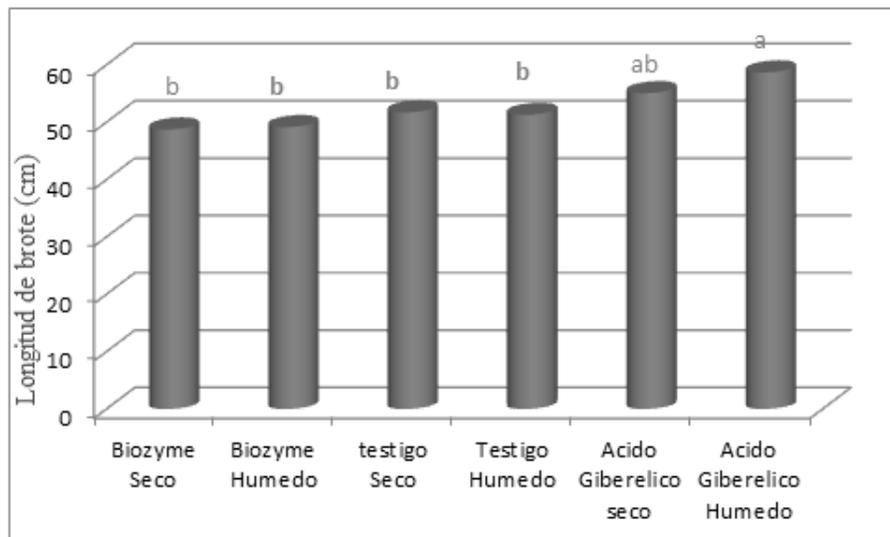


Figura 4. Longitud del tallo de las plantas germinadas con los diferentes tratamientos germinativos.

No se encontró diferencia significativa en el número de hojas, pues todos los tratamientos presentaron 4 hojas. Las plántulas obtenidas con el tratamiento de GA₃ húmedo, obtuvieron

un color verde intenso y hojas más grandes y gruesas. Mientras que las que fueron tratadas con el bioestimulante, se encontraron amarillentas, más delgadas y de menor tamaño.

Los efectos reportados de las giberelinas sobre la germinación de las cícadas, son escasos y diversos. La utilización de ácido giberélico (GA_3 0.02mg/L), promueve la germinación de semillas de *Z. furfuracea*, en un 72%, en comparación con lo reportado por Dehgan y Schutzman (1983) y mayor al reportado por Mandujano et al. (2007) quien señala un valor de germinación de 42%. Dehgan y Schutzman (1989), proponen un remojo previo con ácido sulfúrico y sus resultados presentan una ventaja del 10% sobre la germinación natural.

Existen pocos trabajos en germinación de semillas con GA_3 , pero Saldívar-Iglesias et al. (2010), reportan 87% de germinación en *Jaltomata procumbens*, utilizando 250 mg/L. Por lo anterior, es conveniente probar con mayores dosis mayores para determinar si la germinación en *Z. furfuracea* aumenta al agregar mayor cantidad de fitohormona.

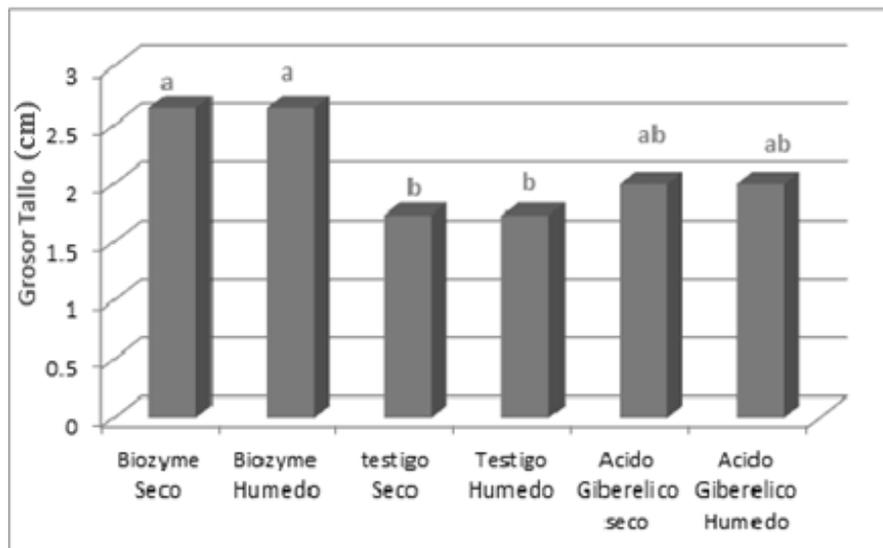


Figura 5. Grosor del tallo de las plantas germinadas con los diferentes tratamientos germinativos.

Conclusiones

La utilización de ácido giberélico (GA_3 0.02mg/L), promueve en un 72% la germinación de semillas de *Zamia furfuracea*, reduce el costo de producción y facilita su manejo en vivero.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el proyecto “Estudio de las Cícadas mexicanas” No. 152073.

Literatura citada

Araya, E., L. Gómez, N. Hidalgo y R. Valverde. 2000. Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación in vitro de Jaul (*Alnus acuminata*). *Agronomía Costarricense* 24(1):75-80.

CITES. 2012. Apéndice II en vigor a partir del 3 de abril de 2012. Convención sobre el comercio Internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. Ginebra, Suiza. 47 pp. <http://www.cites.org/esp/app/2012/S-20120403.pdf> [consultado el 6 de junio 2015].

Dehgan, B. and B. Schutzman. 1983. Effect of H₂SO₄ and GA₃ on seed germination of *Zamia furfuracea*. *Horticulture Scientia* 18(3):371-372.

Dehgan, B. and B. Schutzman. 1989. Embryo development and germination of *Cycas* seeds. *J. Amer. Soc. Hort Science* 114(1):125-129.

IUCN. 2011. International Union for the Conservation of the Nature Red List of Threatened Species. Version 2011.2. www.iucnredlist.org [consultado el 22 de septiembre de 2015].

Mandujano, M. C., J. Golubov y M. Rojas-Aréchiga, 2007. Efecto del ácido giberélico en la germinación de tres especies del género *Opuntia* (Cactaceae) del desierto Chihuahuense. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 52 (2):46-52.

Pérez-Farrera, M. A. 1994. Estudio sobre germinación en semillas de espadaña *Dioon merolae* De Luca, P.S. Sabato & Vázquez Torres (Zamiaceae). Tesis de licenciatura en Biología. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 98 p.

Pérez-Farrera, M. A. and Vovides, A. P. 2006. The ceremonial use of the threatened espadaña cycad (*Dioon merolae*, Zamiaceae) by a community of the central depression of Chiapas, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78:107-113.

Saldívar-Iglesias, P., A. Laguna-Cerda., F. Gutiérrez-Rodríguez. y M. Domínguez-Galindo. 2010. Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.). *Agronomía Mesoamericana* 21(2):327-331.

Scagel, R. F., G. E. Rouse, J. R. Stein, R. J. Bandon, W. B. Schofiola y T. M. Taylor. 1980. El reino vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. 3 ed. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. 472 pp.

SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación.

Tigabu, M. and P. C. Odén. 2001. Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose Albizia species from Ethiopia. *Seed Science and Technology* 29:11-20.

Valdés-Sánchez, J. 2015. Arysta Life Science, México. www.arysta.com.mx [consultado noviembre 2015].

Vázquez-Torres, S. M., L. Torres-Hernández y L. H. Bojórquez-Galván, 2001. Distribución, abundancia, estructura poblacional y potencial reproductor de *Zamia furfuracea* L. Informe final del Proyecto R176. México D. F. CONABIO.

Vovides, A. P., J. Rees y M. Vázquez Torres. 1983. Flora de Veracruz. Familia Zamiaceae. Fascículo 26. 31 p.

Vovides, A. P. 1992. Polinización y producción de semillas de cicadaceas y su germinación. *Boletín Amaranto*. Año 5. No 1:13-16.

Vovides A. P. and C. G. Iglesias. 1994. An integrated conservation strategy for the cycad *Dioon edule* Lindl. *Biodiversity and Conservation* 3:137-141.

Whitelock, L. M. 2002. *The Cycads*. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, U.S.A. 366 pp.

MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN FUSTAL EN ÁRBOLES DE *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth EN QUINTANA ROO, MEXICO

Juan Carlos Tamarit Urias^{303*}, Jonathan Hernández Ramos³⁰⁴, Xavier García Cuevas³⁰⁴, Adrián Hernández Ramos³⁰⁵ y Patricia Aguilar Sánchez³⁰³

Resumen

El buen manejo técnico de los recursos forestales, y en particular de los bosques tropicales del sureste de México con especies maderables comerciales, requiere de herramientas silvícolas cuantitativas que apoyen la toma de decisiones, y los modelos de volumen fustal son una de estas herramientas básicas. El objetivo fue generar un modelo de volumen fustal con corteza para árboles de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth (tzalam) en Quintana Roo, México. Para ello se procesó una base de datos con las variables diámetro normal (Dn en cm), altura total (At en m) y volumen fustal (V en m³) de 110 árboles colectados en predios forestales. Las secciones de cada árbol se cubicaron con la fórmula de Smalian y la punta con la del cono; el volumen observado de cada árbol se obtuvo por la sumatoria de los volúmenes de todas las secciones que lo conformaron. Se ajustaron por regresión seis modelos de volumen: Schumacher-Hall, Spurr, Kourson, Thornber, Honer y Meyer. Se usó el método de máxima verosimilitud con el procedimiento Model del paquete estadístico SAS 9.3. El mejor modelo se seleccionó con base en el coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}), la raíz del CME (RCME), el sesgo, el criterio de información de Akaike (AIC) y el valor de la verosimilitud (logLik), y un análisis gráfico de los residuales. La mejor calidad de ajuste en términos de mayor precisión y menor sesgo, la presentó el modelo de Schumacher-Hall, al cual se le corrigió el problema de heterocedasticidad. El modelo final fue: $V=0.000096Dn^{1.997098}At^{0.649827}$; las predicciones que realiza son precisas, confiables y apegadas a la dinámica de crecimiento a partir de la silvicultura utilizada y a las condiciones de crecimiento de la zona de estudio.

Palabras clave: especie maderable, inventario forestal, regresión estadística, tzalam

³⁰³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental San Martinito, tamarit.juan@inifap.gob.mx

³⁰⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Bacalar.

³⁰⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Saltillo.

Introducción

En México, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth es una especie forestal abundante y exclusiva de la Península de Yucatán y del norte de Chiapas. En Quintana Roo forma parte del estrato medio y superior de la selva alta y mediana subperennifolia, y predomina en asociaciones de vegetación secundaria. Habita en altitudes menores a 150 m, en suelos sedimentarios y someros con rocas calizas aflorantes. Pertenece a la familia Fabaceae, sus sinonimias son *L. bahamensis* Benth. y *L. sabicu* Benth, comúnmente se le conoce como tzalam, boòx salam, tsukte y xiazek. El árbol es de porte medio de hasta 20 m de altura, el fuste es recto, con diámetro normal de hasta de 1.2 m, pero el más frecuente es de 30 cm; en esa entidad anualmente se extraen en promedio 7,000 m³ (López y Tamarit, 2005; Negreros-Castillo y Martínez-Salazar, 2011). Su madera es altamente decorativa, fácil de aserrar y de trabajar con elementos de corte, de fácil pulido y acabado, resistente al deterioro y puede usarse como materia prima para producir chapa decorativa, duela, lambrín, parquet y para manufacturar muebles de alta calidad (Tamarit y López, 2007). Estas características de crecimiento y xilotecnológicas hacen de esta especie, importante para su aprovechamiento maderable comercial e industrial.

Para planear, elaborar y ejecutar un programa de manejo forestal para aprovechamiento maderable, una necesidad primaria y básica es disponer de un modelo matemático que estime en forma precisa el volumen fustal total de los árboles individuales en pie. Para realizar la estimación se cuenta con diversos métodos, sin embargo, una manera técnicamente adecuada y correcta es utilizar una ecuación o expresión matemática que se genera a partir del ajuste de un modelo de volumen, donde el volumen fustal de cada árbol como variable dependiente está en función de variables independientes tales como el diámetro normal y la altura total; ambas de fácil y rápida medición en campo (Romanh et al., 1994), de esta forma el modelo representa el volumen medio esperado de madera por árbol. La información de las variables dasométricas referidas para usarlas con un determinado modelo de volumen, se obtiene a partir de un inventario forestal que se realiza mediante el levantamiento de sitios de muestreo, eventualmente puede considerarse al coeficiente mórfico como una tercera variable. Los modelos de volumen son una valiosa herramienta básica para la planeación de actividades de manejo y aprovechamiento forestal, ya que permiten cuantificar de manera confiable las existencias reales (Ramos-Uvilla et al., 2014) para un mejor manejo técnico silvícola y una apropiada gestión forestal sostenible. Estos modelos pueden ser también un componente medular para estimar biomasa, y con ello el carbono secuestrado por los bosques. Debido a que tanto las condiciones de crecimiento como las técnicas silvícolas de manejo varían de un lugar a otro, un modelo de volumen se debe generar y actualizar constantemente para un taxón o especie en particular y para una

determinada región, zona, área o localidad, misma que debe de estar acotada; en ese sentido, el enfoque actual en México es generar modelos por especie a nivel de Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue generar un modelo a nivel de árbol individual que estime el volumen fustal de *L. latifolium* en bosques naturales de Quintana Roo, México, el cual contribuirá a elaborar y ejecutar programas de manejo forestal con sustento científico y en el contexto de la política de desarrollo sustentable.

Materiales y métodos

Se analizó y procesó estadísticamente una muestra de 110 árboles de diferentes categorías de diámetro normal y de altura total, así como de un amplio rango de condiciones de crecimiento, que cubrieron diferentes calidades de estación. Los ejemplares que conformaron la muestra fueron seleccionados cuidando que estuvieran libres de defectos físicos y de daños mecánicos, sanos, con fustes rectos y bien conformados, sin bifurcaciones, dominantes y codominantes (Montes et al., 2008; Ramos-Uvilla et al., 2014). La muestra fue colectada en predios forestales con programa de manejo forestal de los ejidos Caobas, Carrillo Puerto, Chan Santa Cruz y Naranja Poniente pertenecientes a los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco en Quintana Roo, México. Para la toma de datos se utilizó un método no destructivo, para ello, en cada árbol en pie usando una forcípula con aproximación al centímetro, se tomaron mediciones directas de diámetros (d en cm) con corteza a diferentes alturas, iniciando desde la base del árbol (ras del suelo), altura del tocón (ht), a 30 y 60 cm posteriores a la ht y al diámetro normal (D_n). Las mediciones de diámetros y las respectivas alturas después del D_n se realizaron utilizando un telereloscopio de Bitterlich a medidas comerciales de las longitudes de trozas hasta llegar a la altura total (At en m).

Para cubicar cada sección de cada árbol se usó la fórmula de Smalian, en tanto que para cubicar cada punta se usó la del cono, cuyas expresiones se indican enseguida:

$$V_s = \left[\frac{S_0 + S_1}{2} \right] L \qquad V_p = \frac{S_b h_0}{3}$$

Dónde: V_s es el volumen de la sección (troza), S_0 y S_1 es el área de las secciones transversales de los extremos de la sección, L es la longitud de la sección, V_p es el volumen de la sección que corresponde a la punta del árbol, S_b es el área de la base de la sección de la punta del árbol, h_0 es la longitud de la sección de la punta del árbol.

El volumen (V m³) observado de cada árbol se obtuvo por la sumatoria de los volúmenes de todas las secciones que lo conformaron. De esta manera, con las variables por árbol de D_n ,

At y V se formó una base de datos, la cual fue auditada para garantizar comportamientos y tendencias lógicas, previo al procesamiento estadístico. El Cuadro 1 muestra los estadísticos descriptivos de las variables.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de las variables medidas en la muestra de árboles de tzalam.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Diámetro normal Dn (cm)	37.32	7.70	92.00	16.09	43.10
Altura total At (m)	16.76	5.71	26.20	4.16	24.84
Volumen fustal V (m ³)	1.03	0.02	4.47	0.96	93.40

Se evaluó el ajuste estadístico de seis modelos de volumen fustal de tipo no lineal (Cuadro 2) reportados en la literatura especializada sobre biometría y modelación forestal (Romanh et al., 1994; Prodan et al., 1997; Rondeux, 2010). El ajuste se realizó por regresión utilizando el método de máxima verosimilitud con información completa (FIML, por sus siglas en inglés) con el procedimiento Model del paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute, 2011). Para seleccionar el mejor modelo se consideró la significancia de los parámetros estimados ($p < 0.05$), y se tomaron en cuenta los siguientes estadísticos de bondad de ajuste: coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}), raíz del cuadrado medio del error (RCME), el sesgo, el valor de la verosimilitud (logLik) y el criterio de información de Akaike, los cuales se calcularon como se indica a continuación.

$$R^2_{adj} = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \quad \text{siendo } R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

$$RCME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}} \quad \text{Sesgo} = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{n}$$

$$AIC = 2p + n \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \right)$$

Donde: \hat{Y}_i , Y_i y \bar{Y} son los valores estimados, observados y promedios del volumen fustal (V), respectivamente; n es el número total de observaciones usadas en el ajuste de los modelos, p es el número de parámetros del modelo.

Sobre estos estadísticos se implementó un criterio de calificación relativa consistente en jerarquizar cada estadístico de cada modelo, asignando valores consecutivos del 1 al 6, en función al orden de importancia (1 correspondió al mejor valor del estadístico y 6 al valor más pobre), sumando los valores de las calificaciones de los estadísticos se obtuvo una calificación total para cada modelo, por comparación, se identificaron los mejores que fueron los del más bajo valor en la calificación total.

Posteriormente, fue seleccionó el mejor modelo y se le corrigió el problema de heterocedasticidad, detectado al observar el comportamiento gráfico de los residuales con respecto a los valores predichos. Para corregirla, se asumió que la varianza del error del volumen (σ^2_i) está en función y es directamente proporcional a la función potencia de la variable combinada definida como $\sigma^2_i = (Dn^2At)^y$, este supuesto asume que la varianza del error se incrementa a medida que aumenta tal variable, por lo que se utilizó el factor de ponderación definido por el inverso $(1/Dn^2At)^y$.

El valor del término de potencia y se obtuvo por regresión lineal usando los errores al cuadrado obtenidos con el modelo sin ponderar ($\hat{\epsilon}_i$) como variable dependiente en el modelo de la varianza del error (Harvey, 1976; Parresol, 1993) expresados en la forma: $\hat{\epsilon}^2 = \theta(Dn^2At)^y$. De esta manera, el modelo de volumen seleccionado se ajustó nuevamente mediante FIML junto con la función de ponderación especificada en SAS mediante la opción $\text{resid. } y = \text{resid.}y / ((Dn^2At)^y)^{0.5}$, siendo “y” la variable dependiente referida como el volumen fustal.

Cuadro 2. Modelos de volumen fustal evaluados y ajustados por regresión para árboles de tzalam.

Modelo	Nombre	Función
1	Schumacher-Hall	$V = \beta_0 Dn^{\beta_1} H^{\beta_2}$
2	Spurr	$V = \beta_0 (Dn^2 H)^{\beta_1}$
3	Kourson	$V = \beta_0 (Dn + 1)^{\beta_1} H^{\beta_2}$
4	Thornber	$V = \beta_0 \left(\frac{H}{Dn}\right)^{\beta_1} Dn^2 H$
5	Honer	$V = \frac{Dn^2}{(\beta_0 + (\beta_1/H))}$
6	Meyer	$V = \beta_0 Dn^{\beta_1} (Dn^2 H)^{\beta_2}$

β_i son parámetros de los modelos a ser estimados por regresión estadística.

Resultados y discusión

El Cuadro 3 presenta los resultados del ajuste estadístico de los modelos probados; se observa que los parámetros en todos los modelos fueron significativos, por lo que en primera instancia se asumiría que todos los modelos tuvieron un buen ajuste y por tanto, cualquiera de ellos resultaría adecuado para estimar el volumen fustal en árboles de tzalam de bosques naturales de Quintana Roo, México.

Cuadro 3. Valores de los parámetros y nivel de significancia de los modelos evaluados para tzalam.

Modelo	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor de t	Significancia
Schumacher-Hall (1)	β_0	0.000322	6.00E-05	5.33	<.0001
	β_1	1.841349	4.70E-02	39.14	<.0001
	β_2	0.447192	7.44E-02	6.01	<.0001
Spurr (2)	β_0	0.000181	0.000034	5.27	<.0001
	β_1	0.845061	0.016	52.74	<.0001
	β_2	0.000270	5.10E-05	5.26	<.0001
Kourson (3)	β_0	0.000270	5.10E-05	5.26	<.0001
	β_1	1.876380	4.81E-02	39.01	<.0001
	β_2	0.447191	7.51E-02	5.95	<.0001
Thornber (4)	β_0	0.000038	3.28E-06	11.59	<.0001
	β_1	0.168547	6.49E-02	2.60	0.0107
Honner (5)	β_0	1115.743000	9.28E+01	12.02	<.0001
	β_1	8771.380000	2.10E+03	4.17	<.0001
Meyer (6)	β_0	0.000322	6.00E-05	5.33	<.0001
	β_1	0.946965	1.82E-01	5.19	<.0001
	β_2	0.447192	7.44E-02	6.01	<.0001

Sin embargo, con base en los valores de los estadísticos de bondad de ajuste de cada modelo y el resultado del sistema de calificación implementado (Cuadro 4), se determinó que comparativamente el modelo (1) que corresponde al de Schumacher-Hall tuvo la mayor calidad de ajuste al obtener la más baja calificación total y por lo tanto la mejor capacidad predictiva.

Cuadro 4. Estadísticos de bondad de ajuste y calificación de los modelos evaluados para tzalam.

Modelo	RCME	Sesgo	logLik	AIC	R ² _{adj}	Total
Schumacher-Hall (1)	0.2543	-0.023981	-3.9625	216.51	0.9303	
	(1)	(3)	(1)	(1)	(1)	7
Spurr (2)	0.2669	-0.024806	-9.7792	218.69	0.9232	
	(5)	(4)	(5)	(5)	(5)	24
Kourson (3)	0.2556	-0.025100	-4.5113	216.54	0.9296	
	(3)	(5)	(3)	(3)	(3)	17
Thornber (4)	0.305	0.040910	-24.4647	219.23	0.8998	
	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	30
Honner (5)	0.2585	0.00346	-6.2556	218.57	0.9280	
	(4)	(1)	(4)	(4)	(4)	17
Meyer (6)	0.2543	-0.02398	-3.9625	216.51	0.9303	
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	10

Este modelo junto con el de Meyer presentó el valor más alto en el R^2_{adj} que es indicativo que el modelo explica en mayor grado la variabilidad total presente en la variable dependiente; es decir, que el volumen fustal está fuertemente relacionado con su diámetro normal y su altura total. También tuvo la más alta precisión en las estimaciones dado su menor valor en la RECM; adicionalmente presentó el tercer menor sesgo, que es indicativo que se tiene la mínima desviación del modelo con respecto a los valores observados. Sus valores en el logLik y AIC fueron el más alto y más bajo, respectivamente. Además, todos sus parámetros fueron altamente significativos, por lo que se consideró como el apropiado para estimar el volumen fustal de los árboles de tzalam. El segundo mejor modelo fue el de Meyer (6).

El modelo de Schumacher-Hall seleccionado presentó el problema de heterocedasticidad, característico por que los residuales frente a los predichos gráficamente no presentan un patrón de distribución aleatorio, lo que es indicativo de que la varianza del error no es constante ni homogénea (Figura 1a). Posterior a la corrección de este problema, en la Figura 1b puede observarse que ahora los residuales son ahora mucho más homogéneos (homocedásticos), distribuyéndose de manera aleatoria en una franja alrededor de cero, por lo que ahora los parámetros son de mínima varianza, los estimadores obtenidos son insesgados y los más eficientes. De esta forma, el modelo corregido por heterocedasticidad quedó expresado como $V = 0.000096Dn^{1.997098}At^{0.649827}$. Los valores de los estadísticos del ajuste ponderado fueron 0.9158, 0.2796, 0.0000007, 68.63 y 217.08 para el R^2_{adj} , la RCME, el sesgo, el logLik y el AIC, respectivamente.

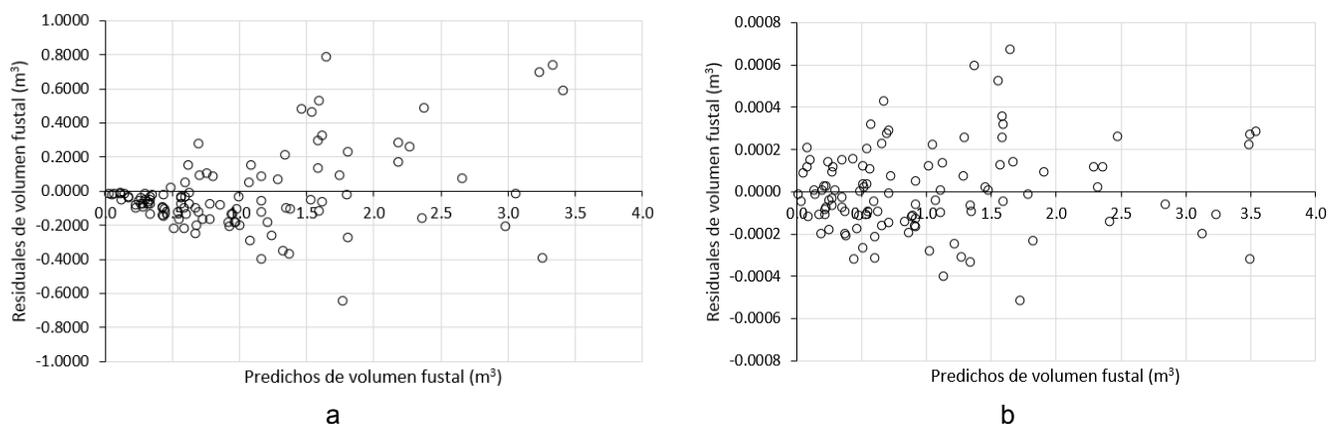


Figura 1. Comportamiento gráfico de residuales contra predichos del volumen fustal sin corregir por heterocedasticidad (a) y, corregido mediante regresión ponderada (b).

El modelo de volumen fustal seleccionado tiene en promedio el equivalente a un factor de forma constante de 0.44, el cual es menor al factor de forma de 0.5 que produce el modelo $V = \text{EXP}(-9.5643815 + 1.82330416 \text{LOG}(Dn) + 1.01741981 \text{LOG}(At))$, siendo EXP la función exponencial y LOG el logaritmo natural, generado en el Inventario Nacional Forestal (SARH,

1985) para esta especie en el Sureste de México y que actualmente se usa para el grupo de especies denominadas duras tropicales a la que pertenece tzalam en la zona de estudio.

También es menor al de 0.66 que resulta al usar el modelo $V=0.00842+0.000050894Dn^2At$ desarrollado por la empresa Maderas Industriales de Quintana Roo (MIQROO) para el grupo de especies referido y reportado en Galletti et al. (2015).

El modelo generado en este estudio se propone para que sustituya a los ya referidos, los cuales evidentemente después de poco más de 32 años de antigüedad, son obsoletos y no deberían seguirse usando, debido a que las condiciones actuales del arbolado en términos de dimensiones, condiciones de crecimiento y de manejo técnico-silvícola son diferentes. En este sentido, el volumen que estima el modelo propuesto para árboles de tzalam en la zona de estudio, si bien tiende a ser ligeramente conservador para árboles maduros de interés para su aprovechamiento comercial, estima volúmenes mucho más realistas y acordes a las condiciones de crecimiento que prevalecen en la zona de estudio.

Conclusiones

El modelo de Schumacher-Hall, presentó la mejor calidad de ajuste en términos de mayor precisión y menor sesgo. El modelo final fue: $V=0.000096Dn^{1.997098}At^{0.649827}$. El modelo es una herramienta moderna y actualizada, específica para las condiciones de crecimiento y prácticas de manejo locales, ofreciendo predicciones confiables y objetivas. Puede estimar ingresos y rentabilidad de árboles con esta especie, y da lugar a una tabla de volumen fustal con corteza de doble entrada.

Literatura citada

Galletti, H. A., L. E. Chay C., A. Ramírez P., P. Xool P. y J. Xool P. 2015. Documento técnico unificado de aprovechamiento forestal en la sociedad El Achiotal SPR de RI, Municipio de Bacalar, Quintana Roo. Sociedad de Productores Forestales Ejidales de Quintana Roo, S.C. Dirección Técnica Forestal. Quintana Roo, México. 192 p.

Harvey, A. C. 1976. Estimating regression models with multiplicative heteroscedasticity. *Econometrica* 44 (3):461-465.

López, T. J. L. y J. C. Tamarit U. 2005. Crecimiento e incremento en diámetro de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. en bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* XI(2):117-123.

- Montes, de O. C. E., S. Corral R. S. y J. A. Nájera, L. 2008. Ajuste de ecuaciones de volumen en *Pinus durangensis* en la comunidad Las Flechas, Durango, México. *Inter Sedes* 9(17):173-180.
- Negreros-Castillo, R., e I. Martínez-Salazar. 2011. Crecimiento y regeneración avanzada de *Lysiloma latisiliquum* (L) Benth. en una selva de Quintana, Roo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(5):15-28.
- Parresol, B. R. 1993. Modeling multiplicative error variance: An example predicting tree diameter from stump dimensions in baldcypress. *Forest Science* 39(4):670-679.
- Prodan, M., R. Peters, F. Cox y P. Real. 1997. *Mensura Forestal*. IICA-BMZ/GTZ. San José, Costa Rica. 586 p.
- Ramos-Uvilla, J. A., J. J. García-Magaña, J. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, J. C. Velarde-Ramírez, H. J. Muñoz-Flores et al. 2014. Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de *Pinus* de la sierra Purhépecha, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(23): 92-107.
- Romanh, de la V. C. F., H. Ramírez M. y L. Treviño J. 1994. *Dendrometría*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 345 p.
- Rondeux, J. 2010. *Medición de árboles y masas forestales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 521 p.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1985. *Inventario forestal del estado de Campeche*. SFF. DGIF. Publicación Núm. 56. México, D. F. 92 p.
- SAS Institute. 2011. *SAS/STAT user's guide*. Versión 9.3. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Tamarit, U. J. C. y J. L. López T. 2007. *Xilotecología de los principales árboles tropicales de México*. Libro Técnico No. 3. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental San Martinito. Tlahuapan, Pue. México. 264 p.

ANATOMÍA DE LA MADERA DE *Pinus douglasiana* Martínez Y *Pinus patula* Schl. & Cham.

Martina López Aparicio³⁰⁶ y Faustino Ruíz Aquino^{306*}

Resumen

Se realizó la descripción anatómica de la madera de *Pinus douglasiana* Martínez y *Pinus patula* Schl. & Cham., del bosque de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Se obtuvieron las probetas derribando tres árboles representativos, y se determinaron las características anatómicas macroscópicas (color, olor, sabor, brillo, veteado, textura e hilo) y microscópicas (longitud de traqueidas, diámetro del lumen, grosor de la pared en madera temprana y tardía, número de rayos y canales resiníferos por mm², altura de los rayos, número de células por rayo, y diámetro axial y radial de los canales resiníferos). La madera de *P. douglasiana* presentó hilo recto, brillo medio, veteado pronunciado y textura media, la longitud de las traqueidas se clasificó como mediana con valor promedio de 3885.49 µm, grosor de pared delgada y diámetro del lumen mediano en la madera temprana. La madera tardía presentó grosor de pared mediano y diámetro del lumen fino, los rayos son uniseriados con altura promedio de 205.50 µm, de 2 a 28 células. En *P. patula* se observó un hilo recto, brillo medio, veteado suave y textura media. Las fibras se clasifican como medianas con longitud de 3520.73 µm, grosor de pared delgada, diámetro del lumen mediano y fino para madera temprana y tardía, respectivamente, los rayos son uniseriados con canales resiníferos normales. Los índices de calidad para pulpa de papel en las dos especies se clasifican como de muy buena calidad.

Palabras clave: albura, duramen, traqueidas, rayos, canales resiníferos

Introducción

A nivel mundial existen seis familias de coníferas: *Sciadopityaceae*, *Araucariaceae*, *Cupressaceae*, *Podocarpaceae*, *Taxaceae* y *Pinaceae*, y agrupan un total de 670 especies (Gernandt y Pérez, 2014). En México se reconocen 104 especies (Debreczy y Rácz, 2011), y

³⁰⁶ Universidad de la Sierra Juárez. Instituto de Estudios Ambientales. ruiz.aquino@unsij.edu.mx

43 son endémicas. La UMAFOR 2012, mostró que el aprovechamiento forestal maderable en el estado de Oaxaca se concentra en 14 municipios, y la producción más alta es de Zimatlán de Álvarez y Santiago Textitlán con 32% y 20%, respectivamente, el 48% restante se distribuye en los demás municipios (Chávez, 2009).

En Zimatlán de Álvarez, Oaxaca, la comunidad de San Pedro el Alto cuenta con importantes procesos y experiencias de aprovechamiento forestal maderable y no maderable. Dentro de las especies forestales maderables que se aprovechan, son: *Pinus lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. teocote*, *P. pringleii*, *P. michoacana*, *P. oaxacana*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. douglasiana* y *P. patula*, siendo las dos últimas las más abundantes en la región (Hernández, 2006), por lo anterior surge la necesidad del estudio anatómico de estas dos especies para destinarlas a un uso adecuado. Así como información de respaldo para la comunidad.

En relación con la anatomía sobre el género *Pinus*, Figueroa (2012) describe la anatomía de *P. patula* y *P. pseudostrobus*. Posteriormente, De la Paz-Pérez y Dávalos (2016) realizaron un estudio de seis especies de coníferas: *P. arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. herrerae*, *P. leiophylla* y *P. teocote*, destacando que las seis comparten caracteres como género. Cabe destacar que es de suma importancia estudiar las características anatómicas de la madera para conocer las variaciones de peso específico, la densidad, indicios de comportamiento ante el secado y la capacidad de resistencia mecánica entre otros. En el presente estudio se describen las características anatómicas macroscópicas y microscópicas de la madera de *P. douglasiana* y *P. patula* en el área de aprovechamiento forestal de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca, para contribuir al conocimiento sobre el uso adecuado de la materia prima.

Materiales y métodos

San Pedro el Alto, Zimatlán de Álvarez, se localiza en la región central del estado de Oaxaca (Figura 1), entre las coordenadas geográficas 16° 35' 13'' y 16° 50' 18'' LN 97° 00' 56'' y 97° 12' 22'' LO, con tenencia de tierra comunal de 29,682.11 hectáreas (Hernández, 2006).

La extracción del material vegetativo se realizó en mayo del 2016 en el rodal 575 y 532 para *P. douglasiana* y *P. patula*, respectivamente. Se seleccionaron tres árboles por especie, previamente marcados para aprovechamiento forestal maderable, que corresponde al turno de corta 2016. Los árboles se derribaron y se obtuvieron tablillas de 15 x 7 x 1 cm con sus cortes típicos definidos. Para determinar el color se utilizaron las tablas Munsell (1975).

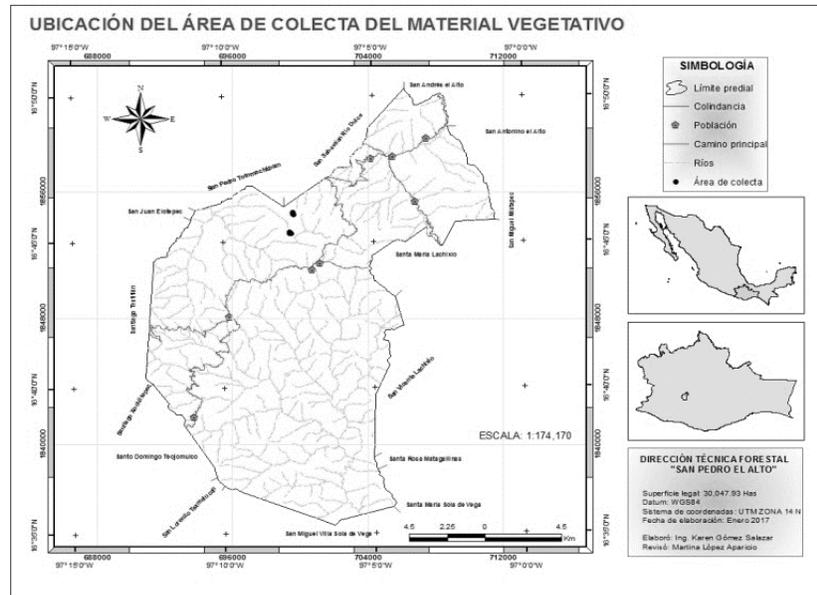


Figura 1. Áreas de colecta de *Pinus douglasiana* Martínez y *Pinus patula* Schl. et Cham.

El brillo se determinó reflejando una fuente de luz en la superficie de la madera, y se clasificó según Ortega et al. (1992). En la textura se consideró el tamaño de los elementos constitutivos, y para el hilo se observó la dirección de los elementos celulares de la madera con referencia al eje axial, según Tortorelli (1956).

Para el estudio microscópico, se cortaron cubos de 3 cm por lado y se sometieron a un proceso de ablandamiento en alcohol y glicerina (aproximadamente una semana). Se cortaron laminillas en los tres cortes típicos de 20 a 30 μm en un microtomo Leica SM 2010R y se tiñeron con safranina para *P. douglasiana* y azul de metileno para *P. patula*. Se deshidrataron en una serie gradual de alcoholes, después se aclararon en xilol por dos minutos y finalmente las laminillas se montaron con resina sintética (Quintanar et al., 2012). Para el material disociado, en el corte radial de los cubos se cortaron astillas de 3 mm de espesor aproximadamente, se digirieron en una solución disociadora de ácido acético y peróxido de hidrogeno 1:1 a 60°C por 24 h, luego se enjuagaron, y se tiñeron con safranina y azul de metileno para hacer preparaciones permanentes (Maldonado, 2004).

Las mediciones se realizaron mediante imágenes digitales de 486 x 648 pixeles del microscopio óptico Motic BA310LED, transferidas a computadora con un software Motic images plus 2.0 ML 2013. Se realizaron 50 mediciones por cada elemento constitutivo (Villaseñor y Rutiaga, 2000), se determinó la longitud, grosor de pared y diámetro de lumen de las traqueidas, diámetro del canal resinífero axial y radial y altura de los rayos uniseriados. Estos elementos se clasificaron con base a la media, de acuerdo a IAWA (2004). Se determinaron las diferencias entre los elementos celulares de las especies por ANOVA y una comparación de medias (Tukey, $\alpha=0,05$) con el paquete estadístico SAS (2002).

Resultados y discusión

Las dos especies presentaron anillos de crecimiento bien definidos con transición abrupta, médula excéntrica y duramen poco más oscuro que la albura. La madera de *P. douglasiana* fue más oscura que la de *P. patula*, tanto en albura como en duramen. El hilo recto, la textura media y el olor a ocote son características comunes en las dos especies, influidos por la cantidad, tamaño y distribución de los canales resiníferos (De la Paz-Pérez y Dávalos, 2016). Las características anatómicas macroscópicas de orden cualitativo se presentan en el Cuadro 1, y son similares a las reportadas por Olvera (1982) en un estudio de siete especies del género *Pinus*.

Cuadro 1. Características macroscópicas de las dos especies de pino estudiadas.

Especie	Color	Olor	Sabor	Hilo	Veteado	Brillo	Textura
<i>Pinus douglasiana</i>	Café claro	Ocote	Medio astringente	Recto	Pronunciado	Medio	Media
<i>Pinus patula</i>	Café pálido	Ocote	Resina	Recto	Suave	Medio	Media

Los elementos microscópicos de *P. douglasiana* son traqueidas rectangulares, longitud media, grosor de pared delgado y diámetro del lumen mediano (madera temprana) y grosor mediano y lumen fino (madera tardía). Parénquima axial ausente, canales resiníferos axiales y radiales, rayos uniseriados homogéneos de 2 a 28 células, las traqueidas de rayo tienen bordes dentados y punteaduras areoladas tipo pinoide (Figura 2).

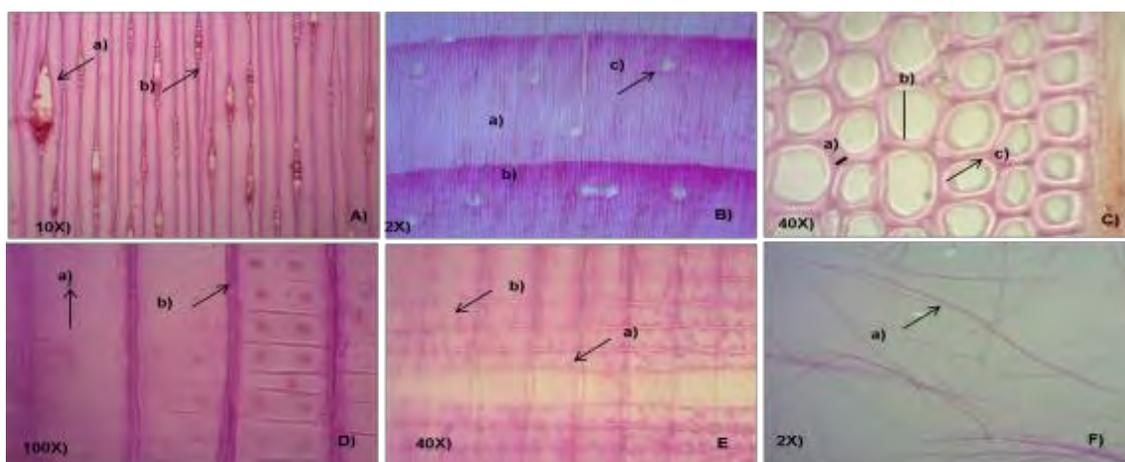


Figura 2. A) Corte tangencial: a) rayo fusiforme con canal resinífero radial, b) rayo uniseriado; B) Corte transversal 2X: a) madera temprana, b) madera tardía, c) canal resinífero axial; C) Corte transversal en 40X: a) grosor de pared, b) diámetro del lumen, c) meatos; D) Corte radial: a) traqueida vertical, b) traqueida con punteaduras areoladas; E) Corte radial en 40X: a) y b) traqueidas radiales dentadas; F) Traqueidas.

En *P. patula*, al igual que en la especie anterior se presentan traqueidas rectangulares con longitud media, grosor de pared delgado y diámetro del lumen mediano en madera temprana; grosor mediano y lumen fino en madera tardía; presencia de parénquima axial, generalmente en posición marginal; rayos uniseriados homogéneos de 2 a 24 células y punteaduras areoladas tipo pinoide (Figura 3). Figueroa (2012), en su estudio anatómico de *P. patula* y *P. pseudostrobus* resume valores semejantes a las dos especies aquí estudiadas. Los índices de pulpa son de muy buena calidad para papel en las dos especies, presentan un valor promedio de 0.29 para *P. douglasiana* y 0.30 para *P. patula* en Relación Runkel, estos valores son inferiores a los reportados por Arteaga (2013) para *P. greggii* e Ibarra (1999) para *P. rudis*. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre *P. douglasiana* y *P. patula* en sus elementos constitutivos, excepto en el grosor de la pared de madera temprana (Cuadro 2), número de canales por mm², diámetro tangencial de los canales radiales, altura de los rayos y número de células por rayo (Cuadro 3). Según Burdon et al. (2004), la madera de un árbol presenta variaciones de sus características, que cambian individualmente de acuerdo con el género, la especie, la edad, la procedencia, y las condiciones de crecimiento, entre otras.

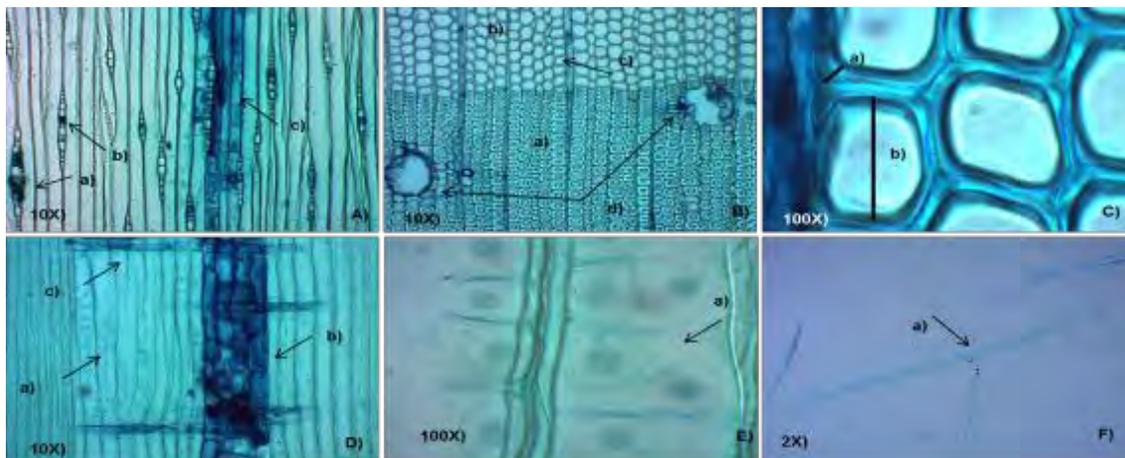


Figura 3. A) Corte tangencial: a) rayo fusiforme con canal resinífero radial, b) rayo uniseriado, c) parénquima longitudinal; B) Corte transversal en 10X: a) madera temprana, b) madera tardía, c) radio medular, d) canal resinífero axial con células epiteliales; C) Corte transversal en 100x: a) grosor de pared, b) diámetro del lumen; D) Corte radial: a) traqueida radial con punteaduras areoladas, b) parénquima radial, c) campo de cruce; E) Corte radial en 100X: a) punteaduras areoladas con crásula; F) Traqueidas 2X.

Cuadro 2. Características anatómicas microscópicas de *P. douglasiana* y *P. patula*.

		<i>P. douglasiana</i>	<i>P. patula</i>		
Traqueidas	Longitud (μm)	Clasif.	Medio	Medio	
		Med.	3885.49 a	3520.73 b	
		Min.	1482.00	1021.42	
		Max.	7438.50	6849.74	
		C. V.	28.41	33.15	
	Madera temprana	Grosor de la pared	Clasif.	Delgado	Delgado
			Med.	4.44 a	4.41 a
			Min.	2.23	2.36
			Max.	7.28	7.16
			C. V.	25.36	21.88
		Diámetro del lumen	Clasif.	Mediano	Mediano
			Med.	46.00 a	41.95 b
			Min.	21.22	21.43
			Max.	69.04	62.83
			C. V.	17.62	18.93
	Madera tardía	Grosor de la pared	Clasif.	Mediano	Mediano
			Med.	11.41 a	8.85 b
			Min.	6.44	3.74
			Max.	16.87	15.64
			C. V.	21.91	22.68
Diámetro del lumen		Clasif.	Fino	Fino	
		Med.	25.23 a	23.81 b	
		Min.	7.11	8.55	
		Max.	56.18	46.95	
		C. V.	31.45	29.80	

Letras minúsculas iguales en dirección de las columnas indican igualdad estadística ($\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 3. Características anatómicas microscópicas de *P. douglasiana* y *P. patula*.

		P. douglasiana		P. patula	
Canales resiníferos	Axial	Número de canales por mm ²	Clasif.	Pocos	Pocos
			Med.	1.22 a	1.28 a
			Min.	1.00	1.00
			Max.	3.00	2.00
			C. V.	30.39	38.06
		Diámetro tangencial (µm)	Clasif.	Medianos	Medianos
			Med.	175.82 a	161.04 b
			Min.	97.02	86.42
			Max.	292.33	251.10
			C. V.	18.11	18.98
	Radial	Diámetro tangencial (µm)	Clasif.	Pequeños	Pequeños
			Med.	56.20 a	54.96 a
			Min.	19.30	31.47
			Max.	145.30	83.95
			C. V.	30.39	14.73
Rayos	Número de rayos por mm ²	Med.	17.95 a	14.47 b	
		Min.	11.00	8.00	
		Max.	26.00	24.00	
		C. V.	15.10	22.20	
		Altura (µm)	Clasif.	Bajos	Bajos
	Med.		205.50 a	205.47 a	
	Min.		10.90	10.91	
	Max.		740.70	596.67	
	C. V.		57.93	49.94	
	Número de células	Clasif.	Medio	Medio	
		Med.	8.60 a	8.80 a	
		Min.	2.00	2.00	
		Max.	28.00	24.00	
		C. V.	57.99	51.63	
	Campo de cruce	Tipo	Pinoide areoladas	Pinoide areoladas	

Letras minúsculas iguales en dirección de las columnas indican igualdad estadística ($\alpha \leq 0.05$).

Los componentes celulares de la madera constituyen las características anatómicas más estudiadas de las especies forestales, por su importancia para definir usos específicos. Por las características macroscópicas, ambas especies son idóneas para la industria del mueble. El grosor de pared con densidad media, ofrece resistencia adecuada para uso estructural. Por la longitud de las fibras, ambas especies tienen aptitud para la industria de la celulosa y papel.

Conclusiones

La madera de *P. douglasiana* presentó una tonalidad más fuerte con respecto a *P. patula*. La transición de madera temprana a tardía en *P. douglasiana* es abrupta a diferencia de *P. patula* donde se presenta como gradual. La presencia de hilo recto en las dos especies favorece los procesos de aserrío. Los canales axiales son más abundantes y con diámetros mayores en *P. douglasiana*. La madera de las dos especies presentó similitudes en la mayoría de sus caracteres macroscópicos y microscópicos. Estadísticamente se encontró diferencia significativa en las dos especies, en longitud de las traqueidas, grosor de pared y diámetro del lumen para madera temprana y tardía, altura de los rayos, número de células y diámetro tangencial del canal resinífero (axial y radial). Desde el punto de vista tecnológico y con base en los resultados obtenidos, los pinos estudiados tienen alto potencial para ser aprovechados con fines industriales.

Literatura citada

Arteaga, R. M. 2013. Variación de dimensiones en traqueidas de madera tardía en cinco poblaciones de *Pinus greggii* Engelm, del Norte de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México. 48 p.

Burdon, R. D., R.P Kibblewhite., J.C.F Walker., R.A Megraw., R. Evans and D. Cown J. 2004. Juvenile versus mature wood: a new concept, orthogonal to corewood versus outerwood, with special reference to *Pinus radiata* and *P. taeda*. *Forest Science* 50(4): 399-415.

Chávez, G. E. 2009. Estudio Regional Forestal, Unidad de Manejo Forestal Regional No. 2012 Sierra Sur, Zimatlán, Sola de Vega, Valles Centrales A.C. Gobierno del Estado de Oaxaca. SEMARNAT. CPFOAC. Oaxaca, México. 478 p.

- De la Paz, P.O. C. y R. Dávalos S. 2016. Anatomía de la madera de seis especies de Pinus (Pinaceae) del estado de Durango, México. *Madera y Bosques* 22(3):113-132.
- Debreczy, Z. E. and I. Rácz. 2011. *Conifers around the world*. Vols.1-2. DendroPress Ltd., Budapest.
- Gernandt, D. S. y J.A. Pérez D. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 126-133.
- Figuroa, T. N. 2012. Propiedades anatómicas de la madera de Pinus patula Schl et cham y Pinus pseudostrobus Lindl. de la región de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 124 p.
- Hernández, R. M. 2006. Programa de Manejo Forestal Maderable Persistente, Periodo 2006-2007 al 2016 (nivel avanzado). Dirección Técnica Forestal San Pedro el Alto Zimatlán, Oaxaca. 157 p.
- IAWA Committee. 2004. IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification, (eds. H.G. Richter, D. Grosser, I. Heinz, P.E. Gasson). *IAWA Journal* 25(1):1-70. Netherlands. 70 p.
- Ibarra, G. R. 1999. Variación de dimensiones en traqueidas de madera tardía dentro y entre árboles de Pinus rudis Endl en Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México. 91 p.
- Maldonado, C. R. 2004. Variación de longitud de traqueidas de Pinus teocote Schl et Cham. de la Sierra La Cebolla de Montemorelos, N. L. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México .63 p.
- Munsell Color Company. 1975. *Munsell soil color charts*. Baltimore, Maryland. 17 p.
- Olvera, C. P. 1982. Estudio anatómico de la madera de siete especies del género Pinus. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For.* No. 126. 88 p.
- Ortega, G. L., F. Carmona y C. Córdoba. 1992. Anatomía de la madera de 28 especies de Cosautlán de Carvajal, Veracruz. *Angiospermas arbóreas de México Núm. 1. La madera y su uso. Bol. Téc. Núm. 19. LACITEMA. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver.* 605 p.
- Quintanar, I. A., M. A Jacobo V., C. López B., N. Flores H., A. Jaramillo P. y O.C. De la Paz P. 2012. La madera de Trema micrantha (L.) Blume de Veracruz, México. *Madera y Bosques* 18(2):73-91.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. Versión 9.0. SAS Institute Cary, North Carolina, USA.

Tortorelli, L. A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. ACMÉ. ASCILL. Buenos Aires. 910 p.

Villaseñor, A. J. C. y Q. J. G. Rutiaga. 2000. La madera de Casuarina equisetifolia L., química e índices de calidad de pulpa. Madera y Bosques 6(1):29-40.

EFFECTO DE FERTILIZANTE, BIOESTIMULANTES Y HONGOS BENÉFICOS EN LA CALIDAD DE PLANTA DE *Cedrela odorata*

María Guadalupe Olivera Borja³⁰⁷ y Erik Pablo Carrillo^{308*}

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en la calidad de planta de *Cedrela odorata*. El experimento se estableció en el vivero forestal de la Universidad del Mar. La siembra se realizó en agosto de 2016 en charolas de plástico de 15 cavidades utilizando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70%, 15% y 15%, respectivamente. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar, se evaluaron ocho tratamientos: T: testigo; HB: hongos benéficos; B: bioestimulantes; B-HB: bioestimulantes-hongos benéficos; F: fertilizante; F-HB: fertilizante-hongos benéficos; F-B: fertilizante-bioestimulantes; F-B-HB: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos. A las once semanas después de la siembra se eligieron al azar tres plantas por tratamiento de cada bloque. Las variables que se midieron para estimar los índices de calidad de planta fueron longitud de la parte aérea y de raíz, diámetro de cuello, peso fresco y seco de raíz y parte aérea. Los índices estimados fueron: índice de robustez (IR), biomasa seca aérea entre biomasa seca radical (BSA/BSR), índice de calidad de Dickson (ICD) e índice de lignificación (IL). Se realizó un análisis de varianza y comparaciones de medias con la prueba de Tukey. Se encontraron diferencias significativas con ($\alpha=0.01$) entre tratamientos para todos los índices. Los mejores tratamientos fueron para el IR: fertilizante-bioestimulantes con 10.149 y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 9.296; para BSA/BSR: fertilizante-bioestimulantes con 10.096 y fertilizante-hongos benéficos con 9.877. Para el ICD fueron: fertilizante con 0.3524 y fertilizante-hongos benéficos con 0.3169. Mientras tanto, para el IL los mejores tratamientos fueron hongos benéficos con 29.61% y bioestimulantes con 28.99%.

Palabras clave: bioestimulantes, calidad de planta, *Cedrela odorata*, hongos benéficos

³⁰⁷ Tesista. Ingeniería Forestal. Universidad del Mar.

³⁰⁸ Instituto de Genética, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. epablo30@hotmail.com

Introducción

El cedro rojo (*Cedrela odorata*) es una especie forestal tropical utilizada en plantaciones forestales comerciales que aporta grandes beneficios económicos para la industria maderable siendo muy apreciada debido al color de su madera, a su calidad y durabilidad (CONAFOR, 2012).

Para asegurar el éxito de las plantaciones forestales se requiere plantas de calidad en los viveros forestales que muestren adaptación en las áreas a plantar. Duryea (1985) define planta de calidad como aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado, lo que conlleva a producir en vivero planta de calidad, la cual se determina por sus características genéticas, sanitarias, morfológicas y fisiológicas.

La fertilización forestal es una herramienta silvícola, que en la mayoría de los casos ayuda a obtener planta vigorosa en un menor tiempo, logrando con ellos la reducción de costos por concepto de mantenimiento. El uso apropiado de fertilizantes en los viveros forestales es vital para incrementar la calidad de la planta, ya que un régimen de nutrición correcto mejora su calidad y favorece su nivel de desempeño en condiciones de campo (Escamilla et al. 2015). Las micorrizas aportan a la planta fosfatos y otros nutrientes, tienen un efecto positivo en su estado hídrico, en especial en plantas que están sometidas a estrés (Auge, 2001). Otro efecto importante es que presentan un grado significativo de bioprotección frente a patógenos. Este efecto protector es consecuencia de varios mecanismos tales como incremento de vigor de la planta, competencia directa con los microorganismos patógenos por el mismo espacio en la raíz, activación de mecanismos de defensa de la planta y protección frente a estrés abiótico. Aislamientos de *Trichoderma harzianum* se han utilizado exitosamente en el control de algunas enfermedades como damping off y pudriciones radiculares (Cano, 2011).

El uso de bioestimulantes a base de algas marinas estimulan el crecimiento de las plantas debido a que contienen auxinas y citocininas (Calvo et al., 2014). Los fitorreguladores que contienen auxinas y citocininas inducen elongación y división celular participando de manera activa en el crecimiento y desarrollo foliar y de raíz (Díaz, 2002; Azcón y Talón, 2000). Los bioestimulantes a base de extractos naturales de algas marinas (*Aschophyllum nodosum*) rico en citocininas promueven el desarrollo foliar, debido a su contenido en betaínas y oligosacarinas, tiene un efecto fortificante mejorando la repuesta de defensa contra estrés. Mientras que los bioestimulantes a base de extractos naturales de algas marinas (*Yucca schidigera*) al contener auxinas actúa como bioactivador energético del crecimiento radicular (LIDA, 2014).

El uso apropiado de fertilizantes, hongos benéficos y bioestimulantes en los viveros forestales es vital para incrementar la calidad de planta. Una dosis balanceada con los requerimientos apropiados mejora la morfología y fisiología de las plantas, lo que reduce el tiempo de producción y proporciona características de vigor y calidad a las plantas.

Por lo anterior y considerando la importancia de cedro rojo en el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, la presente investigación planteó como objetivo evaluar el efecto de fertilizante, bioestimulantes y hongos benéficos en la calidad de planta de *Cedrela odorata*.

Materiales y métodos

Las semillas de cedro rojo se colectaron en abril y mayo de 2016 en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Los frutos (capsulas) se recolectaron en madurez fisiológica de forma manual utilizando pértiga en veinte árboles. Posteriormente la semilla fue beneficiada, se etiquetó y almacenó en botes de vidrio herméticos a $6 \pm 2^\circ\text{C}$. El experimento se estableció en el vivero forestal de la Universidad del Mar ubicado en el Campo Experimental Bajos de Chila. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar, se evaluaron ocho tratamientos: testigo (T), hongos benéficos (HB), bioestimulantes (B), bioestimulantes más hongos benéficos (B-HB), fertilizante (F), fertilizante más hongos benéficos (F-HB), fertilizante más bioestimulantes (F-B), fertilizantes más bioestimulantes más hongos benéficos (F-B-HB). El fertilizante aplicado fue Multicote® 8M (18-6-12) dosis 20 kg m^{-3} ; los bioestimulantes lidavital y algamix aplicados en la 3a, 5a y 8a semana en cantidades de 1, 1.5 y 2 mL L^{-1} de agua cada uno, respectivamente. Los hongos benéficos fueron micorrizas *Glomus fasciculatum* 0.09 g de cada uno de los hongos benéficos por cavidad, *Trichoderma harzianum* 5 g L^{-1} de agua asperjado en el sustrato. *Trichoderma* se aplicó posteriormente cada quince días durante dos meses posteriores a la siembra. A los tratamientos que no incluyeron hongos benéficos (testigo, bioestimulantes, fertilizante y fertilizante más bioestimulantes) se les aplicó a la semana después de la siembra el fungicida Previcur energy a una dosis 1 mL L^{-1} de agua, y a los quince días posteriores a la primer aplicación el fungicida Uniform 1 mL L^{-1} de agua. Para evaluar la calidad de planta se sembraron 480 plántulas de cedro en 32 charolas de plástico de 15 cavidades utilizando como sustrato peat moss, vermiculita y agrolita en la proporción 70% 15% y 15%, respectivamente. La siembra se realizó el 12 de agosto del 2016. En el diseño de bloques completamente al azar utilizado, se manejaron cuatro bloques, en cada bloque se asignaron los ocho tratamientos, cada tratamiento dentro de cada uno de los bloques consistió en una charola con 15 plantas. A los 77 días después de la siembra se midieron tres plántulas al azar por tratamiento en cada uno

de los bloques. Las variables que se evaluaron para obtener los índices de calidad de planta fueron: longitud de la parte aérea, longitud de la raíz, diámetro de cuello medido con vernier digital marca Stainles, peso fresco y seco de la raíz y de la parte aérea. Para el peso fresco se pesaron por separado la raíz y la parte aérea en una balanza analítica por tratamiento dentro de cada bloque, posteriormente se introdujeron en una estufa de secado marca Lab-line 35L6M a una temperatura calibrada de 103°C durante 17 horas, cuantificando posteriormente el peso seco. Los índices de calidad de planta se estimaron de acuerdo a Rodríguez (2008) y Sáenz et al. (2010) usando las siguientes formulas:

Índice de robustez (IR)

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$$

Relación biomasa seca aérea entre biomasa seca radical (BSA/BSR)

$$BSA/BSR = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}$$

Índice de calidad de Dickson (ICD)

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro del cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}}$$

Índice de lignificación (IL)

$$IL = \left[\frac{\text{Peso seco total (g)}}{\text{Peso húmedo total (g)}} \right] * 100$$

Se realizó un análisis de varianza con base en un diseño de bloques completamente al azar, posteriormente se hizo la comparación de medias de Tukey al 0.05 en las variables que resultaron significativas mediante SAS (2003). Con las comparaciones de medias de Tukey obtenidas por tratamiento se realizaron gráficas para cada uno de los índices estimados. También se realizaron contrastes ortogonales entre los mejores tratamientos para cada índice y entre los tratamientos con y sin fertilizante con la finalidad de evaluar la presencia de diferencias significativas.

Resultados y discusión

El análisis de varianza en los índices de calidad de planta evaluados mostró diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para tratamientos en todos los índices. Mientras que para bloques no se presentaron diferencias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para índices de calidad de planta de *Cedrela odorata* en ocho tratamientos a base de fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos.

FV	GL	IR	BSA/BSR	ICD	IL
Tratamiento	7	59.1845**	65.0547**	0.00218**	50.684**
Bloque	3	0.3125	0.2914	0.07141	1.534
Error	21	1.6133	0.6238	0.00516	11.367
C.V.		22.28	14.98	39.93	13.14

**Altamente significativo ($\alpha=0.01$).

En las comparaciones de medias de Tukey para los índices de calidad de planta se encontró que los mejores tratamientos fueron para el IR: fertilizante-bioestimulantes (F-B) con 10.1497 y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos (F-B-HB) con 9.2962; para BSA/BSR: fertilizante-bioestimulantes (F-B) con 10.0969 y fertilizante-hongos benéficos (F-HB) con 9.8774. Para el ICD fueron: fertilizante (F) con 0.35243 y fertilizante-hongos benéficos (F-HB) con 0.3169. Para el IL los mejores tratamientos fueron hongos benéficos (HB) con 29.617% y bioestimulantes (B) con 28.991%. Fue evidente la respuesta de los tratamientos con fertilizante en los índices de robustez, BSA/BSR e índice de calidad de Dickson (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparaciones de medias de Tukey para índices de calidad de planta de *Cedrela odorata* en ocho tratamientos a base de fertilizantes, bioestimulantes y hongos benéficos.

Tratamientos	IR	BSA/BSR	ICD	IL
Testigo	2.2212 b	1.5993 d	0.05768 c	28.173 a
HB	2.1849 b	1.4457 d	0.03288 c	29.617 a
B	2.0579 b	1.7846 d	0.09028 bc	28.991 a
B + HB	2.0280 b	1.4461 d	0.05315 c	27.962 a
F	8.7852 a	7.8195 c	0.35243 a	22.979 ab
F + HB	8.8804 a	9.8774 ab	0.31690 a	23.952 ab
F + B	10.1497 a	10.0969 a	0.27693 a	23.920 ab
F + B + HB	9.2962 a	8.0893 ab	0.25640 ab	19.561 b
DMS	3.0125	1.8733	0.0524	7.9966

Valores seguidos por distinta literal en la misma columna muestran diferencia significativa (Tukey, 0.05).

El índice de robustez mostró valores altos en los tratamientos que se usó fertilizante, fluctuando de 8.7852 a 10.1497, este índice relaciona la altura de la planta y el diámetro del cuello de la raíz. El mejor tratamiento para este índice fue la combinación de F+B y F+B+HB con 10.1497 y 9.2962, respectivamente (Figura 1). Estos resultados pudieran atribuirse al efecto de los macronutrientes (18-6-12) contenidos en la fórmula del fertilizante de lenta liberación ya que al combinarlos con los bioestimulantes que contienen extractos de algas marinas las cuales son ricas en citocininas y auxinas incidieron en el crecimiento y desarrollo foliar (Calvo et al., 2014). Díaz (2002) menciona que tales fitoreguladores inducen elongación y división celular participando de manera activa en el crecimiento y desarrollo foliar y de raíz, lo cual se vio reflejado en el tratamiento F-B y F-B-HB.

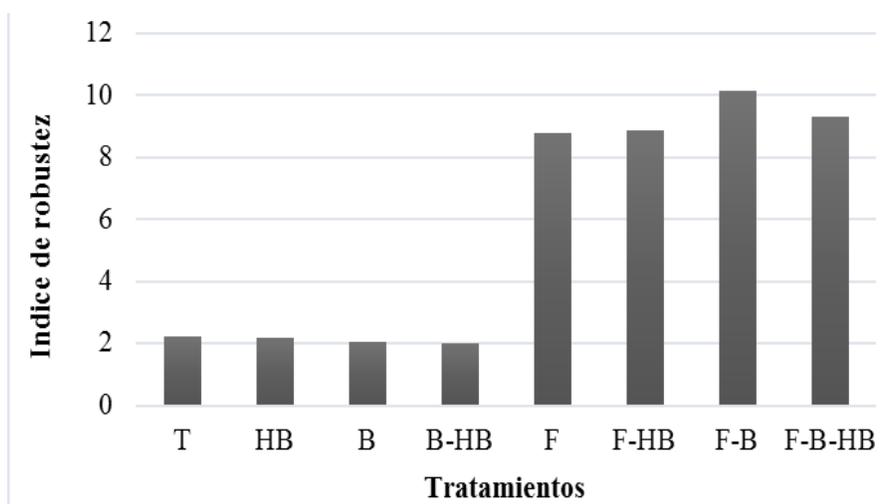


Figura 1. Índice de robustez de Cedrela odorata a las once semanas después de la siembra.

La relación biomasa seca aérea/biomasa seca radical presentó para los tratamientos con fertilizante, valores que oscilaron en un rango de 7.8195 a 10.0969, en contraste, en los tratamientos que no se aplicó fertilizante los valores fueron de 1.4457 a 1.7846 (Cuadro 2). Los mejores tratamientos para este índice fueron F-B, seguido de F-HB con 10.0969 y 9.8774, respectivamente (Figura 2).

El fertilizante conjuntamente con los bioestimulantes, favorecieron el crecimiento y aumento de la parte aérea y radical de la planta. Debido en gran medida a la concentración de nitrógeno presente, lo cual le confiere a la planta mejores características morfológicas, debido a que estimula el crecimiento vegetativo; además juega un papel importante en muchas reacciones metabólicas y es también un constituyente estructural de la clorofila (Azcón y Talón, 2000). Por otra parte, Algamix® es un bioestimulante del crecimiento y del desarrollo de las plantas, elaborado a partir de extractos naturales de algas marinas (*Aschophyllum nodosum*) rico en citocininas que promueven el desarrollo foliar, debido a su

contenido en betaínas y oligosacarinas, tiene un efecto fortificante mejorando la repuesta de defensa contra estrés hídrico, térmico o salino (LIDA, 2014).

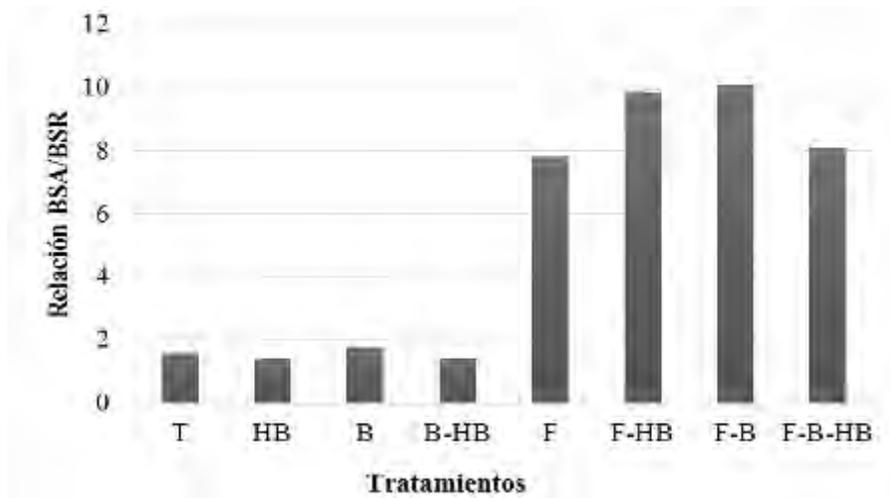


Figura 2. Relación BSA/BSR en *Cedrela odorata* a las once semanas después de la siembra.

El índice de calidad Dickson en los tratamientos con fertilizante mostró valores de 0.25640 a 0.35243 y sin fertilizante oscilaron de 0.03288 a 0.09028 (Cuadro 2); el tratamiento fertilizante mostró un mayor valor en el ICD (Figura 3).

El fertilizante de liberación lenta utilizado contiene fósforo en combinación con nitrógeno, lo cual permitió un incremento en el peso seco de la planta además de influir en el crecimiento de la parte aérea. El índice de lignificación fue mayor en los tratamientos sin fertilizante, con valores de 27.962 a 29.617; en los tratamientos con fertilizante los valores fluctuaron de 19.561 a 23.952 (Cuadro 2).

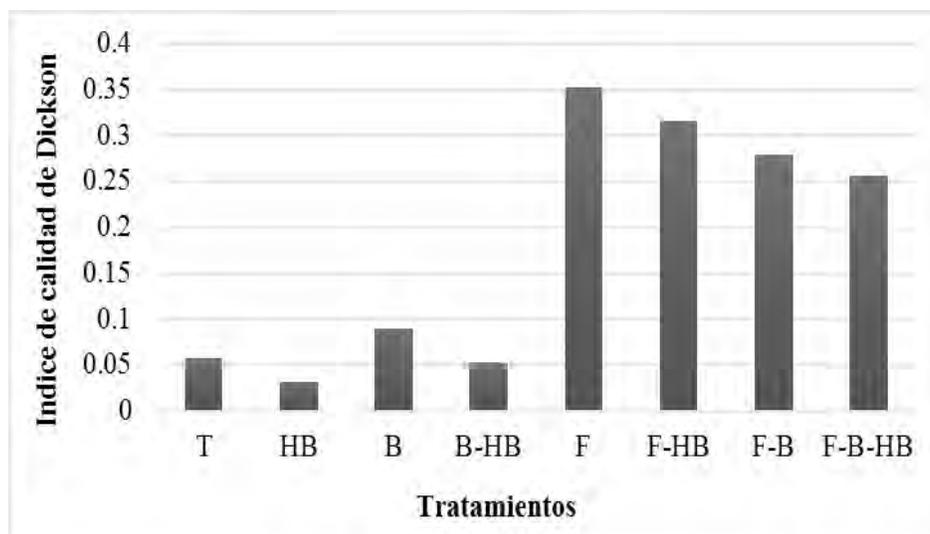


Figura 3. Índice de calidad de Dickson de *Cedrela odorata* a las once semanas después de la siembra.

Los tratamientos con el mayor índice de lignificación fueron: hongos benéficos, seguido de bioestimulantes con 29.617 y 28.991, respectivamente (Figura 4).

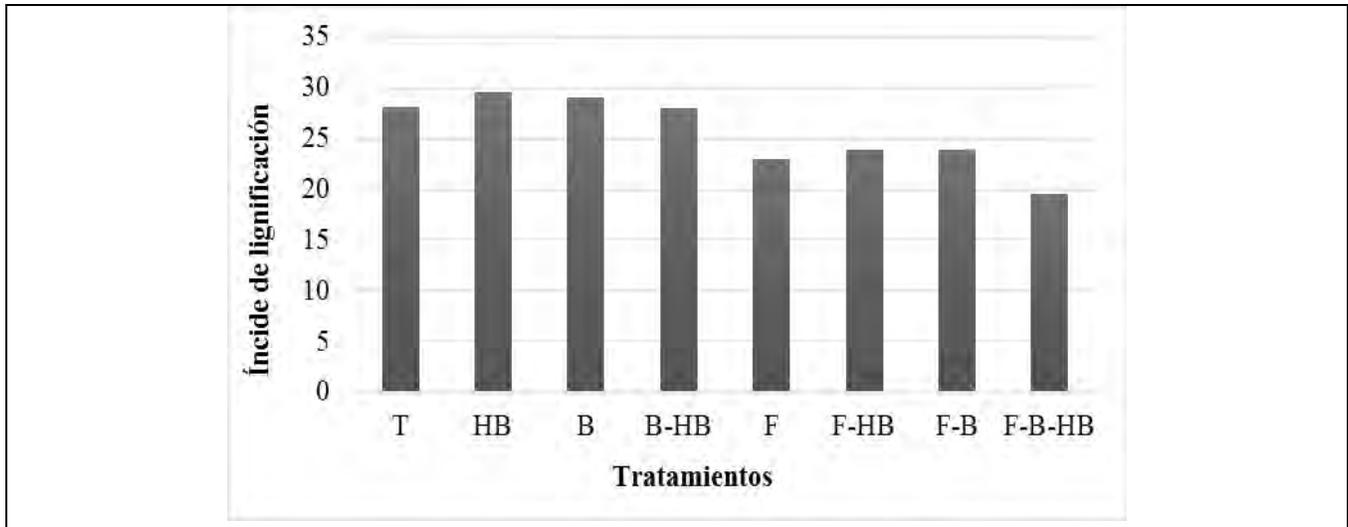


Figura 4. Índice de lignificación de *Cedrela odorata* a las once semanas después de la siembra.

El índice de lignificación de las plantas no fertilizadas puede atribuirse a que presentaron un crecimiento menor y por ello un bajo desarrollo foliar. La fertilización estimuló el crecimiento y producción de follaje más succulento. En los tratamientos sin fertilizante las plantas mostraron un tamaño proporcional de la parte aérea con la raíz, evidenciando valores mayores en el índice de lignificación, sin embargo, no se muestran vigorosas; en contraste con las plantas fertilizadas las cuales muestran un mejor porte (Figura 5).

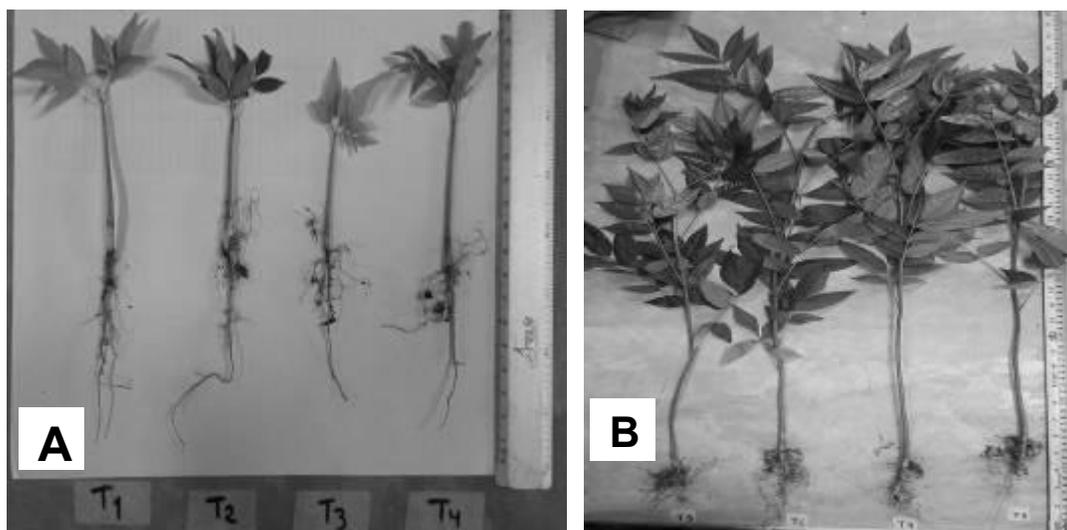


Figura 5. Plantas de cedro rojo a las once semanas A. T₁: testigo; T₂: hongos benéficos; T₃: bioestimulantes; T₄: bioestimulantes-hongos benéficos. B. T₅: fertilizante; T₆: fertilizante-hongos benéficos; T₇: fertilizante-bioestimulantes; T₈: fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos.

Conclusiones

Todos los índices de calidad de planta evaluados, mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha=0.01$). Los mejores tratamientos para el índice de robustez fueron fertilizante-bioestimulantes con 10.149 y fertilizante-bioestimulantes-hongos benéficos con 9.296. Para biomasa seca aérea/biomasa seca radical fueron fertilizante-bioestimulantes con 10.096 y fertilizante-hongos benéficos con 9.877. Para índice de calidad de Dickson los mejores fueron fertilizante con 0.3524 y fertilizante-hongos benéficos con 0.3169. Mientras que para el índice de lignificación fueron hongos benéficos con 29.61% y bioestimulantes con 28.99%.

Literatura citada

- Auge, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11(1):3-42.
- Azcón, J. y M. Talón. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill. Barcelona. 651 p.
- Calvo, P., L. Nelson and J. W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 383(1-2):3-41.
- Cano, M. A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 14(2):15-31.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. Programa de desarrollo de plantaciones forestales comerciales a 15 años de su creación. México, D. F. 152 p.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR S.A. México, D.F. 390 p.
- Duryea, M. L. 1985. Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, USA. 160 p.
- Escamilla, H. N., Obrador O. J. J., Carrillo A. E., y D. J. Palma L. 2015. Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(3):329-333.
- LIDA. 2014. <http://www.lidaplantresearch.com/es/productos/plant-biostimulants/s1fp2i1> [consultado el 27 de mayo de 2016].

Mateo, S. J. J., Bonifacio, V. R., Pérez, R. S. R., Capulín, G. J. y C. L. Mohedano. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.) en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana, Guerrero. *Ra Ximhai* 7:195-204.

Rodríguez, T. D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.

Sáenz, J. T., Villaseñor, F. J., Muñoz, H. J., Rueda, A. y Prieto, J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.

SAS Institute. 2003. SAS/STAT user's guide. Versión 9.0. SAS Institute Cary, NC, USA.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y DE CEPAS DE RIZOBACTERIAS EN EL CONTROL DE *Fusarium* spp. EN *Pinus pseudostrobus* Lindl.

María Susana García Hernández^{309*}, Deisy Yubeli Pineda Mendoza³⁰⁹, María Encarnación Lara Hernández³⁰⁹ y Juan José Almaraz Suárez³⁰⁹

Resumen

En los viveros forestales el damping-off ocasiona dos terceras partes de los problemas fitosanitarios a nivel de plántula; *Fusarium* spp., causa serios daños en la producción de plantas en pre y post-emergencia, pero existen pocos estudios al respecto. Por otro lado, *Pinus pseudostrobus* Lindl. es muy importante en la producción forestal por su rápido crecimiento, pero presenta problemas de enfermedades en la raíz, que merman la producción de plántulas. El uso de rizobacterias antagónicas, puede ser una estrategia de control biológico de hongos fitopatógenos de la raíz, además de que permiten la adaptación de plantas a condiciones de estrés, como cambios de temperatura. Por lo anterior la presente investigación evalúa in vitro, la actividad antagónica de cepas de rizobacterias contra *Fusarium* spp., y determina el efecto de la inoculación de cepas de rizobacterias en el control de *Fusarium* spp. en *P. pseudostrobus* Lindl bajo dos condiciones de temperatura. Se estableció un experimento con plántulas de *P. pseudostrobus* Lindl. Inoculadas con dos cepas de rizobacterias (B1 y B2) por una de *Fusarium* spp. Un grupo de plántulas se sometió a una temperatura de 15°C y otro a 25°C. Durante el experimento se observó la presencia de síntomas relacionados con *Fusarium* spp. y se cuantificó el número de plántulas muertas por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron analizados como factorial completamente al azar. El tratamiento donde se combinaron ambas cepas de rizobacterias B1B2, resultó con menor número de plántulas muertas en ambas temperaturas con respecto al testigo, con un índice de 58% de plántulas muertas. A mayor temperatura *Fusarium* spp se propago más, y se incrementó el número de plántulas muertas en todos los tratamientos.

Palabras clave: antagonismo, enfermedades en plántula

³⁰⁹ CP-Campus Montecillo

Introducción

Existen serios problemas de tipo técnico, económico y fitosanitario en los viveros dedicados a propagar una amplia variedad de especies vegetales de importancia forestal y a su vez estos problemas repercuten en la disponibilidad de plantas para reforestación (Benítez et al., 2002). En este sentido las enfermedades de tipo radical causadas por un conjunto de hongos patógenos como *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* y *Phytophthora*, afectan tanto en pre-emergencia como en post-emergencia. Algunas especies de pino (ejemplo, *Pinus hartwegii*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*) son muy susceptibles al ataque de hongos patógenos de hábitos radicales como *Fusarium*, este fitopatógeno causa la muerte de miles de plántulas en solo 24 horas en almácigos y camas de crecimiento de viveros e invernaderos forestales (Soldevilla, 1995). Este género fue descrito por Link en 1809, tiene una distribución a nivel mundial y se ha convertido en una amenaza para los productores por el gran impacto económico que causa en los sectores agrícola y forestal. Ocasiona marchitez desde plántula hasta plantas adultas. Los síntomas que se observan habitualmente son: pudriciones de color café en los órganos vegetales, como son en las hojas, raíces y tallos (Delgado et al., 2016). Con respecto a *P. pseudostrobus* Lindl. es una de las especies forestales de mayor importancia en México, Guatemala, El Salvador y Honduras entre otros. Se encuentra entre los 800 a 2400 msnm. Se ha clasificado como una especie que presenta rápido crecimiento en sus etapas tempranas, con fustes largos y rectos, estos atributos hacen que *P. pseudostrobus* tenga potencial comercial (Veracruzana, 2008). Sin embargo, a nivel invernadero la producción de plántula de esta especie se ve afectada por problemas fitosanitarios, pero los estudios al respecto son escasos para resolver este problema (Trapero et al., 1999).

Por otro lado, una de las alternativas innovadoras en los últimos años es el empleo de rizobacterias, es decir, bacterias que controlen fitopatógenos, promuevan el crecimiento vegetal y reduzcan la susceptibilidad al estrés (PGPR) (Hernández, 2014). El principal objetivo fue evaluar el efecto de cepas de rizobacterias como antagonistas de *Fusarium* spp. en *P. pseudostrobus* Lindl. bajo dos condiciones de temperatura.

Materiales y métodos

Material microbiano

La cepa de *Fusarium* y las cepas de rizobacterias utilizadas en esta investigación fueron aisladas de raíces de pino, y fueron proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Establecimiento del experimento con *Pinus pseudostrobus* Lindl.

Se estableció un experimento en cajas magenta con semillas de *P. pseudostrobus* Lindl. éstas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% de ingrediente activo y se lavaron consecutivamente con agua destilada estéril para eliminar algún residuo del hipoclorito de sodio. Las semillas se sembraron en las cajas magenta que contenían una mezcla de Peat moss y Agrolita. Las cepas de rizobacterias (B1 y B2) se cultivaron en caldo nutritivo a 28°C durante 72 h hasta obtener una concentración de 10^9 UFC mL⁻¹. En el caso del hongo se cultivó en PDA durante ocho días a 28°C. La inoculación de las cepas de rizobacterias se realizó después de la germinación de las semillas en una dosis de 5 ml por repetición de cada tratamiento y el hongo se inoculó a los tres días posteriores a la inoculación de las cepas de rizobacterias, colocando un disco con micelio del hongo en cada repetición por tratamiento. Los tratamientos se sometieron a temperaturas de 15°C y 25°C. El experimento fue analizado como un factorial completamente al azar. El factor rizobacteria incluyó 5 niveles: las dos cepas de rizobacterias más *Fusarium* spp., un consorcio entre ambas más el hongo patógeno, un testigo inoculado con *Fusarium* spp. y un testigo absoluto sin rizobacteria y sin el hongo; el factor temperatura incluyó dos niveles: 15°C y 25°C. Como unidad experimental se consideraron 11 plántulas por repetición. Los datos se procesaron con el uso del paquete estadístico SAS con el fin de obtener el análisis de varianza (SAS Institute, 2002).

Resultados y discusión

Los tratamientos sometidos a temperatura de 25°C tuvieron mayor mortalidad de plántulas con 95%, mientras que a temperatura de 15°C hay una disminución en el número de plántulas muertas con 15% (Figura 1). Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Casero (2015) quien menciona que altas temperaturas causan mayor mortalidad de plántulas. Esto debido a que las fluctuaciones en temperatura, sobre todo cuando las temperaturas son altas pueden alterar el comportamiento de los agentes patógenos.

Con respecto al efecto de la inoculación de las cepas de rizobacterias sobre el control de *Fusarium* spp. en *P. pseudostrobus* Lindl., se observó que el número de plántulas muertas en todos los tratamientos no son significativamente diferentes, excepto en el testigo absoluto donde no se inoculó el hongo fitopatógeno. Los resultados de los tratamientos inoculados son similares con respecto al testigo sin inocular con rizobacterias, es decir, no existió efecto en el control de *Fusarium* spp. con el uso de las cepas de rizobacterias en ambas temperaturas (Figura 2).

Estos resultados coinciden con lo señalado por McDonald et al. (1994), quien encontró que *Fusarium* spp. se desarrolla a altas temperaturas entre 25°C y 30°C y ocasiona daños severos en plántulas de *Pinus radiata*.

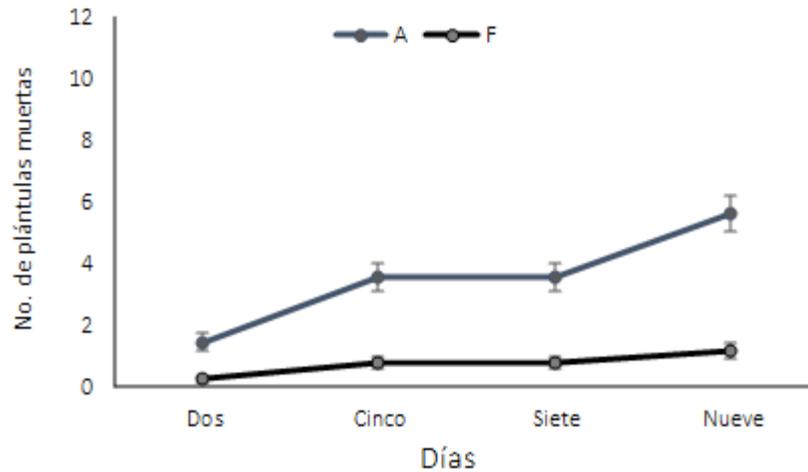


Figura 1. Efecto de la temperatura en *Pinus pseudostrobus* Lindl. en la mortalidad de plántula a los nueve días de su evaluación. A= temperatura a 25°C y F= temperatura a 15°C.

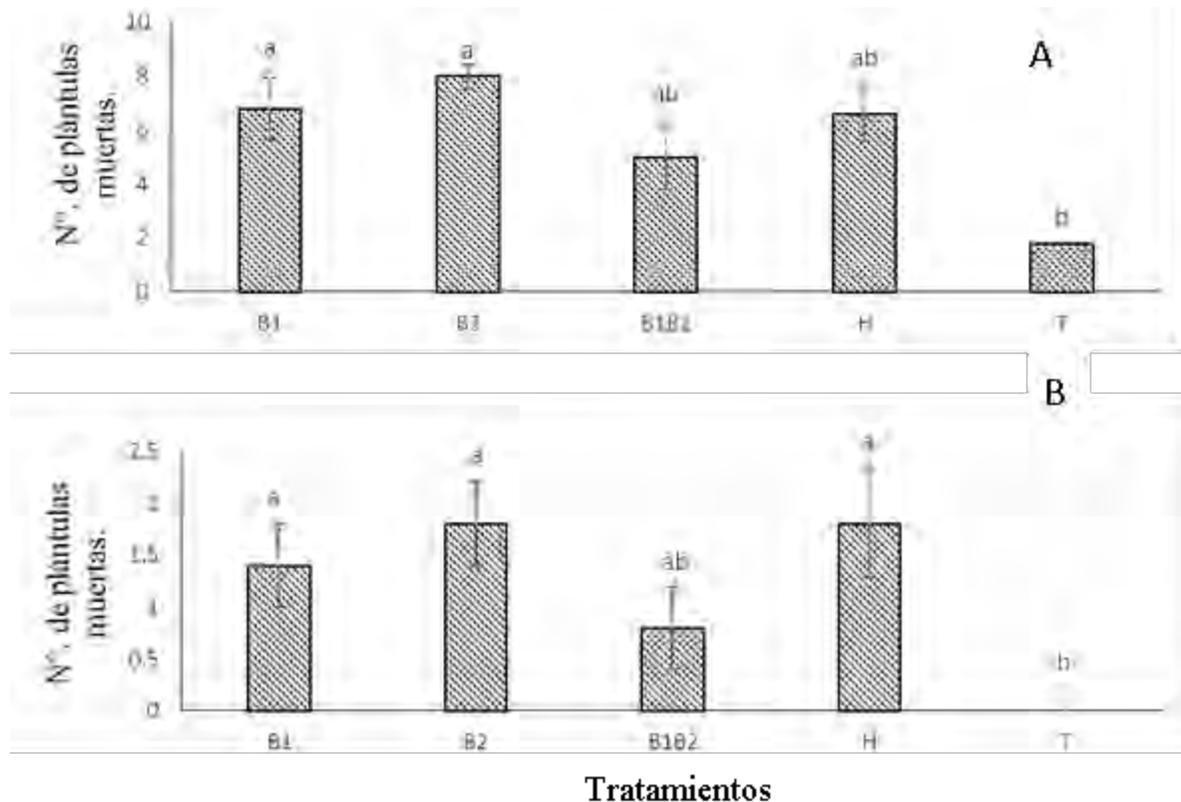


Figura 2. Efecto de la temperatura y la inoculación de cuatro cepas de rizobacterias en el número de plántulas muertas a los nueve días después de establecer el experimento. A=temperatura de 25°C y B=temperatura de 15°C, B1= Cepa B25, B2= Cepa BSP1.1, B1B2=Combinación de ambas cepas de bacterias, H=Hongo, T=testigo absoluto. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Tukey (0.05).

Conclusiones

1. Se observó que bajo la temperatura de 25°C hubo mayor número de plántulas muertas que en la temperatura de 15°C.
2. La inoculación de las cepas de rizobacterias en *P. pseudostrobus* no tuvo efecto sobre el control de *Fusarium* spp.

Literatura citada

- Benítez, G., M. Equihua y M.T. Pulido S. 2002. Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Revista Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 8(1): 5-12.
- Delgado, O. J. C., Y. M. Ochoa F., E. Cerna C., M. Beltrán B., R. Rodríguez G., L. A. Aguirre y O. Vázquez M. 2016. *Fusarium* species associated with basal rot of garlic in North Central México and its pathogenicity. *Revista Argentina de Microbiología* 48(3): 222-228
- SAS Institute. 2002. *SAS/STAT user's guide*. Version 9. SAS Institute. Cary, NC., USA.
- Casero, J. D. 2015. Patologías forestales y cambio global: globalización, cambio climático y cuestiones legales. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 39:249-258.
- Hernández, E. J. 2014. Efecto de *Rhizobium* spp. y *Boletus frostii* en el crecimiento de plántulas de *Quercus resinosa*. Tesis de Licenciatura. Univ. Aut. San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. 51 p.
- Mc Donald, M. J. 1994. Temperature: effects on *Fusarium subglutinans* f. sp. pini infection on juvenile *Pinus radiata* (Monterey pine) and influence on growth of *Fusarium subglutinans* f. sp. pini isolates from California and Florida. *Master's Theses*. 779 p.
- Soldevilla, C. 1995. Marras de origen fúngico (Damping-off) en plantas del género *Pinus* sp. cultivadas en invernadero. *Bol. Sanidad vegetal. Plagas* 21(1):87-109.
- Sánchez, H. M. E., M. R. Varo S., Trapero, S. Andicoberry de los Reyes y A. Trapero C. 1999. Sanidad vegetal: Enfermedades que afectan a la producción de planta forestal en viveros andaluces españoles. Departamento de Agronomía, ETSIAM. Universidad de Córdoba. p. 1030-1034.
http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/2442/Trapero_Casas_30.pdf?sequence=1
[consultado el 15 de octubre de 2017].

PODER CALORÍFICO DE LA BIOMASA DE BAMBÚ *Guadua aculeata* EN DOS ETAPAS DE MADUREZ

Patricia Aguilar Sánchez^{310*}, Edna E., Suárez Patlán³¹⁰, Casimiro Ordóñez Prado³¹⁰ y Juan Carlos Tamarit Urias³¹⁰

Resumen

La biomasa de bambú es una alternativa viable para sustituir a la biomasa forestal, principalmente por su rápido crecimiento y bien podría ser un elemento sustentable para la generación de energía limpia. El bambú es originario de China, sin embargo, en el trópico mexicano existen especies como *Guadua aculeata*, nativa de los Estados de Puebla y Veracruz. Una de las propiedades que define la calidad de la biomasa para combustibles sólidos es el poder calorífico (PC), por lo que el objetivo principal de este trabajo fue la determinación del PC de *Guadua aculeata* en dos etapas de madurez, colectados en la región de Hueytamalco, Puebla. El PC se obtuvo por medio de un calorímetro de bomba isoperibol PARR1266. Se realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias por el método de Duncan, utilizando el programa SAS 9.3®. Los resultados indican que existen diferencias significativas con un $p < 0.01$, entre el PC de los bambús jóvenes y maduros, obteniendo valores promedio que van en un rango de 3,964.35-5,311.26 cal·g⁻¹.

Palabras clave: combustible, energía limpia, humedad

Introducción

Algunas comunidades en México cubren sus necesidades energéticas mediante el aprovechamiento de los recursos forestales, bien sea en forma de leña o con la producción de carbón, constituyendo un factor más del alto grado de deforestación del país. Este proceso causa controversia cuando hay un consumo desmedido, por lo que existe una creciente necesidad de utilizar materiales adicionales renovables, a través de un desarrollo de procesos sostenibles. El bambú, es una fuente de biomasa que presenta la propiedad de

³¹⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental San Martinito, aguilar.patricia@inifap.gob.mx

una alta tasa de crecimiento, por lo que la hace una alternativa a la madera nativa o reforestada (Hernández-Mena et al., 2014).

Los bambúes se encuentran distribuidos en la parte tropical de la República Mexicana, incluyendo algunas zonas montañosas del Centro. En México se encuentran cuarenta y dos especies de bambúes leñosos y doce especies de bambúes herbáceos. Los estados donde se han aprovechado estas especies son Jalisco y Veracruz; en este último, se tiene un registro de 21 especies. En Puebla se registran cinco especies nativas, dentro de ellas destacan la *Guadua aculeata*, *Guadua amplexifolia*, *Otatea acuminata aztecorum*, *Otatea mbriata* y *Chusquea glauca*. La transformación de los bambusales es principalmente para paneles de construcción, muebles, artesanías, laminados, celulosa para la elaboración de papel y carbón activado, entre otros. La *G. aculeata* se caracteriza por tener entrenudos relativamente cortos en la base y presencia de espinas en los nudos, y es nativa de México y Centroamérica, conocida como tarro, caña vaquera, otate o simplemente como bambú criollo (Bejarano, 2010).

Estudios que le apuestan a las plantaciones de bambú con fines energéticos están en aumento y esto se debe a que la energía de la biomasa del bambú tiene un gran potencial para ser una alternativa a la biomasa forestal y también a los combustibles fósiles. La biomasa de bambú se considera como un recurso renovable y puede ser procesado para obtener diferentes tipos de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Al igual que otros materiales lignocelulósicos, el bambú por sí solo no puede satisfacer toda la demanda de energía, pero si se puede combinar con otras fuentes para explotar mejor su potencial y proporcionar un suministro de energía sostenible (Poppens, et al., 2013; Kumar y Chandrashekar, 2014, Troung y Le, 2014).

Los estudios de las propiedades químicas de mayor importancia, y que afectan los procesos de conversión termoquímica y calidad de los combustibles, son el análisis proximal (humedad, contenido de cenizas, carbono fijo y volátiles), análisis químico (celulosa, lignina, hemicelulosa y contenido de extractivos), análisis elemental (composición de C, H, N, S y O), poder calorífico, densidad aparente y contenido de metal alcalino. Las características de la biomasa varían según la fuente y necesitan ser conocidas en detalle antes de que se desarrolle algún proceso termoquímico (Sauciuc et al., 2014). El poder calorífico (PC) de un material, es un parámetro importante para caracterizar una sustancia como combustible, la cual indica el contenido de energía o valor calorífico que se libera cuando es quemado en presencia de aire. Este se mide generalmente en términos del contenido energético por unidad de masa ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) o de volumen ($\text{MJ}\cdot\text{l}^{-1}$ o $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$) (Telmo y Lousada, 2011; Fryda et al., 2014; Patel et al., 2016;). Debido a la gran variedad de combustibles potenciales de biomasa existentes, la medición precisa de su poder calorífico es un requisito de diseño previo, ya que es uno de los parámetros más importantes en la evaluación de la generación

competitiva de energía, a partir de la combustión de biomasa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el poder calorífico del bambú *G. aculeata* en dos etapas de madurez, colectados en la Región de Hueytamalco, Puebla.

Materiales y métodos

Colecta y biomasa

Se llevó a cabo una colecta de dos culmos jóvenes y dos maduros de *G. aculeata* en la Región de Hueytamalco Puebla. Los bambúes se dividieron en secciones base (B), media (M) y alta (A), y se transportaron al laboratorio para la determinación de humedad y poder calorífico.

Preparación de la muestra

Se realizó una reducción de tamaño de las muestras, de acuerdo a la norma TAPPI T 257, en un molino tipo Thomas Wiley; posteriormente, el material molido se tamizó con mallas No. 40 y 60, utilizando para los análisis el material contenido en la malla 60. Las muestras tamizadas se colocaron en bolsas con identificación y se almacenaron para posteriores análisis.

Poder calorífico (PC)

Para la determinación de PC se utilizó un Calorímetro Parr 1266, siguiendo el procedimiento del manual de operación. Antes de iniciar la prueba se calibró el calorímetro con tabletas de ácido benzoico de grado calorífico y con un peso no mayor a 1 g. Con el material molido se formaron 5 pellets por muestra, cuyo peso varió entre 0.5 a 0.9 g. Al mismo tiempo, se tomó 1 g del material molido para determinar su respectivo contenido de humedad (CH). El pellet se colocó en una cápsula de combustión y en la parte superior un alambre de ignición de 10 cm, evitando que el alambre tocara las paredes de la cápsula. Después, la capsula con el pellet y el alambre se colocó en una bomba de oxígeno, cerrándose para inyectar oxígeno. Finalmente, la bomba se introdujo en el interior del equipo, conectándose a los electrodos. La determinación del PC de cada muestra se llevó a cabo en un tiempo no mayor a 10 minutos, realizando cinco repeticiones por muestra. Los resultados se obtuvieron directamente del calorímetro en unidades $\text{cal}\cdot\text{g}^{-1}$ y se ajustaron de acuerdo a la ecuación 1.

$$PCt = \frac{Es (At) - 10 - Lai (k)}{Pm} \quad (1)$$

Dónde: PCt = poder calorífico total [cal·g⁻¹]
Ee = Energía equivalente [cal °C⁻¹]
At = Aumento de la temperatura [°C]
Lai = Longitud del alambre de ignición quemado (cm)
k = Constante (2.3 cal.cm⁻¹)
Pm = Peso de la pastilla (muestra) [g]

Contenido de humedad

Para la determinación del CH, se introdujeron previamente vasos de precipitado de 10 ml a una estufa, durante 4 horas, a 103°C ± 2°C; posteriormente, fueron extraídos de la estufa y se mantuvieron en un desecador, y fueron pesados registrando los pesos de los vasos. Inmediatamente, se agregó 1 g de material molido aproximadamente a los vasos, pesando de nuevo el vaso con el material, colocándolo en una estufa, a una temperatura de a 103°C ± 2°C, por aproximadamente 6 h, hasta que se alcanzó un peso constante (peso seco o anhidro). El cálculo para determinación de CH se realizó como a continuación describe en la ecuación 2:

$$CH = \left(\frac{Ph - Po}{Po} \right) * 100 \quad (2)$$

Dónde: CH (%) = Contenido de humedad en por ciento
Ph = Peso húmedo de la madera
Po = Peso anhidro de la madera

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de varianza de comparación múltiple de medias por el método de Duncan utilizando el programa SAS 9.3 ® (SAS Institute, 2011).

Resultados y discusión

El bambú maduro presento un poder calorífico promedio de 5,180.29 cal·g⁻¹, el cual es mayor al poder calorífico promedio presentado por el bambú joven el cual fue de 4,131.92 cal·g⁻¹, de acuerdo con la comparación múltiple de medias, observándose diferencia estadística (p<0.01). En el Cuadro 1 se muestran los resultados de calorimetría y humedad para los

culmos jóvenes y maduros de *Guadua aculeata* por sección, estos resultados muestran una similitud a lo encontrado por Kumar y Chandrashekar et al., (2014) en diferentes especies de bambú, quienes reportaron valores de calorimetría entre los 4,466 a 4,681 cal·g⁻¹; de la misma forma, estos valores son similares a los que reportan algunas especies forestales, los cuales van de las 4,000 cal·g⁻¹ hasta 4,500 cal·g⁻¹ peso seco. En la Figura 1 se observa que el culmo maduro tiene un poder calorífico mayor, por lo que, para fines energético, se recomienda su aprovechamiento en la edad madura, lo cual coincide con lo reportado por Engler et al., (2012).

Cuadro 1. Promedios de contenido de poder calorífico y humedad. (1= base, 2= media, 3= alta).

Guadua aculeata	Sección	Poder calorífico (cal·g ⁻¹)	Contenido de humedad (%)
Joven	1	3,964.35	11.92
	2	4,104.79	7.00
	3	4,326.62	7.94
Maduro	1	5,311.26	5.39
	2	4,992.48	4.77
	3	5,237.15	4.77

En la Figura 1 se observa que el culmo maduro tiene un poder calorífico mayor, por lo que, para fines energético, se recomienda su aprovechamiento en la edad madura, lo cual coincide con lo reportado por Engler et al. (2012).

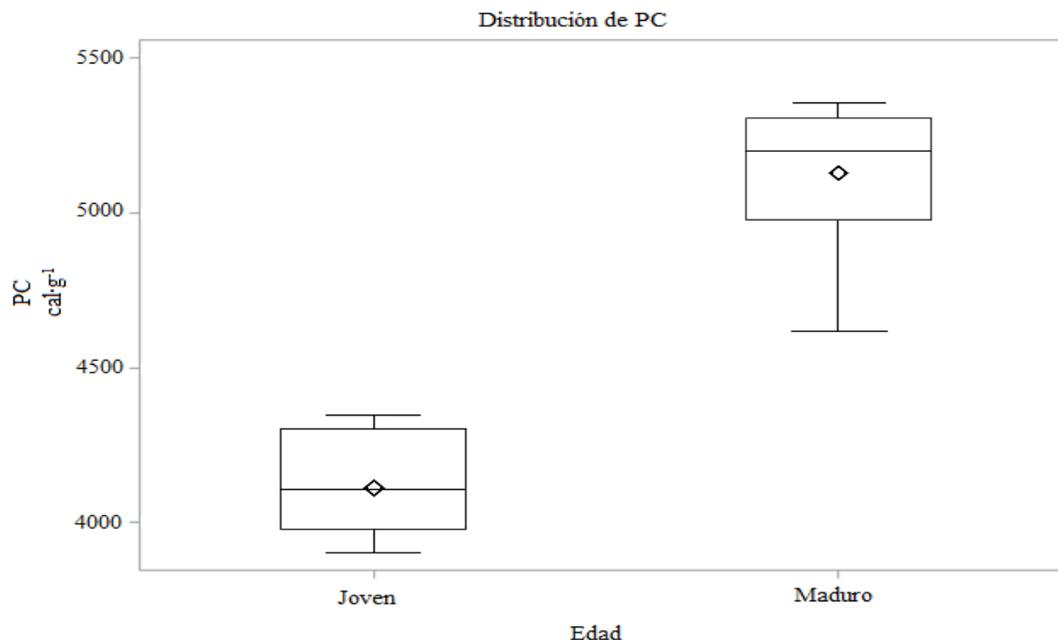


Figura 1. Poder calorífico del bambú *Guadua aculeata* en dos etapas de madurez.

El Cuadro 2 muestra los resultados de la comparación múltiple de medias, observándose que existen diferencias significativas entre secciones. La sección 3 muestra un valor de poder calorífico más alto, en comparación con la sección 1 y 2, manifestando que entre ellas no existe dicha diferencia. Zaragoza y Borja (2012), reportaron que la densidad de la madera de esta gramínea es mayor en la parte alta del culmo, por lo que se reafirma el hecho de existe una fuerte relación lineal entre la densidad y el poder calorífico.

Cuadro 2. Prueba de comparación múltiple de Duncan para PC.

Agrupamiento Duncan	Media	N	Sección
A	4891.79	8	3
B	4670.11	9	1
B	4556.33	9	2

Las muestras con la misma letra no son significativamente diferentes. (1= base, 2= media, 3= alta).

Conclusiones

La comparación del poder calorífico de los culmos del bambú *G. acuelata* presentó diferencias estadísticas significativas entre la parte basal y media con respecto a la parte alta, siendo mayor el PC en esta última. El PC promedio para los culmos maduros fue de 5,180.30 cal·g⁻¹ y de 4,131.92 cal·g⁻¹ para los culmos jóvenes. Los datos presentados en este trabajo muestran al bambú como un material lignocelulósico sustentable que bien podría sustituir y/o vincularse a los maderables para generación de nuevas opciones energéticas. Se resalta la necesidad de que para que un material sea viable en términos bioenergéticos, es necesario llevar a cabo otros estudios adicionales complementarios tales como la composición química y contenido de cenizas.

Literatura Citada

- Bejarano, L. R. 2010. Manual de aprovechamiento sostenible de bambusales naturales. Fundación Produce Puebla, A.C. Puebla, México. 34 p.
- Engler, B., S. Schoenherr, Z. Zhong and G. Becker. 2012. Suitability of bamboo as an energy resource: analysis of bamboo combustion values dependent on the culm's age. *International Journal of Forest Engineering* 23(2):114-121.

Fryda L., C. Daza, J. Pels, A. Janssen and R. Zwart. 2014. Technical evaluation of the bamboo species *Guadua angustifolia*: thermally pre-treated vs. untreated material. Conference paper, session reference: 2CO.10.4. Characterisation of fuels, ash slagging behaviour and emissions. https://www.researchgate.net/profile/Lydia_Fryda/publication/261257740_TECHNICAL_EVALUATION_OF_THE_BAMBOO_SPECIES_GUADUA_ANGUSTIFOLIA/links/0c960533bb9659b8cf000000.pdf [consultado el 19 de julio de 2017].

Hernández-Mena L., A. A. Pécora B. and A. Beraldo L. 2014. Slow pyrolysis of bamboo biomass: analysis of biochar properties. *Chemical Engineering Transactions* 37:115-120.

Kumar R. and N. Chandrashekar. 2014. Fuel properties and combustion characteristics of some promising bamboo species in India. *Journal of Forestry Research* 25(2):471-476.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT. User's guide. Versión 9.3. SAS Institute Cary NC. USA.

Sauciuc A., L. Dumitrescu, I. Manciulea, R. Rauch and H. Hofbauer. 2014. Characterization of biomass used for Fischer-Tropsch diesel synthesis. p. 335-346. In: Visa I. (eds). *Sustainable Energy in the Built Environment-Steps Towards nZEB*. Springer Proceedings in Energy. Springer, Cham. Switzerland.

Patel M., X. Zhang and A. Kumar. 2016. Techno-economic and life cycle assessment on lignocellulosic biomass thermochemical conversion technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53:1486-1499.

Poppens, R. P., Van J. E. G. Dam and H. W. Elbersen. 2013. *Bamboo: Analyzing the potential of bamboo feedstock for the biobased economy*. Research report. Wageningen University. NL Agency. Ministry of Economic Affairs. The Netherlands. 32 p.

Telmo C. and J. Lousada. 2011. Heating values of wood pellets from different species. *Biomass and Bioenergy* 35(7):2634-2639.

Truong, A. H. and T. M. A. Le. 2014. Overview of bamboo biomass for energy production. Working papers. University of sciences and technologies of Hanoi department of renewable energy. Archives ouvertes, fr. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01100209/document> [consultado el 3 de octubre de 2017].

Zaragoza H. I. y R. M. A. Borja M. 2012. Anatomía y propiedades físico-mecánicas del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. De México. 68 p.

GERMINACIÓN DE *Alfaroa mexicana*, *Myroxylon balsamum*, *Vatairea lundellii* Y *Pterocarpus rohrii*

Rafaela Mendoza García^{311*}, Gabriel Luna Cabal³¹¹, Javier Roldán Hernández³¹¹, José Luis López Ayala³¹¹, Jasiel Valdivia Sánchez³¹¹ y Alejandro Llaguno Aguiñaga³¹¹

Resumen

La importancia de la presente investigación radica primordialmente en la alternativa de germinación de cuatro especies forestales importantes de conservar en la región de Tezonapa, Veracruz, ya que dos de ellas se encuentran dentro de la norma oficial mexicana bajo el estatus de peligro de extinción. La investigación se llevó acabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica Campus Tezonapa. Consistió en realizar durante el periodo de agosto–diciembre de 2016 la evaluación de tres sustratos para germinar cuatro especies forestales, los sustratos fueron peat moss (100%), vermiculita con lombricomposta (50% / 50%) y cascarilla de café (100%) para *Alfaroa mexicana*, *Myroxylon balsamum*, *Vatairea lundellii* y *Pterocarpus rohrii*, durante el periodo de evaluación no se logró obtener germinación de (*A. mexicana* ni de *M. balsamum*) ya que las semillas de *A. mexicana* tienen una testa muy resistente y fue necesario someterlas a varios tratamientos escarificantes. Por su parte, *V. lundellii* y *P. rohrii* de los tres tratamientos que se utilizaron, el que correspondió al de cascarilla de café fue en el que se obtuvieron los mejores resultados con una germinación del 27%.

Palabras clave: especies en peligro, escarificación, sustratos

Introducción

La intención de rescatar aquellas especies forestales maderables es de gran importancia de la región de Tezonapa, como el caso de *Alfaroa Mexicana* y *Myroxylon balsamum*, *Vatairea lundellii* (ambas en peligro de extinción) y *Pterocarpus rohrii* endémicas de la zona y enlistadas actualmente en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo algún estatus de protección. La ordenación sostenible de los bosques favorece diversas funciones ambientales y socioeconómicas, importantes a la escala mundial, nacional y local, pues desempeñan un

³¹¹ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México. rafaela_ias@itszongolica.edu.mx

papel esencial para el desarrollo sostenible. La situación de los recursos forestales, en términos de superficie y de sus cambios, sino también en términos de existencias en formación, productos forestales maderables y no maderables, carbono, áreas protegidas, uso de bosques con fines recreativos y otros servicios están el peligro; por ello, es importante fomentar cadenas productivas sostenibles de bienes y servicios basados en la biodiversidad, y apuntalar en los corredores biológicos de la región estrategias permitan la conservación de los ecosistemas y el desarrollo sostenible (Rojas y Ríos, 2012).

Para manejar de forma sostenible los recursos forestales, se requiere conocer a detalle las complejas interacciones que ocurren entre las especies, al mismo tiempo que las relaciones de estas con los componentes abióticos que le rodean (Díaz, 2005). Lobo (2000) menciona que los bosques deben tener un valor agregado para la gente, el cual debe estar representado por la totalidad de sus recursos; actualmente los bosques se encuentran sometidos a una fuerte degradación ecológica, causada por uso del suelo inapropiado, modelos económicos no acordes con la conservación de los recursos forestales, con deforestación, contaminación ambiental e introducción de especies exóticas. Una estrategia de rescate, conservación, restauración y manejo forestal de los fragmentos de vegetación nativa de nuestro país son las fuentes semillas o unidades productoras de germoplasma forestal (García et al., 2011). El presente trabajo pretende ser de utilidad a productores forestales y agroforestales, para las comunidades rurales de nuestro país, extensionistas, estudiantes y todos aquellos que estén interesados en conocer e iniciar actividades productivas y de conservación de las especies.

Materiales y Métodos

Área de colecta de las especies estudiadas

El Cuadro 1 muestra información sobre las características de los sitios de colecta de las especies en estudio y las coordenadas de árboles padre de las semillas. La Figura 1 muestra las diferencias entre estructuras de las semillas colectada por especie.

Cuadro 1. Selección del área de estudio y georreferenciación de los árboles padre.

Especie	Comunidad	Latitud	longitud	Altitud (m)
Alfaroa mexicana	Unión y progreso	18°38' 323"	096°50'.471"	1,367
Myroxylon balsamum	San Gabriel	18°34'41.2"	096°44'03.5"	493
Vatairea lundellii	San Gabriel	18°34'41.2"	18°38'50.1"	493
Pterocarpus rohrii	Francisco Villa	18°'38'50.1"	096°44'14.7"	754



Necoxtle (Alfaroa Mexicana)



Bálsamo (Myroxylon balsamum)



Amargoso (Vatairea lundellii)



Sangrégado (Pterocarpus rohrii)

Figura 1. Diferencias entre estructuras de las semillas colectada por especie.

Para la germinación de las especies se utilizaron 27 charolas de polietileno, 9 charolas por cada especie las cuales fueron desinfectadas para su utilización. La preparación de sustratos consideró materiales regionales como cascarilla de café y lombricomposta, y se les adicionó peat moss y vermiculita. Se elaboraron las combinaciones siguientes: cascarilla de café (100%) + peat moss (100%), y vermiculita + lombricomposta al 50/50%, considerando recomendación de Patlax (2013) que reporta buena efectividad con las combinaciones en especies forestales; *A. mexicana* recibió tratamiento previo a la germinación, ya que no se encontró registro de tratamiento, y constituye una nuez con testa dura, por lo que se sometió a lijado, reposo con agua oxigenada e inmersión en agua durante 48 horas.

Resultados y discusión

La Figura 2 muestra las especies que observaron respuesta: *Vatairea lundellii* y *Pterocarpus rohrii*, semillas chicas y de testa blanda, con germinación en el tratamiento de peat moss de 30%. En la combinación de lombricomposta + vermiculita la germinación fue del 8% y con cascarilla de café fue del 1%. En tanto que para *Pterocarpus rohrii* se obtuvo 22% con peat

moss, 23% con lombricomposta y 17% con cascarilla de café, por tanto, se puede inferir que estas especies son de fácil propagación por medio de semillas y que el mejor resultado lo obtiene el sustrato inerte de peat moss.

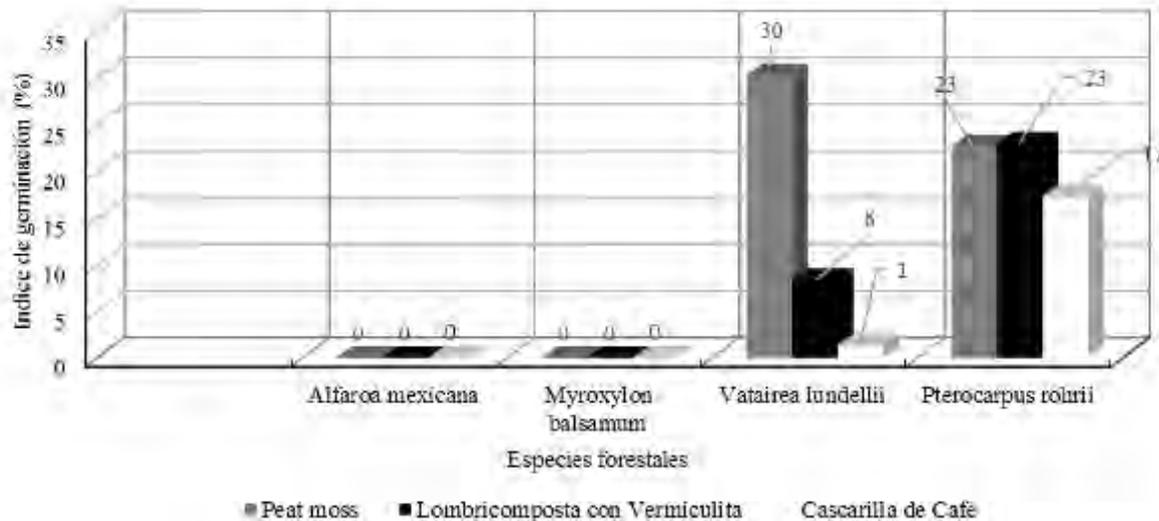


Figura 2. Respuesta de los sustratos probados a la germinación de las semillas por especie.

Conclusiones

1. Se necesitan más estudios para la especie *Alfaroa mexicana* ya que es una especie poco estudiada y su madera tiene una resistencia parecida a la caoba.
2. *Myroxylon balsamum* en la región de Tezonapa es ampliamente buscado para hacer carrosas de camionetas ya que la madera tiene la característica de soportar los efectos de la intemperie durante años.
3. *Vatairea lundellii* y *Pterocarpus rohrii* contribuyen a la conservación de los ecosistemas y además brindan opciones económicas a los pobladores de la región, contribuyendo a la mejora de recursos económicos de las personas, además de que enriquecen los agro ecosistemas, mejoran la calidad del suelo, favorecen la retención de agua y propician hábitat adecuado. Estos beneficios pueden conseguirse a bajo costo ya que la obtención de germoplasma y los medios de propagación son accesibles.

Literatura citada

Díaz, S. F. 2005. Evaluación del estado actual de las poblaciones de 23 especies forestales en bosques naturales en el Municipio de el Castillo, Río San Juan, Nicaragua. Tesis de posgrado. Turrialba, Costa Rica.

García, Y., J. M. Ramos y J. Becerra. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. Centro de Investigaciones Tropicales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. CONABIO 94:12-15.

Patlax, M. O. 2013. Te de lombricomposta y solución nutritiva en la producción de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) en invernadero con sistema de raíz flotante. Trabajo de experiencia profesional (Ingeniero Agrónomo). Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

Rojas, M. D. y A. V. Ríos. 2012. Informe de Evaluación Ambiental. Proyecto: Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad. 260 p.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS FORESTALES A PARTIR DE AUTOHIDRÓLISIS POR STEAM EXPLOSION DE *Pinus patula*

Edna Elena Suárez Patlán^{312*}, Patricia Aguilar Sánchez³¹², Noel Carrillo Ávila³¹², Casimiro Ordoñez Prado³¹² y Martha Elena Fuentes López³¹²

Resumen

El objetivo del trabajo fue establecer un método de aprovechamiento del aserrín de *Pinus patula* a partir de la extracción de azúcares por el método steam explosion. La metodología consideró la cuantificación de la celulosa y la hemicelulosa de los residuos en forma de aserrín, determinando las mejores condiciones de hidrólisis fisicoquímica mediante explosión súbita de vapor (aserrín obtenido del aserradero y aserrín pretratado con H₂SO₄ al 1%) con diferentes condiciones de presión (rangos de 15 a 50 kg/cm²) y tiempos de residencia (5, 10 y 15 minutos). Se realizó un análisis de las condiciones de hidrólisis, determinando los azúcares reductores mediante la técnica DNS y el perfil de carbohidratos de los hidrolizados por cromatografía líquida de alta resolución. Los azúcares reductores y el perfil de carbohidratos obtenidos se analizaron mediante un diseño factorial completamente al azar con el programa Statgraphics (StatPoint Technologies, 2009). Los resultados muestran que *P. patula* tiene un contenido de celulosa de 41% y de hemicelulosas de 20%. El ANOVA mostró que los factores: pretratamiento, presión, tiempo y la interacción entre pretratamiento-presión, pretratamiento-tiempo y presión-tiempo, fueron significativos ($p \leq 0.05$) con respecto a azúcares reductores. Con un nivel de confianza del 95% las presiones de 30 y 35 kg/cm², con tiempos de residencia de 10 minutos en aserrín con pretratamiento observaron el mayor contenido de azúcares reductores en promedios de 16 a 20%. Los carbohidratos obtenidos del análisis en HPLC fueron glucosa y xilosa, y la presión fue un factor significativo para la obtención de glucosa, pues con una presión de 40 kg/cm² en aserrín sin pretratamiento se obtuvo el mayor contenido de glucosa con un promedio de 7.8%. En el caso de la xilosa, los factores significativos fueron pretratamiento y presión, manifestando en promedio 5.5% de xilosa con aserrín pretratado y 3.9% en aserrín sin pretratamiento a 35 kg/cm², constituyendo esta la presión con mayor efectividad en la obtención de xilosa de aserrín de *P. patula* por el método explosión súbita de vapor.

³¹²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental San Martinito, suarez.edna@inifap.gob.mx

Palabras clave: Explosión súbita de vapor, xilosa, azúcares reductores

Introducción

Los residuos derivados de la industria forestal son materiales lignocelulósicos de los cuales se pueden obtener diversos productos de alto valor agregado. El aprovechamiento de estos residuos en los procesos industriales para la generación de productos es una necesidad ambiental, debido a que generan contaminación y pueden causar accidentes como incendios u otros. Diversos estudios sobre el aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos como bagazo de caña, olote de maíz, paja de trigo, arroz, etc., así como también de residuos forestales, han llevado a la conclusión de que estos residuos son aptos para la obtención de energías renovables, biocombustibles, alimento para animales, biomasa microbiana, etc. (Álvarez et al., 2001).

Un método de hidrólisis para materiales lignocelulósicos es el de explosión súbita de vapor o “steam explosion”, que consiste en someter un material lignocelulósico al contacto directo con vapor a altas presiones y por diferentes tiempos, liberando el vapor de forma súbita para romper la matriz celular (Triana, 2010). Constituye un método de fraccionamiento del material lignocelulósico que persigue fundamentalmente la hidrólisis de las hemicelulosas (Lozanoff et al., 2007) y se basa en la acción hidrolítica del vapor a altas temperaturas que hidroliza los enlaces lignino-celulósicos, solubiliza la hemicelulosa y elimina los grupos acetilo (Basurto et al., 2012). Es uno de los pretratamientos más efectivos para las maderas duras y desechos agrícolas (Cuervo et al., 2009). Desde el punto de vista ambiental, es un método poco contaminante, pero presenta dos dificultades, una de ellas es la producción de agentes inhibidores como furfural y ácidos orgánicos e hidroximetilfurfural (HMF) (Basurto et al., 2012), así como problemas de separación, que pueden incrementar los costos de operación, a pesar de esto, el método ha sido implementado con éxito en la producción de hidrolizados con alta concentración de azúcares reductores (Triana, 2010).

Materiales y métodos

Se utilizaron materiales básicos de laboratorio: membranas de nylon de 45 μm , micropipetas (1000 μL y 250 μL), acrodiscos Millex Millipore de nylon (0.20 μm), tubos Eppendorf y viales. De la misma forma se usaron los siguientes reactivos: acetona, ácido acético, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, etanol, hidróxido de sodio, glicerol, solución de ácido dinitrosalicílico al 1%, solución de tartrato de sodio y potasio al 40%, soluciones Buffer de pH

4, 7 y 10, sulfato de zinc al 5% y óxido de bario 0.3 M, clorito, agua destilada y agua desionizada, estándar como glucosa, xilosa, galactosa, ribosa, arabinosa, manosa, furfural y 5-hidroximetil furfural. Como equipo de laboratorio se utilizó: autoclave, balanza analítica, baño de agua digital, bombas de vacío, campana de extracción de vapores, centrifuga 5424 Eppendorf, centrifuga LABOGENE 1580, equipo de filtración, espectrofotómetro, estufa de secado convencional, estufa de secado por vacío, HPLC con módulo de separación Waters 2695 y detector Waters 2414 con columnas SHODEX SH1011, medidor de pH THERMO ORION420, parrillas de calentamiento con agitación, vortex-1 Genie Touch Mixer y reactor de explosión súbita de vapor.

La preparación de las muestras se realizó bajo la norma TAPPI T257 cm-85 (TAPPI, 2000). La liberación de extractivos de las muestras consideró la norma TAPPI 204 (TAPPI, 2000), y la determinación de holocelulosa con base en la norma ASTM (D1104) (ASTM, 1997), mientras que la de celulosa bajo la norma ASTM (D 1103) (ASTM, 1997). La determinación de hemicelulosas se realizó por diferencia de peso de la holocelulosa menos el de la celulosa. El proceso de autohidrólisis o explosión súbita de vapor consistió en someter la muestra de aserrín de madera a diferentes presiones desde 15 hasta 50 kg/cm² con tiempos de residencia de 5, 10 y 15 min para posteriormente hacer una descompresión súbita que generó una explosión interna la cual afectó la estructura del aserrín. De esta explosión se obtienen dos fases, una líquida y una sólida, la líquida se somete a determinación de azúcares reductores. La determinación de azúcares reductores se realizó por medio del método colorimétrico dinitrosalicílico (DNS) en un espectrofotómetro HACH DR 500, longitud de onda única a 575 nm. Posteriormente se analizaron en HPLC con corridas de 1 h, con una velocidad de inyección de 1 mL/min, 490 psi de presión y 55°C de temperatura, en columna shodex 10 con curvas de calibración de xilosa, arabinosa, glucosa, manosa, galactosa, 5HMF y furfural. El contenido de glucosa y xilosa se evaluó estadísticamente respecto a los factores: A) Pre tratamiento ácido y B) Presión sobre las variables dependientes o de respuesta; glucosa y xilosa. Los resultados se analizaron mediante un diseño multifactorial con el programa estadístico Statgraphics Centurión (StatPoint Technologies, 2009), se aplicó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias. Se evaluaron tres factores o variables independientes; A) Pretratamiento ácido, B) Presión y C) Tiempo, sobre la variable dependiente o de respuesta.

Resultados y discusión

Los resultados del ANOVA determinaron que los tres factores tienen efecto estadísticamente significativo, así como su interacción. Debido a que los factores involucrados afectan la

producción de azúcares reductores, significa que todos incluyen las mejores condiciones para la generación de azúcares. Por otro lado, con relación a las presiones evaluadas, se pudo ver que a partir de 30 kg/cm² se elevó la cantidad de azúcares reductores hasta los 40 kg/cm² y a partir de esa presión comienzan a descender los azúcares obtenidos (Figura 1).

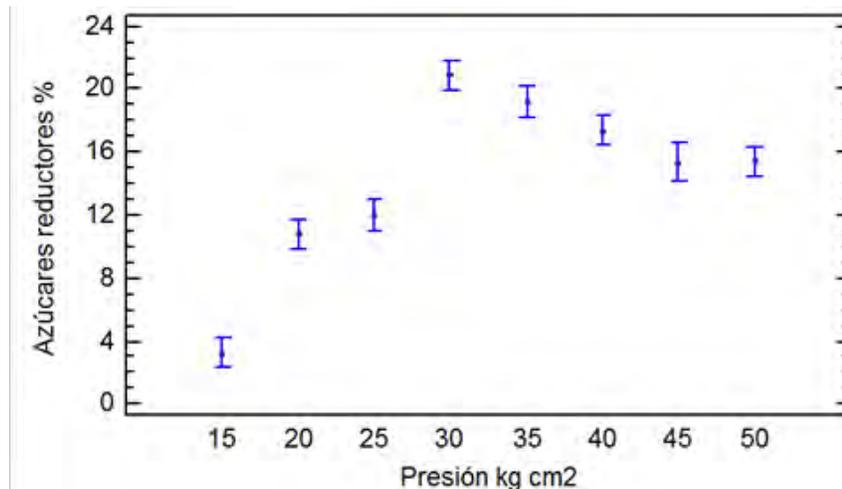


Figura 1. Gráfica de medias y 95% de Fisher (LSD) de azúcares reductores respecto a la autohidrólisis por steam explosión.

De acuerdo a la prueba de rangos múltiples, las presiones de 30 y 35 kg/cm², comparten un grupo homogéneo lo que implica que la diferencia de 1.69% no es significativa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Pruebas de rangos múltiples para azúcares reductores por presión.

Presión (kg/cm ²)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15	24	3.23333	0.622964	X
20	24	10.7875	0.622964	X
25	24	12.0	0.622964	X
45	23	15.35	0.780926	XX
50	24	15.4083	0.622964	X
40	24	17.3958	0.622964	XX
35	24	19.2042	0.622964	XX
30	24	20.8958	0.622964	X

Con relación al tiempo de residencia de las muestras previo a la explosión súbita de vapor, se obtuvo que entre los tiempos 5 y 15 minutos no hubo diferencia estadística, sin embargo, entre los tiempos 5 y 10 minutos y 15 y 10 minutos hay una diferencia significativa de 3.4 y 3.8%, por lo tanto, queda el tiempo de 10 minutos como el óptimo para la mayor obtención de azúcares reductores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de rangos múltiples para azúcares reductores por tiempo.

Tiempo (min)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15	64	12.8906	0.381486	X
5	64	13.2594	0.381486	X
10	63	16.7031	0.420377	X

Respecto al pretratamiento ácido se pudo observar que en las muestras pretratadas se elevó el contenido de azúcares respecto a la materia prima sin pretratar con una diferencia significativa de 13.72% (Figura 2).

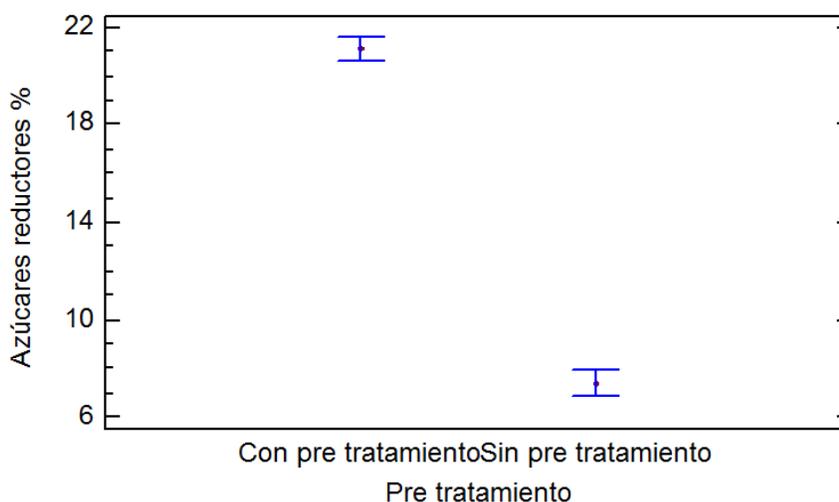


Figura 2. Gráfica de medias y 95% de Fisher (LSD) de azúcares reductores respecto al pretratamiento ácido del aserrín.

Respecto al análisis por HPLC de los licores hidrolizados por el método de explosión súbita de vapor, se encontraron dos carbohidratos, la glucosa en el tiempo de retención de 13.59 minutos y la xilosa en el tiempo de retención de 14.25 minutos. Como subproductos de la hidrólisis se obtuvo en menor medida 5 hidroximetil furfural en el tiempo de retención de 35.4 minutos y furfural en el tiempo de retención de 50.3 minutos (Figura 3).

Al evaluar estadísticamente el contenido de glucosa y xilosa respecto los factores estudiados (pre tratamiento ácido y presión sobre las variables dependientes o de respuesta; glucosa y xilosa), el ANOVA multifactorial determinó con una confianza del 95%, que, para la xilosa, los dos factores son significativos, mientras que para la glucosa solo el factor presión tiene efecto. De la glucosa respecto al factor presión, se obtuvo que a 40 kg/cm² se obtiene la mayor cantidad de glucosa, teniendo una diferencia significativa de entre 3.59 y 4.01% más de glucosa que con las presiones de 25 a 35 kg/cm² (Figura 4). Por otro lado, la xilosa alcanza su mayor contenido en 35 y 40 kg/cm² de presión con una diferencia significativa entre estas presiones y las de 25 y 30 kg/cm² (Figura 5).

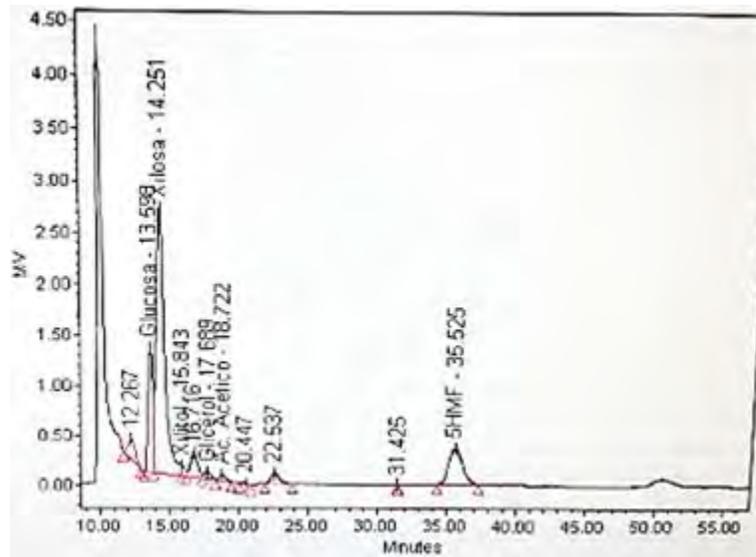


Figura 3. Perfil de carbohidratos de aserrín de *P. patula* autohidrolizado por steam explosión.

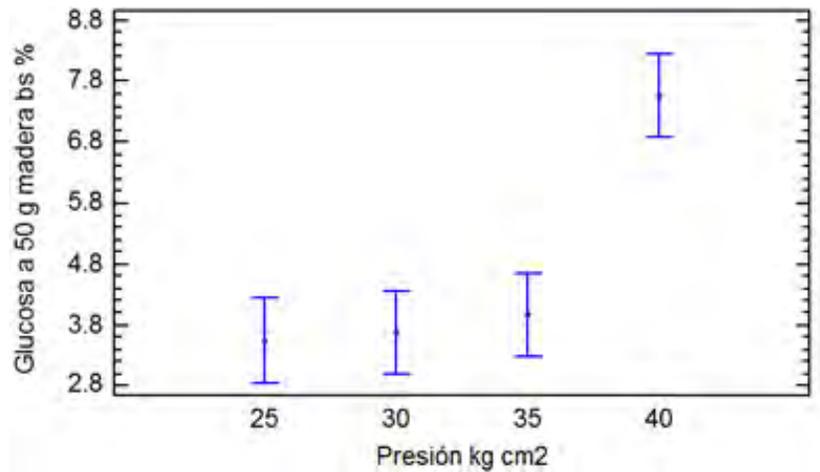


Figura 4. Gráfica de medias y 95% de Fisher (LSD) de glucosa respecto a presión de hidrólisis fisicoquímica.

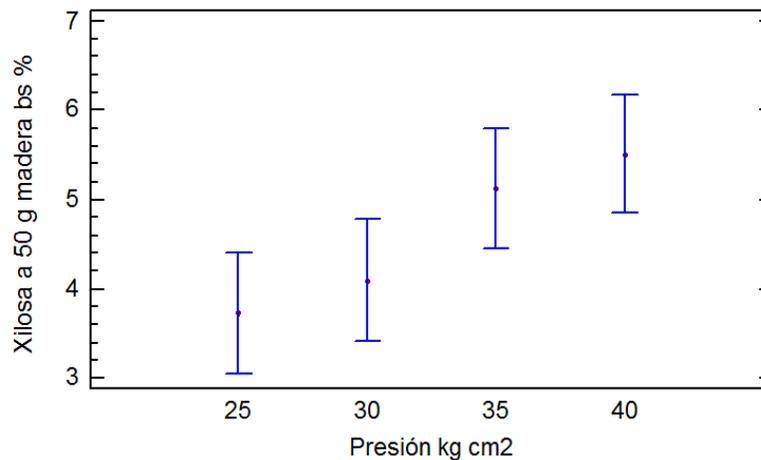


Figura 5. Gráfica de medias y 95% de Fisher (LSD) de xilosa respecto a presión de hidrólisis fisicoquímica.

Teniendo como efecto positivo el pretratamiento ácido (Figura 6).

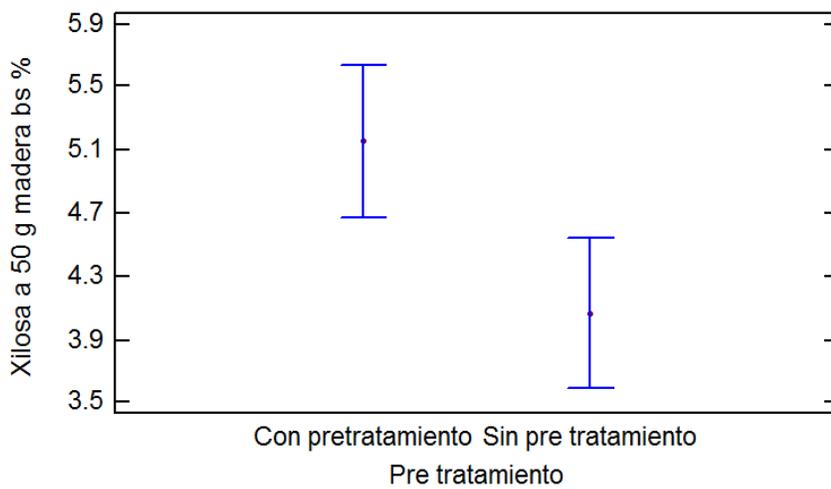


Figura 6. Gráfica de medias y 95% de Fisher (LSD) de xilosa respecto a pretratamiento ácido.

Conclusiones

1. Los contenidos de celulosa y hemicelulosa de los residuos de *Pinus patula* pueden ser considerados como fuente de materia prima para la obtención de productos de valor agregado.
2. Se alcanzó un promedio de 21% de azúcares reductores en la hidrólisis por explosión súbita de vapor de aserrín de *P. patula* con pretratamiento ácido a 30 kg/cm² de presión de vapor y 10 minutos de residencia.
3. Se logró un promedio de 7.56% de glucosa en la hidrólisis por explosión súbita de vapor en aserrín de *P. patula* sin pretratamiento ácido, a 40 kg/cm² de vapor y 10 minutos de residencia y un promedio de 5.5% de xilosa con pretratamiento ácido y 35 kg/cm² de presión.
4. Se determinó que las mejores condiciones de autohidrólisis para *P. patula* están entre los 30 y 40 kg/cm² de presión de vapor con 10 minutos de residencia.

Agradecimientos

Al departamento de madera, celulosa y papel de la UdG por el acceso al laboratorio de biomateriales, así como la disponibilidad del equipo, al Tecnológico de Veracruz por el acceso al laboratorio de bioingeniería y el uso del HPLC y al INIFAP por el financiamiento a través de los recursos de fondos fiscales.

Literatura citada

Álvarez, G. E., S. Díaz, A. y M. Alessandrini, D. 2001. Utilización racional de los residuos forestales. UNASYLVA 52 (206):48-52.

American Society for Testing and Materials (ASTM). 1977. Method of Test for Alpha-Cellulose in Wood ASTM D1103-60. p. 346-348. In: Annual book of ASTM standards. Part 22: Wood, Adhesives. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA, USA.

Basurto, G. R., A. Escamilla, M., S. Moya, V., E. Ramírez, R. y J. Becerra, B. 2012. Composición química, digestibilidad y cinética rumial de la digestión de residuos agrícolas tratados con explosión de vapor. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 3(4):407-424.

Cuervo, L., J. L. Folch, y E. Quiroz, R. 2009. Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. Bio Tecnología 13(3):11-25.

Lozanoff, J., S. Heinichen, M. Gabriel y E. Risso. 2007. Revisión de tecnologías para la producción de bioenergía en países emergentes. Observatorio de políticas públicas. Documento de trabajo. Coordinación General del cuerpo de Administradores Gubernamentales. Jefatura de Gabinete de Ministros. Argentina. 58 p.

StatPoint Technologies. 2009. Statgraphics Centurion, version, 16, 17. StatPoint Technologies, Inc. Warrenton, USA.

Technical Association Of The Pulp And Paper Industry (TAPPI). 2000. T 264 Om-88. TAPPI Test Methods. 2000-2001 Atlanta, Ga. USA.

Triana, C. F. 2010. Producción de etanol a partir de residuos provenientes del cultivo del café. Tesis de maestría. Facultad de Ingenierías. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Manizales, Colombia. 108 p.

MATERIAL CARTOGRÁFICO OBTENIDO DE IMÁGENES GENERADAS POR UN SISTEMA DE AERONAVE PILOTADO A DISTANCIA (RPAS)

Casimiro Ordóñez Prado³¹³, A. Peña Cervantes³¹⁴, Juan Carlos Tamarit Urias³¹³, Patricia Aguilar Sánchez³¹³, C. Pérez Santiago³¹⁵ y D.A. Ramos Becerra³¹⁵

Resumen

Las nuevas tecnologías de fotogrametría son una herramienta muy útil para la generación de material cartográfico actualizado y de bajo costo. Esta tecnología refiere el uso del sistema de aeronave pilotado a distancia (RPAS), con la que se obtienen imágenes actuales, y genera una gama de productos útiles para el manejo, monitoreo y gestión de los recursos naturales. El presente trabajo abordó el tema de la generación de material cartográfico, mediante la utilización de imágenes aéreas obtenidas por un RPAS. Se obtuvo una colección de 166 imágenes utilizando un Phantom 3 con una cámara fotográfica FC 300C_3.6 con sensor de 6.317 mm x 4.378 mm. La misión de vuelo fue generada en la aplicación informática PIX4D, donde se consideró un traslape lateral del 60% y un frontal del 75%. Esta misma aplicación, permitió la obtención de los siguientes materiales cartográficos: ortomosaico, nube de puntos, modelo digital de superficie, modelo digital de terreno, curvas de nivel cada 10 metros y mapa de reflectancia.

Palabras clave: PIX4D, fotogrametría, ortomosaico, reflectancia

Introducción

En las últimas décadas la fotogrametría ha tomado gran importancia en la gestión, manejo y monitoreo de los recursos naturales. La evolución de las tecnologías para la obtención de imágenes y las técnicas para el procesamiento de la información, son cada vez más amigables y accesibles; útiles para técnicos, investigadores, catedráticos, y/o personas que en su quehacer diario requieren de información actualizada, a un costo accesible y de fácil manejo (Christensen, 2015). Una de las tecnologías crecientes en los últimos años es el

³¹³ Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental San Martinito, ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

³¹⁴ ²TECNAVIX S.A de C.V. Ciudad de México, México.

³¹⁵ ³Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo Edo. de México.

sistema de aeronave pilotado a distancia (RPAS); sus aplicaciones se han extendido a aspectos civiles, tales como la seguridad nacional, vigilancia de incendios forestales, vigilancia de respuesta rápida en desastres y emergencias, investigación en ciencias de la tierra, muestreo de gases volcánicos, observaciones humanitarias, monitoreo de bosques, planificación de obras civiles entre otras (Salami et al., 2014).

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), ha definido las aeronaves no tripuladas como cualquier aeronave destinada a operar sin un piloto a bordo, y ha establecido las normas para un subconjunto de RPAS en preparación para las operaciones de vuelo en un futuro próximo. A nivel mundial, se están definiendo las estrategias de la carretera y las iniciativas de la legislación para llenar las lagunas tecnológicas y operacionales que limitan la operación completa de los RPAS (Salamí et al., 2014).

El uso de los RPAS es cada vez mayor en el monitoreo de bosques, en respuesta rápida para el monitoreo y combate de los incendios forestales, como una de las áreas donde cada vez más los RPAS son utilizados. Por otra parte, los RPAS, favorecen la vigilancia de las áreas naturales, ya que la presión de la deforestación es muy grande, y también facilita el manejo y monitoreo de plantaciones forestales comerciales.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es la generación de material cartográfico mediante la utilización de imágenes aéreas, obtenidas por medio de un RPAS, y tomadas bajo una misión de vuelo en el Sitio Experimental "Las Margaritas", ubicado en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México. Si bien, el estudio es experimental, constituye la base para la actualización de la cartografía a mediano plazo.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el sitio experimental (S. E.) Las Margaritas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); la localidad se ubica en el Municipio de Hueytamalco, en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla ($19^{\circ}58'25''$ - $20^{\circ}02'50''$ y $97^{\circ}20'42''$ - $97^{\circ}16'37''$ O) a una altitud de 450-500 m. El clima es Af(m) cálido húmedo, con lluvias todo el año, con una temperatura media mayor a 22°C , humedad relativa del 90% y precipitación anual de 2,400-3,000 mm. El S. E. cuenta con 2,523 ha, dentro de las cuales existen diferentes áreas de manejo y módulos de producción pecuaria, así como fragmentos de bosque tropical perennifolio (Villareal et al., 2005).

El levantamiento de la información de imágenes aéreas, se realizó mediante una misión de vuelo diseñada previamente, con una visita de campo y programa en la aplicación informática PIX4D. Cabe mencionar que antes de realizar la misión de vuelo se prepararon y revisaron los siguientes aspectos:

1. Determinación de las tareas propuestas y su factibilidad
2. Determinación del sitio de operación y su evaluación.
3. Tipo de espacio aéreo donde se ejecutó la misión
4. Registros asociados con los sitios
5. Obstrucciones asociadas, leyes locales, restricciones del RPAS, restricciones del RPAS para uso de vigilancia y patrullaje, actividades recreacionales y habitacionales, acceso al público, permiso para aterrizar, probables sitios de operaciones y sitios alternos.
6. Finalmente se consideraron las condiciones climáticas, las cuales son variable muy importes para la realización del vuelo, ya que la presencia de vientos muy fuertes y lluvia pueden dañar el equipo.

La información climática se obtuvo de National Weather Service de la NOA en su sección Climate Prediction Center (NOAA, 2017).

Una vez ubicados en el sitio de vuelo, se realizó una verificación de pre-vuelo del RPAS y equipo, de acuerdo al procedimiento siguiente:

1. Contar con la indumentaria para protección y manipulación del RPA, así como las herramientas de inspección.
2. Verificar las condiciones climáticas.
3. Delimitar el área de operación de la misión.
4. Abrir el contenedor y extraer primeramente el helipad.
5. Extraer el RPAS y colocarlo sobre la mesa de inspección.
6. Llenar los datos de la bitácora de vuelo.
7. Verificar carga de baterías.
8. Revisar cámara y GIMBAL
9. Verificar funcionamiento de motores.
10. Colocar el RPAS en el helipad.
11. Extraer del contenedor el radio control y verificar su estado.
12. Revisión y carga de la misión en la aplicación.

La toma de imágenes aéreas se realizó con un RPAS DJI Phantom 3, el cual cuenta con un sistema autopiloto Naza-M+GPS, que ayuda a mantener estable su altitud. En el fuselaje, el sistema de posicionamiento GPS/GLONASS, registró el recorrido del vuelo, sincronizó la cámara fotográfica modelo FC300C_3.6 (dimensión del sensor 6.317 mm x 4.738 mm), llevando a cabo la toma de fotografías cada 2.5 segundos con resolución de 12 Mega Píxeles.

La altura de vuelo programada fue a 100 m sobre el nivel del terreno, la cual fue estimada con la siguiente ecuación 1:

$$H = \frac{DW*FR}{SD} \quad (1)$$

Donde:

H= Altura del vuelo expresada en m.

DW= Distancia recorrida en el suelo por una imagen en dirección de la anchura o huella expresado en m.

FR = Longitud focal real expresado en mm.

SW = Anchura del sensor real expresado en mm.

El tratamiento de las imágenes y el análisis de la información se realizó con el software PIX4D, el cual generó un ortomosaico, considerando la comparación de puntos similares de las imágenes tomadas; de la misma manera, también se obtuvieron los productos de modelos en 2D y 3D.

Resultados y discusión

Como uno de los productos obtenidos se generó un ortomosaico compuesto por 166 imágenes, que cubre una superficie de 18.66 hectáreas. Este fue el resultado de la combinación de las bandas rojo, verde y azul, que muestran la composición de la vegetación; el producto se generó en formato Geo Tif el cual puede ser manipulable en otros softwares como ArcGIS 10.5, IDRISI y HERDAS entre otros (Figura 1).

Otro más de los productos generados fue una nube de puntos, con una cuadrícula de 12, 876,060 puntos; tuvo una densidad promedio de 41.12 puntos por metro cúbico, con información tridimensional (x, y, z) para punto. Vale la pena señalar que esta información es básica para generar los modelos digitales de elevación, e incluso la modelación de edificios, árboles o algún aspecto específico (Figura 2). Esta información se presenta en formatos: .LAS, .LAZ, .XYZ y .PLY, siendo LAS el formato que genera levantamientos de tipo LIDAR.



Figura 1. Ortomosaico obtenido.

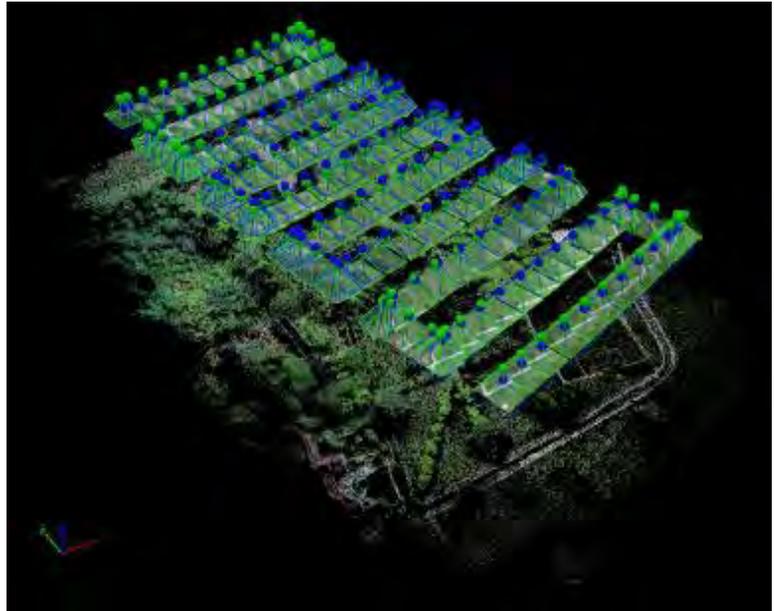


Figura 2. Nube de puntos generada.

A partir de la nube de puntos el software generó un modelo digital de superficie (DSM) que contiene todos los detalles del terreno incluida la vegetación y las construcciones, así como un modelo digital de terreno (DTM) que representa la forma del terreno al filtrar el DSM (Figuras 3 y 4), estos modelos con ayuda de programas como ArcGis permiten elaborar un modelo de elevación digital (DEM).

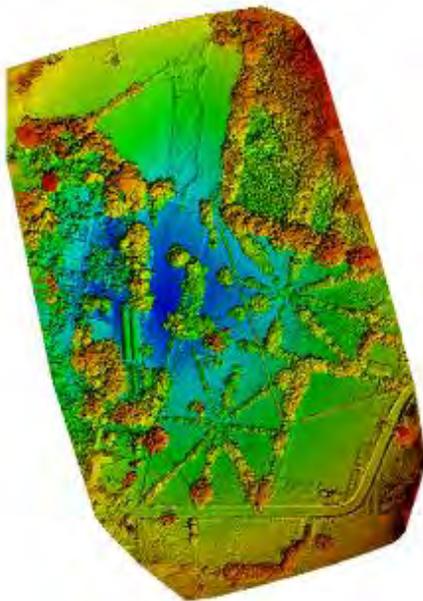


Figura 3. Modelo digital de superficie (DSM).

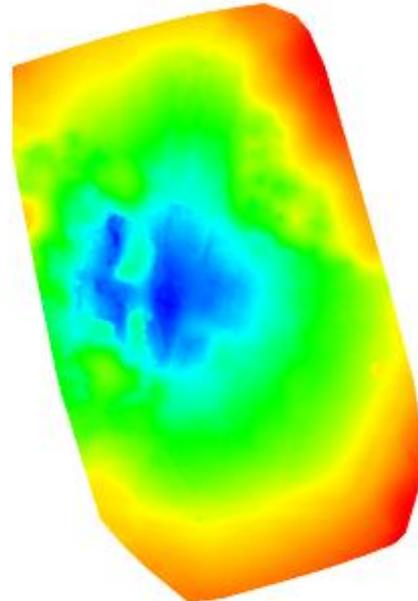


Figura 4. Modelo digital de terreno (DTM).

Mediante el modelo digital de terreno (DTM), se generan las curvas de nivel con formato .pdf, .shp y .dxf (Figura 5).



Figura 5. Curvas de nivel generadas a cada 10 m.

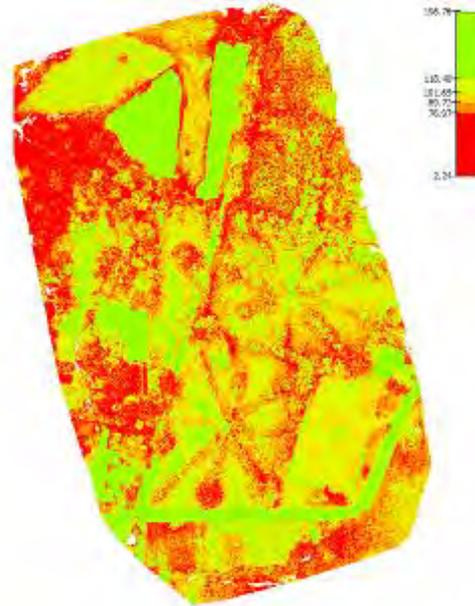


Figura 6. Mapa de reflectancia.

Finalmente, se obtuvo el mapa de reflectancia que captura el comportamiento de la vegetación en determinadas longitudes de onda del espectro, radiométricamente precisos, el color rojo muestra abundancia de vegetación, mientras que el verde muestra menos presencia de esta (Figura 6).

Conclusiones

1. La utilización de las nuevas tecnologías de fotogrametría, como es la utilización de RPAS y las herramientas de procesamiento de imágenes, nos permiten generar productos cartográficos con mayor precisión de una superficie específica, en menor tiempo y obteniendo información actualizada a bajo costo en comparación con los datos LIDAR y las imágenes de satélite.
2. Con esta aplicación se obtuvieron los siguientes materiales cartográficos: ortomosaico, nube de puntos, modelo digital de superficie, modelo digital de terreno, curvas de nivel cada 10 m y mapa de reflectancia.

Agradecimiento

Agradecemos a la empresa TECNAVIX S.A. de C.V. por la asesoría en la realización de las misiones de vuelo. Este agradecimiento se hace extensivo a la Volkswagen de México por su apoyo económico para la adquisición de equipo RPAS.

Literatura citada

Villareal, O. A., R. Guevara R. Resendiz M., J. S. Hernández J. C. Castillo y F. J. Tomé. 2005. Diversificación Productiva en el Campo Experimental Las Margaritas, Puebla, México. Archivos de Zootecnia 54(206):197-203.

Christensen, B. R. 2015. Use of UVA or remotely piloted aircraft and forward-looking infrared in forest, rural and wildland fire management: evaluation using simple economic analysis. New Zealand Journal of Forestry Science 45(1):16.

Salamí, E., C. Barrado and E. Pastor. 2014. UAV flight experiments applied to the remote sensing of vegetated areas. Remote Sensing 6(11):11051-11081.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2017. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>. [consultado el 5 de junio de 2017].

PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS FIDECOAGUA: ANÁLISIS 2008-2013

Diana Maritza Reyes González³¹⁶, Celia Cecilia Acosta Hernández^{317*}, Leonardo Daniel Rodríguez Hernández³¹⁸ y Pascual Linares Márquez³¹⁷

Resumen

El esquema de pago por servicios ambientales surge a partir de la preocupación global por la deforestación y cambio de uso de suelo, que conlleva a la pérdida de los servicios ecosistémicos que proporciona el bosque. Esta estrategia fue novedosa para la conservación y restauración de ecosistemas como el bosque mesófilo de montaña (BMM), y llevó a la valoración ecológica, social y económica de los servicios ambientales (SA). Es así como se establecen los programas de pago por servicios ambientales (PSA) en sus diferentes categorías, como lo es el pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH), enfocado a la conservación del agua. En México, la primera iniciativa a nivel local se generó en el municipio de Coatepec, Veracruz, como un esquema de fondos concurrentes con la participación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), denominado FIDECOAGUA, y como respuesta a la urgencia de conservar y acrecentar los recursos forestales de la zona montañosa del municipio. En el presente trabajo se describe el inicio del Programa FIDECOAGUA y se analizan los resultados de las convocatorias 2008, 2009 y 2011, con base en información técnica proporcionada por el Departamento de Servicios Ambientales de la CONAFOR, Región X. Se determinó que durante este periodo el número de beneficiarios y superficie incorporada al programa se incrementó gradualmente, así como los montos asignados al programa, que sumaron \$7,777,569. No se reportan resultados sobre las actividades de conservación realizadas, no obstante, con base en las reportadas para la convocatoria 2013, es evidente que la asignación de montos a pagar conforme a la superficie comprometida no ha sido un criterio suficiente para generar un impacto en la conservación y restauración de la cubierta forestal en la microcuenca río Gavilanes, una revisión de éstos podría ser relevante para mantener vigente el programa FIDECOAGUA.

Palabras clave: microcuenca, servicios ambientales hidrológicos, mecanismo local de pago

³¹⁶ Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana.

^{317*} Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. ceacosthdez@yahoo.com.mx

³¹⁸ Secretaría de Medio Ambiente del estado de Veracruz.

Introducción

A nivel mundial la preocupación por la pérdida de los servicios ambientales propició su valoración económica, como una estrategia de conservación y una respuesta para revertir los procesos de degradación de los ecosistemas forestales. Esta valoración implicó el reconocimiento de los servicios ambientales en términos ecológicos, de desarrollo social y económico y llevó a la generación de la iniciativa denominada pago por servicios ambientales (PSA), la cual está orientada a la provisión, conservación y mejoramiento de los mismos, en el largo plazo (Pagiola et al., 2006). Dicha iniciativa hizo a los servicios ambientales tangibles y susceptibles de ser cuantificados y comercializados, ya sea por el estado, a través de los gobiernos locales y federales, las empresas y los ciudadanos, por ejemplo, la captura de carbono por el banco mundial – fondo biocarbono, la conservación de la biodiversidad por ONG's nacionales e internacionales y el agua por municipios (Forest Trends, 2010).

Por la relevancia global que tiene el agua, en México se generó un esquema específico denominado pago por servicio ambiental hidrológico (PSAH). En nuestro país, el primer esquema municipal de PSAH fue implementado por el municipio de Coatepec, Veracruz en conjunto con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) denominado FIDECOAGUA. Los principales objetivos de este programa son la reducción del cambio de uso de suelo forestal y el incremento de la superficie forestal del bosque mesófilo de montaña (BMM), ecosistema dominante en la región. Para el logro de los mismos se estableció un mecanismo local, con fondos concurrentes de la CONAFOR y del municipio, en un esquema de aportación de 1 a 1, para compensar económicamente a los dueños de terrenos con superficie forestal de la zona montañosa de Coatepec, quienes a cambio realizan diversas obras de conservación y restauración específicas (Contreras, 2008).

En un lapso de cuatro años, del 2008 al 2011, el programa tuvo tres convocatorias, incorporó más proveedores de servicios ambientales y con ello la superficie sujeta a conservación (Tajin, s/a). En estas convocatorias, el programa FIDECOAGUA se ha modificado en los montos otorgados, en el número de beneficiarios directos incluidos en el programa y en las obras realizadas. Por la importancia del programa como referente para otras iniciativas de pago por servicios ambientales, en el presente trabajo se analiza el alcance y los logros que ha tenido en el periodo 2008-2013.

Materiales y métodos

El desarrollo del programa FIDECOAGUA se documentó mediante revisión bibliográfica y consulta de las convocatorias y lineamientos del programa para promover mecanismos

locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes, publicados en la página oficial de la Comisión Nacional Forestal (conafor.org.mx). El análisis de los resultados de las convocatorias de los años 2008, 2009 y 2011 del programa FIDECOAGUA, se realizó con base en la información técnica proporcionada por el Departamento de Servicios Ambientales de la CONAFOR Región X. Se construyó una base de datos en Excel® y se obtuvo el número de beneficiarios, superficie comprometida, obras de restauración realizadas, superficie ocupada por estas obras por año; asimismo, se generó un mapa con la ubicación geográfica de los predios comprometidos.

Resultados y discusión

Se presenta de manera resumida el origen y desarrollo del programa FIDECOAGUA documentado por Ignacio Contreras (2008), promotor de la propuesta y primer responsable del programa. El municipio de Coatepec mantiene 19 fragmentos importantes de BMM en la microcuenca del río Gavilanes, los cuales contribuyen a la estabilidad del escurrimiento superficial y favorecen la captación e infiltración del agua, misma que abastece a diversas poblaciones. Además, permite que el agua se libere lentamente durante todo el año, incluyendo la época de estiaje (sequía). El estudio sobre el potencial hídrico de la microcuenca Gavilanes fue favorable, con una captación neta de 80.40 millones de metros³ y una infiltración de 35.53 millones de metros³ (García Coll et al., 2004). No obstante, a consecuencia del cambio de uso de suelo en la zona alta de la microcuenca, se presentó en 1998, un periodo de sequía severa que provocó el tandeo del suministro de agua potable en la ciudad de Coatepec. Este evento llevó al H. ayuntamiento a plantear una iniciativa de PSAH, como estrategia para la recuperación y la conservación de la zona montañosa de la microcuenca del río Gavilanes, donde se ubican los nacimientos de agua y con ello asegurar el abastecimiento de agua a la ciudad. El proyecto inició con un diagnóstico detallado de la microcuenca, que dio como resultado la delimitación de un polígono con una superficie de 6,421 ha, entre los 1,250 y los 2,997 msnm, susceptible de protección y restauración ubicado en la zona alta montañosa del municipio de Coatepec, donde se encuentran los principales escurrimientos. En esta poligonal se delimitaron 48 localidades y 1,131 predios. La información permitió generar imágenes digitales con el programa Arc View de ESRI (Environmental Systems Research Institute), con la que se definieron los predios que podrían ser sujetos de pago y se establecieron las bases para la implementación de la iniciativa.

Una vez evaluado el impacto de la iniciativa, ésta fue consensuada entre los diferentes participantes, buscando un esquema sencillo, en el 2001 se presentó un primer proyecto al departamento jurídico de la CONAFOR, al jurídico del congreso del Estado y al departamento

jurídico del fiduciario Banamex para su revisión. Por acuerdo de cabildo de fecha 12 de febrero de 2002 se creó el Fideicomiso público para la promoción, preservación y Pago de Servicios Ambientales Forestales de la zona montañosa de Coatepec denominado FIDECOAGUA. Más tarde, el 30 de julio del mismo año, por acuerdo de la LIX legislatura del Congreso del estado de Veracruz, se autorizó el fideicomiso y el 22 de agosto se publicó en la Gaceta Oficial del Estado.

Los objetivos concertados para el programa FIDECOAGUA fueron estimular la conservación de la cobertura forestal y fomentar su desarrollo, en lo particular: asegurar en cantidad y calidad, el caudal del agua del municipio y la región; disminuir los costos de tratamiento de agua para el consumo humano; procurar la recarga de los mantos acuíferos e influir en la disminución de los procesos de erosión y disminución de los riesgos y daños por fenómenos naturales. El fideicomiso quedó integrado por un comité técnico y el equipo operativo, el primero tiene las atribuciones de definir los lineamientos de trabajo y la forma de distribución de los recursos y quedó conformado por un Presidente, cuya función recae en el presidente municipal en funciones; secretario, que recae en el tesorero del Municipio; tesorero, que recae en el director de la Comisión Municipal de Agua Potable y tres vocales que pueden ser ciudadanos y empresarios connotados de Coatepec. El segundo se encarga del seguimiento y operación del programa.

El fideicomiso inició en 2003 con una aportación inicial de un millón de pesos, integrados de manera tripartita de la siguiente manera: \$500,000.00 por parte del municipio, \$400,000.00 por parte de CONAFOR y \$100,000.00 por parte de la Comisión Municipal del Agua de Coatepec. Para la aportación de la Comisión Municipal del Agua de Coatepec, se estableció una cuota, a razón de un peso mensual a las personas físicas y dos pesos a los comercios, ingreso que es entregado por Comisión de Agua y Saneamiento (CMAS) al FIDECOAGUA. Esta cuota se estableció buscando que no gravara fuertemente al consumidor, sin embargo, no tiene relación con los volúmenes de consumo de agua.

El pago por servicios ambientales hidrológicos inició a razón de \$1,000.00 por hectárea. Cantidad que se pagó a los productores cuyo predio se encontrará dentro de la poligonal delimitada, previa demostración de la propiedad del mismo, la firma de la carta de adhesión en la cual se comprometen a conservar la cobertura forestal y la aprobación por el comité técnico. En años posteriores, con el fin de incorporar a un mayor número de propietarios de terrenos forestales, aunque con un menor estímulo, se estableció el pago de \$500.00 por hectárea. Para el 2013 se tenían georreferenciados 4,649.3 ha, que corresponden a 406 predios, se proyectó la incorporación de más beneficiarios a fin de cubrir las 6,421 ha de la poligonal susceptible a restaurar. De acuerdo a los registros en la base de datos de la CONAFOR en el periodo 2008-2011 se incrementó, tanto el número de beneficiarios como la superficie incorporada al programa y los montos asignados al mismo. En este periodo los

fondos concurrentes otorgados a los beneficiarios sumaron \$7'777,569.74 (Cuadro 1). La duración del convenio de pago por servicios ambientales hidrológicos pasó de un año en el 2008, a cinco en las siguientes convocatorias (2009 y 2011) (CONAFOR, 2014).

Cuadro 1. Beneficiarios, superficie y aportaciones al programa FIDECOAGUA periodo 2008-2011.

Año	Número de beneficiarios	Superficie comprometida (ha)	Aportación CONAFOR (\$)	Aportación contraparte (\$)	Monto total fondos concurrentes (\$)
2008	87	726.29	326,042.46	381,370.00	707,412.46
2009	94	796.00	356,299.19	356,299.19	712,598.38
2011	112	1,105.00	3,163,109.97	3,194,448.93	6,357,558.90
Total	293	2,627.00	3,845,451.62	3,932,118.12	

Fuente: Elaboración propia. Datos CONAFOR, Gerencias Estatales, SIGA II. 20/06/2013; López, 2015.

Por rango de superficie comprometida se tiene un porcentaje similar de beneficiarios en cada convocatoria (Cuadro 2). En las tres convocatorias se evidencia que más del 70% de los beneficiarios comprometió al programa una superficie menor a 10 ha, el 4% comprometió superficies mayores a las 10 ha. La superficie mínima que se suscribió al programa fue de 0.12 ha y la máxima de 67.12 ha.

Cuadro 2. Porcentaje de beneficiarios por superficie comprometida en cada convocatoria.

Superficie comprometida (ha)	Porcentaje de beneficiarios por año		
	2008	2009	2011
<1	21	21	17
de 1 a 10	53	52	53
de 10.1 a 20	11	13	14
de 20.1 a 30	8	6	7
>30	7	7	9

Fuente: Elaboración propia, CONAFOR, Gerencias estatales, SIGA II. 20/06/2013.

La cantidad pagada a los beneficiarios por hectárea comprometida se incrementó en cada convocatoria (Cuadro 3). Cabe recordar que el pago de FIDECOAGUA es anual y en 2008 el salario mínimo fue de \$52.59, por lo que el monto anual pagado a algunos de los beneficiarios apenas rebasó un salario mínimo diario. En términos económicos, considerando un periodo de cinco años, significa que el monto otorgado a más del 80% de los beneficiarios osciló entre \$12.32 y \$62.02 diarios para conservar la cubierta forestal de sus predios y para realizar obras de restauración o reforestación. Entre el 13% y 16% de los beneficiarios recibieron del 55 al 60 % de los fondos concurrentes con el mismo fin (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 3. Montos otorgados a los beneficiarios por año y superficie comprometida.

Superficie comprometida (ha)	Montos otorgados a los beneficiarios por año (\$)					
	2008		2009		2011	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
<1	61.53	339.35	163.98	907.85	671.83	5,514.59 *
de 1 a 10	358.93	7,288.00	542.52	9,648.34	1,511.61	54,922.00
de 10.1 a 20	3,418.40	8,913.38	8,195.34	14,757.42	55,985.73	111,635.55
de 20.1 a 30	7,359.82	13,271.73	19,613.83	28,674.60	11,5918.46	166,221.64
>30	11,742.20	22,515.89	31,292.85	48,647.35	180,721.95	375,780.16

*Se detectaron irregularidades en los montos pagados a algunos beneficiarios, por ejemplo, en el 2011 se observó que el monto pagado por una superficie 0.27 ha (<1 ha) fue de \$22,170.35.

Para este periodo no se tiene información sobre las actividades que debían realizar los beneficiarios, ya que por cambios de administración municipal la mayoría de los expedientes estaban incompletos (Reyes, 2014). De acuerdo a Tajin (s/a) el pago del programa entre el 2003 y el 2008 (excepto el 2007), se orientó a la conservación pasiva en predios con cubierta forestal. Tomando como ejemplo los registros de las obras realizadas y montos asignados a catorce beneficiarios del programa FIDECOAGUA-CONAFOR 2013, reportadas por Reyes (2014), con pagos mayores a los \$260,000.00 por la colocación de letreros en una superficie de 46 ha, o de \$5,598.57 por la construcción de brechas cortafuego, reforestación, tinas ciegas y cercado en una hectárea. Lo anterior pone de manifiesto que la cantidad pagada no refleja el tipo de actividad asignada a los predios comprometidos. Esta diferencia entre actividad a realizar y monto asignado se debe a que el criterio es por superficie comprometida, no por la condición o ubicación del predio.

En cuanto a la participación de beneficiarios de otros municipios, en los periodos 2008 a 2011 proceden principalmente de cuatro municipios, casi el 90% son del municipio de Coatepec (Figura 1).

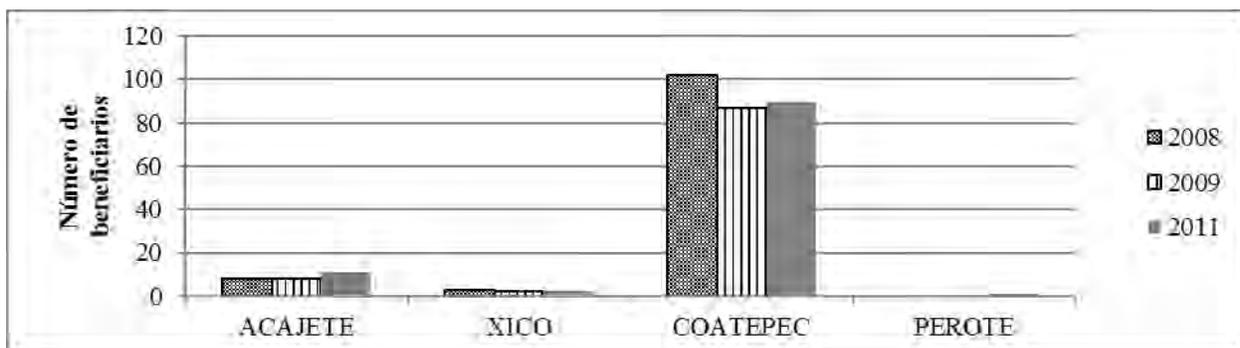


Figura 1. Número de beneficiarios por municipio incorporados al programa de 2008 a 2011.

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR, Gerencias Estatales y SIGA II. 20/06/2013.

Por tanto, también se incorporó al FIDECOAGUA mayor superficie perteneciente al municipio de Coatepec (269.75 ha), seguido por Acajete (269.75 ha), Xico (104.55 ha) y Perote (0.18 ha).

Particularmente en el 2011, año en el que se incorporaron 112 beneficiarios al Programa FIDECOAGUA se detectó que son residentes de 27 localidades pertenecientes a 8 municipios (Figura 2). En este ejercicio se detectaron cuatro beneficiarios que residían en el Distrito Federal.

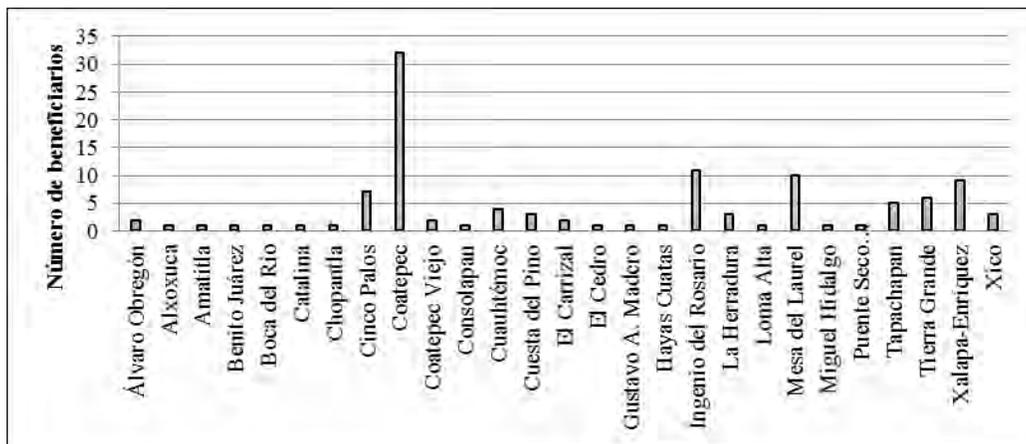


Figura 2. Número de beneficiarios por localidad en el programa FIDECOAGUA 2011. Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR, Gerencias estatales y SIGA II. 20/06/2013.

La permanencia de los beneficiarios en el programa FIDECOAGUA es variable, algunos están desde que se inició en el 2003, otros se incorporaron posteriormente o han incorporado mayor superficie en cada convocatoria, y su permanencia hasta el 2015 es desde uno a 12 años (López, 2015). La percepción que tiene la sociedad respecto a los programas de PSA es la posibilidad de obtener recursos económicos por proveer de ese servicio ambiental a otros (González et al., 2004). En este sentido algunos beneficiarios comentan que el pago no es suficiente para llevar a cabo las actividades asignadas o para satisfacer sus necesidades básicas (Reyes, 2014; López, 2015).

El enfoque de Forest Trends (2010) respecto al monto otorgado a los beneficiarios que participan en un PSA, es de una compensación en reconocimiento al rol fundamental que tienen en la conservación y uso sustentable de sus predios, ya que el mantenimiento de los bosques no es una actividad sencilla y muchas veces tiene un alto costo. González et al. (2004) mencionan que el PSA ha resultado benéfico en varios sentidos, en principio permite a autoridades locales, dueños o poseedores revalorar su propiedad como útil para la sociedad en su conjunto, y ésta le reconoce el valor de su esfuerzo al realizar obras de conservación y vigilancia, lo que resulta benéfico para el bosque por la disminución de la deforestación, la tala clandestina y una mejor calidad del entorno, incluida la producción de

agua. El PSA busca cambiar la cultura en cuanto a prácticas agrícolas, por lo que a partir del 2008 se destinaron recursos para que los beneficiarios contrataran a un asesor técnico que lo oriente en el diseño e implementación de mejores prácticas de manejo, conservación y aprovechamiento. En 2009 se capacitó al personal operativo en temas como manejo de grupos, técnicas participativas, equidad y perspectiva de género. Todas estas acciones buscan cambiar la actitud de las personas hacia el bosque (CONAFOR, 2012).

El CCMSS A. C. (2008) hace un análisis crítico y propone modificaciones al programa PSAH que resultan relevantes en cuanto al papel que juega el gobierno federal, los criterios de elegibilidad de los predios a incorporar, la asignación de montos y la transparencia de los mismos, entre otros puntos. Dichas observaciones y propuestas son de diversas formas aplicables al programa FIDECOAGUA y podría ser un parteaguas en su desarrollo, y posiblemente llevarían al logro de los objetivos originalmente planteados y a la sostenibilidad del programa.

Conclusiones

El programa FIDECOAGUA como política ambiental pública aplicada desde el 2002 mantiene un esquema de fondos concurrentes. En el periodo 2008-2011 los beneficiarios, la superficie incorporada al programa de PSAH FIDECOAGUA y los fondos concurrentes se incrementaron en cada convocatoria, repercutiendo en el pago por hectárea otorgado a los beneficiarios. El 70% de los predios suscritos al programa son menores a 10 ha. El criterio de PSAH por hectárea no está impactando de forma directa en la conservación de los servicios ambientales hidrológicos.

Literatura citada

CCMSS A. C. (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A.C.). 2008. El Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos de la Conafor: revisión crítica y propuestas de modificación. p 259-276. In: Paré L., D. Robinson y M. A. González (coord.) Gestión de cuencas y servicios ambientales perspectivas comunitarias y ciudadanas. INE-Semarnat/Itaca/Raises Sendas A.C./WWF. México, D.F. 304 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. Logros y perspectivas del desarrollo forestal en México 2007-2012. Coordinación General de Producción y Productividad. Guadalajara, Jal., México. 58 p.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2014. Lineamientos para promover mecanismos locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/tramites-y-servicios/apoyos-2014> (consultado el 17 de junio 2014).

Contreras, I. L. 2008. FIDECOAGUA. p 128-137. In: Paré L., D. Robinson y M. A. González (coord.) Gestión de cuencas y servicios ambientales perspectivas comunitarias y ciudadanas. INE-Semarnat/Itaca/Raises Sendas A.C./WWF. México, D.F. 304 p.

Forest Trends, 2010. Aprendiendo sobre Pagos por Servicios Ambientales: Fundamentos para la elaboración de proyectos de carbono forestal. 48 p.

García Coll, I., A. Martínez, A. Ramírez, A. Niño, A. Juan Rivas y L. Domínguez. 2004. La relación agua bosque: delimitación de zonas prioritarias para pago de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del río Gavilanes, Coatepec, Ver. 99-115p. In: Cotler H. (comp.). El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, México, D. F. 347 p.

González, G. M. J., A. Aldrete, A. Gómez, H. De los Santos, J. Solorio, J. Vargas, R. Valdez, P. Hernández y S. Fernández. 2004. Evaluación del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH) ejercicio fiscal 2004. México, D. F. 123 p.

López, A. G. 2015. Diagnóstico del Programa de Pago por Servicios Ambientales en el municipio de Coatepec, Veracruz. Tesis de Especialidad. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 86 p.

Pagiola, S., J. Bishop y N. M. Landell. 2006. La venta de Servicios Ambientales Forestales. Mecanismo basado en el mercado para la conservación y el desarrollo. 2a ed. INE-SEMARNAT. México, D.F. 464 p.

Reyes, G. D. M. 2014. Evaluación ambiental y socio-económica del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos FIDECOAGUA-CONAFOR, municipio de Coatepec, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. 115 p.

Tajín, F. P. s/a. Análisis de los Programas de Pago o Compensación por Servicios Ambientales en la Cuenca del Pixquiac. Documento Técnico del Proyecto NCMA-08-03. Delimitación de zonas prioritarias y evaluación para pago de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del Río Pixquiac, Veracruz, México. 29 p.



CRECIMIENTO Y TRANSFERENCIA DE UNA POBLACIÓN SINTÉTICA DE TILAPIA ROJA EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Germán Muñoz-Córdova^{319*} y Martha Salazar-Ulloa³¹⁹

Resumen

Con el objeto de evaluar el crecimiento de la tilapia roja “Pargo-UNAM” y su posterior transferencia al sector usuario, se introdujeron 25,200 crías en cinco unidades de producción acuícola en el estado de Veracruz. El manejo zootécnico en la engorda de los peces correspondió al utilizado por los productores con base en su experiencia previa en la producción de tilapia. Tres unidades de producción finalizaron la engorda de sus peces en aproximadamente 10 meses, con pesos promedio de 369 g, 310 g y 82 g en las unidades Grupo Atala, Ojoxapan 2 y La Asunción respectivamente, mientras que dos unidades finalizaron la engorda entre los 8 y 9 meses, con pesos promedio de 354 g y 231 g en las unidades Grupo LHAMFREJ y Pozo Azul respectivamente. Cuatro unidades obtuvieron el peso promedio de los peces deseado por su mercado local, mientras que la unidad La Asunción no lo obtuvo debido a que los peces no recibieron las raciones alimenticias requeridas para su desarrollo adecuado. Durante los meses de diciembre y enero la temperatura del agua en las cinco unidades de producción estuvo entre 20 a 25°C, rango inferior al adecuado para el crecimiento de la tilapia, por lo que el tiempo efectivo de engorda en las unidades fue de 6 a 9 meses. Con base en los resultados de la engorda, las unidades Grupo Atala, Ojoxapan 2 y Pozo azul decidieron incursionar en la reproducción del Pargo-UNAM por lo que les fueron transferidos un total de 1,880 ejemplares como pie de cría, fomentando con ello el proceso de expansión del Pargo-UNAM en México.

Palabras clave: Oreochromis sp, extensionismo acuícola, Pargo-UNAM

Introducción

El volumen de tilapia, producto de las pesquerías y de cultivo, ocupa el tercer lugar por su volumen en la producción pesquera en México, con 102,039 t, solo superada por los tónidos

³¹⁹ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

y el camarón; siendo los estados de Jalisco, Chiapas y Veracruz los principales productores de tilapia con 20,927 t, 16,445 t y 11,482 t respectivamente (SAGARPA, 2013), sin embargo hay un limitado crecimiento en el cultivo tecnificado de estos peces debido en parte a la falta de un adecuado manejo zootécnico y la ausencia de programas de mejoramiento genético, lo que ha provocado una gran variabilidad en la productividad de las unidades de producción destinadas al cultivo de tilapia, repercutiendo en una desmotivación por invertir en este rubro (Muñoz, 2000).

México cuenta a partir del año 2003 con una población sintética de tilapia roja denominada "Pargo-UNAM", producto de trabajos de mejoramiento genético llevados a cabo en la Universidad Nacional Autónoma de México (Muñoz, 2000) y que debido a su buen desempeño productivo y a su atractiva coloración, se consideró como una población de tilapia con potencial para ser utilizada en unidades de producción acuícola (Jiménez et al., 2004; Morales-Alamán et al., 2005; Ramírez-Paredes et al., 2011; Muñoz et al., 2012) y con la que se podrían realizar programas de transferencia al sector usuario con altas posibilidades de contribuir al mejoramiento de la producción de tilapia roja en México.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y transferencia de una población sintética de tilapia roja en el estado de Veracruz, México, bajo las condiciones de cinco unidades de producción de tilapia en el estado de Veracruz con la finalidad de lograr su adopción y posterior difusión en las zonas tropicales de México.

Materiales y Métodos

Localización del CEIEGT

El material biológico para este estudio se produjo en el año 2013 mediante la producción de crías y juveniles de Pargo-UNAM en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz.

Unidades de producción acuícola

Participaron granjas acuícolas del sector público y privado del estado de Veracruz con al menos dos años de experiencia en el cultivo de tilapia (Cuadro 1).

Cuadro 1. Unidades de producción acuícola en el estado de Veracruz participantes en el estudio.

Nombre de la Unidad de producción	Sector	Municipio y zona
Ojoxapan 2	Social	Catemaco (Zona sur)
Grupo Atala y Asociados S.C de R.L.	Social	Actopan (Zona Centro)
Grupo LHAMFREJ	Social	Tecolutla (Zona Centro- Norte)
Pozo Azul	Social	Tlapacoyan (Zona Centro-Norte)
Acuícola La Asunción	Privado	Papantla (Zona Norte)

Grupo genético utilizado en el proyecto

Se utilizaron reproductores de la población sintética de tilapia “Pargo-UNAM”, cuya composición genética es: $\frac{1}{4}$ *Oreochromis niloticus* rosa, $\frac{1}{4}$ tilapia rocky mountain y $\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida (Jiménez et al., 2004).

Reproducción e inversión sexual del Pargo-UNAM

La reproducción del Pargo-UNAM se llevó a cabo en 8 estanques de 10 m² a 20 m². Se utilizaron un total de 200 reproductores en una proporción macho, hembra de 1:1. Para la incubación artificial de los huevos se emplearon incubadoras tipo McDonald. Posteriormente las crías fueron transferidas a estanques circulares de poliuretano de 1,000 L de capacidad en donde recibieron el tratamiento de inversión sexual a machos mediante la técnica descrita por Phelps et al. (1992) y Velázquez (2001).

Introducción de crías de Pargo-UNAM

Se introdujeron un total de 25,200 crías de Pargo-UNAM repartidas en las cinco unidades acuícolas. Las crías transferidas tenían un peso promedio entre 0.9 a 4.4 g y previo a su transferencia fueron tratadas con sal a una dosis de 15 g/L con el objeto de eliminar parásitos externos.

Manejo del cultivo

Los acuicultores realizaron el manejo que normalmente realizan en la cadena productiva para la obtención de tilapia para consumo humano. Los sistemas de producción empleados fueron aquellos que permitieron obtener biomásas al final del cultivo por debajo de los 5 kg/m³ (Unidades de producción Pozo Azul, Grupo LHAMFREJ y La Asunción) y aquellos que contemplaron biomásas por arriba de los 10 kg/m³ (Unidades de producción Grupo Atala y Ojoxapan 2).

Las granjas acuícolas La Asunción y Pozo azul, no utilizaron sistemas de aireación, pero realizaron cambios de agua de hasta 100% del volumen de los estanques cuando las condiciones fisicoquímicas del agua así lo ameritaban. Las otras tres granjas utilizaron

aireadores de hélice, los cuales operaron durante todo el día o durante las noches, dependiendo de las condiciones del oxígeno disuelto en el agua y también realizaron cambios parciales o totales del agua cuando los niveles de compuestos nitrogenados se incrementaban por arriba de los rangos recomendados. Todas las granjas acuícolas emplearon alimentos comerciales para tilapia con un 45% de proteína cruda para alimentar las crías y juveniles (< 35 g) y para el caso de peces por arriba de los 35 g se utilizaron alimentos con 32% de proteína cruda (Olvera y Olvera, 1996).

Determinación de los rasgos productivos de crecimiento

Al término de la etapa de engorda se determinaron los siguientes rasgos productivos:

Ganancia diaria de peso. Se determinó por la expresión: $GDP = (PF - PI) / T$. En dónde: GDP = ganancia diaria de peso, PF = peso final, PI = peso inicial y T = tiempo en días.

Porcentaje de peso ganado. Es el porcentaje del incremento del peso corporal a lo largo del experimento y se determinó por la expresión: $PPG = 100 ((PF - PI) / PI)$. En donde: PPG = porcentaje de peso ganado; PF = peso final; PI = peso inicial y 100 = constante para expresar el resultado en porcentaje.

Tasa específica de crecimiento. Es el incremento de peso o talla de los animales en un intervalo de tiempo y está determinado por la expresión: $TEC = 100 (Ln PF - Ln PI) / T$. En donde: TEC = tasa específica de crecimiento, Ln PF = logaritmo natural de peso final, Ln PI = Logaritmo natural de peso inicial, T = tiempo en días y 100 = Constante para expresar el resultado en porcentaje.

Variables fisicoquímicas del agua en las unidades acuícolas

Los Cuadros 2, 3, 4, 5 y 6 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas del agua registradas en los estanques destinados al cultivo de Pargo-UNAM.

Cuadro 2. Variables fisicoquímicas del agua en la unidad Grupo Atala y Asociados S.C. de R.L.

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Oxígeno (mg/L)	9	12	3.7
Temperatura (°C)	27	30.9	20.9
NH ₄ (mg/L)	0.5	0.6	0.1
NH ₃ (mg/L)	0.01	0.01	0
pH	7.4	8	7
NO ₂ (mg/L)	1.4	3.3	0.3

Cuadro 3. Variables fisicoquímicas del agua en la unidad Ojoxapan 2.

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Oxígeno (mg/L)	3.2	4.9	1.4
Temperatura (°C)	26	31.1	22.7
NH ₄ (mg/L)	0.4	0.6	0.1
NH ₃ (mg/L)	0	0	0
pH	7.4	9	7
NO ₂ (mg/L)	0.1	0.1	0.1

Cuadro 4. Variables fisicoquímicas del agua en la unidad Grupo LHAMFREJ.

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Oxígeno (mg/L)	9.9	15	1.6
Temperatura (°C)	27.8	32	22.1
NH ₄ (mg/L)	0.74	2.4	0.1
NH ₃ (mg/L)	0.03	0.03	0
pH	7.8	8.5	7
NO ₂ (mg/L)	0.5	0.8	0.1

Cuadro 5. Variables fisicoquímicas del agua en la unidad Pozo Azul.

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Oxígeno (mg/L)	6.2	15.4	2.3
Temperatura (°C)	24.4	28.1	20
NH ₄ (mg/L)	0.25	0.6	0.1
NH ₃ (mg/L)	-	-	-
pH	7	8	6.5
NO ₂ (mg/L)	0.2	0.3	0.1

Cuadro 6. Variables fisicoquímicas del agua en la unidad La Asunción.

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Oxígeno (mg/L)	16.8	28.3	3
Temperatura (°C)	27.1	31.6	20.1
NH ₄ (mg/L)	0.4	0.6	0.1
NH ₃ (mg/L)	0.08	0.08	0
pH	7.9	8	7.5
NO ₂ (mg/L)	0.1	0.1	0.1

Producción de pie de cría de Pargo-UNAM

Los ejemplares de Pargo-UNAM que se destinaron como reproductores y que fueron transferidos, fueron previamente sometidos en el CEIEGT a un proceso de selección masal, considerándose el color rojo homogéneo en el cuerpo del pez y sin manchas de melanina como rasgos deseados.

La etapa de desarrollo de pie de cría de Pargo-UNAM se llevó a cabo en 36 estanques de poliuretano de 1 m³ cada uno y al llegar a un peso promedio de 20 g fueron transferidos a jaulas flotantes ubicadas en un reservorio de agua con capacidad para 5,000 m³, en donde se dispuso de aireación mediante aireadores de paleta.

Resultados y Discusión

Los pesos promedio de los peces en las unidades que tuvieron un ciclo de engorda aproximado a los 10 meses fueron de 369 g en el Grupo Atala, 310 g en Ojoxapan 2 y de 82 g en La Asunción, mientras que los pesos de los peces en las unidades de producción que invirtieron un tiempo de engorda entre los 8 y 9 meses de cultivo fueron de 354 g en el Grupo LHAMFREJ y 231 g en Pozo Azul.

El Cuadro 7 muestra las variables de crecimiento del Pargo-UNAM en las cinco unidades acuícolas mientras que el Cuadro 8 muestra las producciones y biomásas alcanzadas al final de las engordas. La Figura 3 muestra el crecimiento del Pargo-UNAM en cada una de dichas unidades.

Cuadro 7. Variables de crecimiento del Pargo-UNAM en cinco unidades de producción de tilapia en el estado de Veracruz.

	Unidades de producción				
	Atala	Ojoxapan 2	LHAMFREJ	Pozo Azul	La Asunción
Pi (g)	0.9	1.0	1.2	1.2	4.6
Pf (g)	369.1	310.4	354	231.2	82.5
PG (g)	368.2	309.4	352.8	230	77.9
GDP (g/d)	1.1	0.9	1.44	0.8	0.24
PPG (%)	40911	31040	29500	19166	1693.4
TEC (%)	1.8	1.8	2.2	1.9	0.9
T (d)	323	310	245	276	312

Pi = Peso inicial; Pf = Peso final; PG = Peso ganado; GDP = Ganancia diaria de peso; PPG= Porcentaje de peso ganado; TEC = Tasa específica de crecimiento; T = Duración del cultivo.

Cuadro 8. Producción total y biomasa final de Pargo-UNAM al término del cultivo en cinco unidades de producción de tilapia en el estado de Veracruz.

	Granjas acuícolas				
	Grupo Atala	Ojoxapan 2	LHAMFREJ	Pozo Azul	La Asunción
Producción total (kg)	871	1,119.6	800	217.1	259
Biomasa final (kg/m ³)	10.8	11.5	4.4, 2.2 y 0.9	1.3	1.3

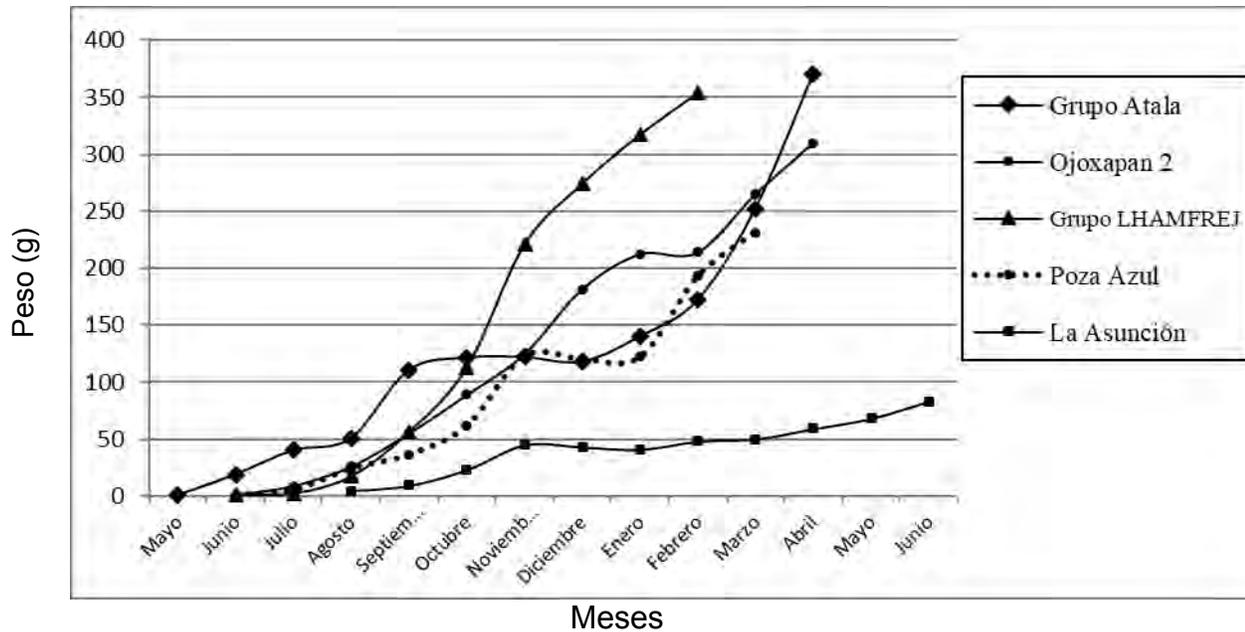


Figura 3. Crecimiento del Pargo-UNAM en cinco unidades de producción acuícola en el estado de Veracruz durante algunos meses comprendidos entre los años 2013 y 2014.

Cuatro unidades de producción lograron obtener peces de peso comercial según lo demandado por el mercado local, solo la unidad La Asunción no logró obtener peces de peso comercial para consumo humano. En dicha unidad es en donde se registraron los valores más bajos de las variables de crecimiento, con 82.5 g, 0.24 g/día y 0.9% como peso final, ganancia diaria de peso y tasa específica de crecimiento respectivamente, sin embargo, el productor comentó que el cultivo no contó con los cambios parciales o totales del agua requeridos ni con las raciones alimenticias recomendadas.

La unidad acuícola Grupo LHAMFREJ logró obtener peces de peso comercial en un lapso menor de tiempo con respecto al resto de las unidades de producción. En esta unidad de cultivo después de 245 días (8.1 meses) los peces alcanzaron un peso promedio de 354 g, una ganancia diaria de peso de 1.44 g/día y una tasa específica de crecimiento de 2.2%. Cabe mencionar que en esta unidad de producción fue en donde se registró el promedio más alto de temperatura del agua (27.8°C) situación que pudo influir favorablemente en un mayor crecimiento de los peces con respecto a las otras unidades. Seguido de esta granja,

la unidad de producción Pozo Azul finalizó su cultivo en un lapso de 276 días (9.2 meses), ya que el productor decidió finalizar el cultivo cuando los peces alcanzaron un peso promedio de 231 g. Las granjas acuícolas Grupo Atala y Ojoxapan 2 fueron las unidades que emplearon un sistema intensivo, con biomásas al final del cultivo de 10.8 y de 11.5 kg/m³ respectivamente y lograron alcanzar el peso comercial en un lapso de 10 meses aproximadamente, un periodo relativamente largo en el cultivo de estos peces, considerando que deben de alcanzar un peso de 300 g en un lapso no mayor a siete meses (Muñoz-Córdova et al., 2012). Durante los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014, la temperatura del agua en todas las granjas se mantuvo entre los 20 y 25°C, un rango que es inferior al óptimo (25 a 30°C) lo cual redujo el ritmo de crecimiento de los peces y aumentó el tiempo efectivo de engorda de 6 a 9 meses. Aún con lo anterior, los acuicultores consideraron que el peso alcanzado por los peces fue aceptable (con excepción de la granja La Asunción), por lo que tres de ellos decidieron incorporar a su cadena productiva al Pargo-UNAM y solicitaron la transferencia de reproductores de este grupo genético. Se transfirieron un total de 1,880 reproductores de Pargo-UNAM en etapa juvenil (20 a 25 g) y como adultos (300 a 400 g) a las unidades: Grupo Atala, Pozo Azul y Ojoxapan 2. Las unidades Grupo LHAMFREJ y La Asunción no consideraron llevar a cabo la reproducción del Pargo-UNAM debido a que prefirieron utilizar el total de su infraestructura para la engorda del Pargo-UNAM y de la Tilapia del Nilo.

Conclusiones

Para las unidades Grupo Atala, Pozo Azul y Ojoxapan 2 el ritmo de crecimiento del Pargo-UNAM fue aceptable de acuerdo con la opinión de los responsables de las unidades, por lo que estas decidieron incursionar en la reproducción y engorda de este grupo genético de tilapia. Las unidades Grupo LHAMFREJ y La Asunción no consideraron la reproducción, pero decidieron realizar la engorda del Pargo-UNAM, por lo que en general el producto fue transferido con éxito a granjas del sector público y privado del estado de Veracruz, fomentando así el proceso de expansión del Pargo-UNAM en México.

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Produce Veracruz, a la Coordinadora de Fundaciones Produce AC y al Instituto Nacional de Pesca por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo.

Literatura citada

- Jiménez, E.A., M. Riego M., G. Muñoz G. y M. 2004. Garduño. Desempeño productivo de una población sintética de tilapia: El Pargo UNAM ($\frac{1}{4}$ rocky mountain, $\frac{1}{4}$ *O. niloticus* y $\frac{1}{2}$ tilapia roja de Florida) en la zona centro-norte del estado de Veracruz, México. p. 1-9. In: INIFAP, CP, ITA No. 18, ITMAR No. 01, UACH, UV, (ed). Avances en la investigación agrícola, pecuaria, forestal y acuícola en el trópico mexicano. INIFAP. Veracruz, Ver., México.
- Morales-Alamán, V., G. Muñoz-Córdova y M. Garduño-Lugo. 2005. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo y el Pargo UNAM durante la fase de crianza. p. 60-64. In: Memoria de la XVIII Reunión Científico, Tecnológica, Forestal y Agropecuaria del Estado de Veracruz 2005. Veracruz, Ver., México.
- Muñoz, G. 2000. Heterosis, Habilidad combinatoria, proporción de sexos y segregación del color rojo en un cruzamiento dialélico completo de tres especies de tilapias (*Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*). Tesis de maestría. UNAM. México, DF., México. 88 p.
- Muñoz-Córdova, G., M. Garduño-Lugo y M. Salazar-Ulloa. 2012. Cultivo de Pargo-UNAM. Folleto Técnico. Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce AC. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. de la UNAM. Tlapacoyan, Ver., Veracruz, México. 10 p.
- Olvera-Novoa, M.A. y L. Olivera-Castillo. 1996. Nutrición y alimentación de la tilapia. p. 158-180. In: Memoria del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia. México, DF., México.
- Phelps, R.P., W. Cole and T. Katz. 1992. Effect of fluoximesterone on sex ratio and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research* 23(4):405-410.
- Ramírez-Paredes G, M. Garduño-Lugo M, G. Muñoz-Córdova. 2011. Productive Performance of a new synthetic red tilapia population Pargo-UNAM compared to that wild type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture research* 43(6):870-878.
- SAGARPA. 2013. Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca 2013. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2013/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2013.zip [consultado el 16 mayo, 2016].
- Velázquez, L.G. 2001. Reversión sexual en la mojarra *Oreochromis aureus*, mediante el uso de hormona fluoximesterona. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Qro., México. 62 p.

POLICULTIVO DE TILAPIA *Oreochromis* sp. Y CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei* EN BIOFLOC A DIFERENTES SALINIDADES

Dalia Guadalupe Mendoza López³²⁰, Saúl Silva Reyna³²⁰, Fabiola Lango Reynoso^{320*}, María del Refugio Castañeda Chávez³²⁰, Leonardo Martínez Cárdenas³²¹ y Jesús Trinidad Ponce Palafox³²¹

Resumen

En México, el cultivo de tilapia y de camarón ocupa un lugar dominante debido a la importancia económica que estos recursos representan. La producción y consumo de los productos pesqueros y acuícolas ha aumentado en las últimas décadas. La acuicultura ha tenido un gran desarrollo, a tal grado que en la actualidad aporta casi la mitad de la producción. Sin embargo, la actividad enfrenta algunos retos como son la necesidad de agua y espacios para su desarrollo. El incremento en la producción y desarrollo de la industria acuícola ha generado preocupaciones sobre los efectos de los efluentes sobre los ecosistemas acuáticos receptores, lo que ha llevado a que se realicen investigaciones para poder minimizar el impacto ambiental generado. La tecnología del biofloc ofrece una solución a los problemas ambientales por la descarga de los productos de desechos en los cuerpos de agua y a la dependencia por la harina y aceite de pescado por parte de la acuicultura. En el presente estudio se evaluó el crecimiento de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* y alevines de *Oreochromis* sp., por un periodo de dos meses en policultivo dentro de un sistema biofloc, se probaron cuatro tratamientos con diferentes niveles de salinidad T1 (5 g/L), T2 (10 g/L), T3 (15 g/L), T4 (20 g/L). Los camarones y tilapias dentro del policultivo, no presentaron diferencia significativa entre las medias de peso en (g) y talla en (cm) para todos los tratamientos, incluido el control. Aplicar la tecnología biofloc en el policultivo de postlarvas de camarón y alevines de tilapia, requiere considerar las diferencias biológicas y metabólicas de estas especies, así como sus hábitos alimenticios. Se corroboró que el diseño y sistema biofloc utilizados en el presente estudio, pueden ser una alternativa para el cultivo súper-intensivo de peces y crustáceos.

Palabras clave: Biofloc, Policultivo, *Oreochromis* sp., *Litopenaeus vannamei*

³²⁰ Instituto Tecnológico de Boca Del Río. *Autor de correspondencia: fabiolalango@yahoo.com.mx.

³²¹ Universidad Autónoma de Nayarit.

Introducción

La producción y consumo de los productos pesqueros y acuícolas ha aumentado en las últimas décadas. La acuicultura ha tenido un gran desarrollo, tal es el grado que en la actualidad aporta casi la mitad (44.2% en 2014) de la producción. A pesar de ello, esta actividad enfrenta algunos retos como son la necesidad de agua y espacios para su desarrollo (Crab et al., 2012). Con el incremento de la demanda, la producción y la comercialización, hay un aumento en el requerimiento para mejorar la sostenibilidad, la aceptación social y la seguridad para la salud humana, por lo que se han buscado métodos de producción que los conduzcan a lograrlo, desafiando a los países productores para desarrollar e implementar políticas apropiadas y desarrollar normas que permitan una producción y comercio responsable (FAO, 2013). Dentro de las estrategias a seguir es de suma importancia aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del agua y recursos alimentarios (FAO, 2016).

El cultivo del camarón y de tilapia es uno de los sectores de la acuicultura con más rápido crecimiento en Asia, Latinoamérica y recientemente en África. La sostenibilidad de la acuicultura del camarón y de tilapia, se debe alcanzar con el reconocimiento y mitigación a corto y largo plazo de los efectos al medio ambiente y a la comunidad. En este sentido, se debe mantener para ello una viabilidad económica y biológica para proteger los recursos acuícolas de los cuales ella depende. En México al igual que en la mayoría de los países, la acuicultura también ha adquirido gran importancia en los últimos años, arrojando beneficios sociales y económicos, los cuales a su vez se han traducido en una fuente de alimentación con un elevado valor nutricional. El cultivo de crustáceos, particularmente de camarón, ya que se encuentra en el segundo lugar de la producción pesquera y el primero por su valor económico. En los últimos 10 años ha tenido una tasa de crecimiento de 6.4% debida en mayor parte a la acuicultura (CONAPESCA, 2014).

Con el incremento en la producción y desarrollo de la industria acuícola se han generado preocupaciones sobre los efectos de los efluentes procedentes del cultivo sobre los ecosistemas acuáticos receptores (Piedrahita, 2003), por lo que se han llevado a cabo investigaciones para poder minimizar el impacto ambiental generado por la industria acuícola (Ray et al., 2011; Baloi et al., 2013).

El policultivo consiste en la adición de una o más especies subordinadas a otra considerada especie principal del cultivo en cuestión, dentro de estos sistemas se aprovecha mejor la productividad natural y el área en los estanques de cultivo; sin embargo, la selección de especies para el policultivo requiere de un análisis riguroso sobre los hábitos alimenticios, comportamiento y productividad de los estanques, con la finalidad de determinar la combinación que permita maximizar la rentabilidad de una explotación acuícola (FAO, 1978;

De la Lanza-Espino et al., 2011). Aunado a esto, la tecnología del biofloc ofrece una solución a los problemas ambientales por la descarga de los productos de desechos en los cuerpos de agua y a la dependencia por la harina y aceite de pescado por parte de la acuicultura (De Schryver et al., 2008). Los flocs microbianos consisten en una mezcla heterogénea de microorganismos (bacterias, cianobacterias, algas, dinoflagelados), partículas, coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas, pueden alcanzar más de 1000 μm de tamaño, tienen forma irregular y son porosos (Jorand et al., 1995; Chu and Lee, 2004).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la supervivencia y el crecimiento en alevines de tilapia *Oreochromis sp.* y postlarvas del camarón blanco *L. vannamei* a diferentes salinidades en biofloc y de la descripción de la composición microbiana del biofloc en las diferentes condiciones de salinidad.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Boca del Río, en el laboratorio de investigación en acuicultura aplicada (LIAA).

Se sembraron en policultivo acuícola alevines de *Oreochromis sp.* y postlarvas de *L. vannamei* en sistema biofloc a diferentes niveles de salinidad: TC (2 g/L), T1 (5 g/L), T2 (10 g/L), T3 (15 g/L) y T4 (20 g/L). El experimento tuvo un diseño completamente al azar. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 60 alevines de tilapia (1.5 cm de longitud, 0.113 g peso promedio) y 20 postlarvas de camarón (3.2 cm de longitud, 0.277 g peso promedio). Se utilizaron 15 tinajas con un volumen de trabajo de 200 litros (77 cm ancho x 110 cm largo x 37 cm de altura) a las que se les suministró aireación constante mediante tubería de PVC conectada a un compresor de 2 hp. El área del experimento estuvo cubierta por una estructura de PVC y lona plástica.

Previo a la siembra de los organismos, las tinajas fueron llenadas con agua salobre a 6 g/L, 15 días antes con la finalidad de estimular la producción de detritus, flora microbiana y zooplancton. El tratamiento control (TC) fue inoculado con sedimento procedente de un estanque de cultivo de una granja camaronera, se mantuvo una relación 14:1 de C:N, añadiendo melaza a las tinajas (Asaduzzaman et al., 2010), una vez maduro el sistema se transfirió agua de los tratamientos controles al resto de las tinajas (T1, T2, T3, y T4). Los organismos fueron tomados aleatoriamente y se procedió a la aclimatación durante 20 minutos en los sistemas experimentales.

Los organismos fueron alimentados con alimento comercial con 35% de proteína dos veces al día (09:00 h y 17:00 h), en una proporción estimada del 15% del peso de la biomasa inicial de tilapias y camarones, partiendo de la consideración de tener un 100% de supervivencia

durante el estudio. Durante el cultivo se ajustó el porcentaje de alimento en relación al consumo y peso de los organismos.

Los parámetros de calidad de agua fueron monitoreados diariamente con una sonda multiparamétrica (YSI 560), registrando la concentración de oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH, salinidad (g/L), y mediante pruebas colorimétricas se determinaron las concentraciones de amonio (NH_3 mg/L), nitritos (NO_2 mg/L) y nitratos (NO_3 mg/L), mientras que la turbidez mediante un disco de Secchi. Además, se determinaron los sólidos suspendidos (SS mL/L), utilizando los conos de Imhoff.

El crecimiento de los organismos fue evaluado quincenalmente, para lo cual se extrajeron al azar 20 tilapias y 10 camarones respectivamente de cada tina con una cuchara con red de nylon de 1/8 x 20 cm x 45 cm. Se registró su longitud (cm) y peso (g), para posteriormente estimar parámetros de crecimiento: supervivencia final (S), peso ganado (PG), tasa de conversión alimenticia aparente (TCAA). Se evaluó su estado de salud cada 20 días, extrayendo 5 peces y 3 camarones de cada tratamiento, los cuales se sacrificaron por congelamiento rápido para su revisión individual en un microscopio estereoscópico a una ampliación de 10 X, observando estructuras externas en ambas especies. Posteriormente se diseccionaron branquias y músculos en búsqueda tejidos necrosados, cambios de coloración y la presencia de parásitos.

Finalmente, se analizó la composición de organismos componentes del biofloc en las tinas de policultivo, tomando muestras quincenales de agua de cultivo. Para la identificación de microalgas se transfirió 1 ml de muestra y se observó con un microscopio ZSX50 Olympus, con objetivo de 100X (Azim y Little, 2008), en cuanto a la identificación de la microfauna (ciliados, rotíferos, nemátodos), se tomó una muestra inicial de 10 mL de agua de cada tina para obtener una muestra total de 30 mL por tratamiento, que se fijaron con formalina al 5%, las cuales se observaron con un microscopio estereoscópico de la misma marca. La identificación taxonómica de los grupos observados se efectuó a nivel de género con ayuda de literatura especializada.

Resultados y Discusión

Los resultados de calidad de agua por tratamiento durante el policultivo fueron constantes en cada tratamiento durante el tiempo del bioensayo (Cuadro 1).

La temperatura no presentó variaciones significativas entre tratamientos durante el tiempo en que se desarrolló el estudio (Mayo-Junio), manteniéndose para los tratamientos (T1, T2, T3 y TC) en un promedio de $28.37 \pm 0.17^\circ\text{C}$. Sin embargo, el tratamiento (T4) alcanzó una temperatura promedio de $29.10 \pm 0.22^\circ\text{C}$, la cual no fue significativa con respecto al resto de

los tratamientos. En este estudio se consideró factor influyente con relación a los organismos representantes del biofloc, establecidos en dicho tratamiento, como lo son los parásitos (Trichodina) encontrados únicamente en el (T4).

Cuadro 1. Variables fisicoquímicas (promedio) evaluadas por tratamiento durante el policultivo.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Salinidad (g/L)	O ₂ (mg/L)	pH	Amonio (mg/L)
TC	28.14±0.26	2.98±1.46	6.97±1.55	8.54±0.34	0.1±0.01
T1	28.38±0.53	5.57±0.27	6.88±1.56	8.49±0.33	0.1±0.01
T2	28.26±0.52	9.90±1.36	6.70±1.53	8.62±0.34	0.1±0.01
T3	28.43±0.59	14.52±3.16	6.68±1.61	8.55±0.32	0.1±0.01
T4	29.10±0.22	18.81±4.85	6.47±1.56	8.49±0.25	0.1±0.01
Rango Recomendado	28-30°C	6-9	5-9	6.5-9	<0.1

A pesar de lo anterior, la temperatura se mantuvo dentro del rango óptimo (27–30 °C) para las dos especies (*O. niloticus* y *L. vannamei*) como lo reportan diferentes autores (García y Calvario, 2008; González et al., 2010). Con respecto a la concentración de oxígeno disuelto, al inicio del estudio se registraron valores promedio significativamente bajos en todos los tratamientos (3.2 ± 0.18 mg/L) comparados con el promedio registrado de la segunda semana hasta el final del experimento (6.67 ± 1.46 mg/L). El aumento registrado durante el experimento pudo ser causado por el ciclo de productividad primaria, en especial por las especies de microalgas, las cuales cumplen su función fotosintética aumentando la concentración del oxígeno disuelto en el agua de cultivo. Esto coincide con lo reportado por Ray et al. (2010), quienes mencionan que la biodiversidad inicial de especies que se alojan en los biofloc, depende de la microbiota que se encuentra en el cuerpo de agua, algunas de ellas pueden funcionar como control biológico para especies patógenas mediante la exclusión competitiva o porque tienen propiedades probióticas y otras como las microalgas, en abundancia con el medio, favorecen la cantidad de oxígeno disuelto en el cultivo.

Los niveles de salinidad establecidos para los bioensayos se mantuvieron a lo largo del experimento sin presentar variaciones significativas. Este parámetro pudo haber afectado la supervivencia de *Oreochormis* sp. en T3 y T4. No se observaron efectos en *L. vannamei*, contrario a lo reportado por Maicá et al. (2012), quienes encontraron un bajo rendimiento y altas mortalidades en bajas salinidades al cultivar esta especie en biofloc a bajas salinidades, mientras que a altas salinidades presentaron mayor tasa de crecimiento y peso final.

El policultivo permite aprovechar mejor la productividad natural y el área en los estanques de cultivo. Sin embargo, la selección de especies en policultivo requiere de un análisis riguroso

sobre los hábitos alimenticios, comportamiento y productividad de los estanques. En el caso de *Oreochromis* sp. y de *L. vannamei*, los estudios sobre el índice de condición han indicado que policultivo y sistemas de biofloc pueden reducir los brotes de enfermedades en las granjas camaroneras, el uso de la tilapia en los reservorios de las granjas de camarón para inducir algas y floraciones de bacterias benéficas en el agua antes de llenar los estanques podría promover comunidades bióticas sanas y equilibradas, se mejora la calidad de agua y la eficiencia en el uso del alimento, logrando un incremento en la productividad (Simão et al., 2013). Con base en esto se puede inferir que la baja salinidad en los tratamientos (T1, T2 e incluyendo TC) no afectó el crecimiento ni la supervivencia de los camarones.

En lo que al valor de pH respecta, durante este estudio presentó variaciones irregulares, pero no significativas. Los valores de Amonio (0.1 mg/L), nitritos (0.5 mg/L) y nitratos (10 mg/L) estuvieron siempre dentro de los que indican como referencia numerosos autores (Frías-Espericueta et al., 1999; García y Calvario, 2008; Asaduzzaman et al., 2010; González et al., 2010).

La medición de los sólidos sedimentables (SS) es un indicador de calidad dentro de los sistemas biofloc (Avnimelech, 2009). La medición del biofloc fue mayor solo en los tratamientos T1, T2 y TC, presentando un aumento en la biomasa de flóculos (entre 10 ml/L y 15 ml/L).

La transparencia en todos los tratamientos, disminuyó de manera notable conforme avanzaba el experimento y se observó un cambio de tonalidad de verde a marrón. La densidad del fitoplancton aumentó gradualmente con el pasar de los días, hasta el día 14, a partir de la segunda semana hasta la cuarta de cultivo el cambio de coloración de verde a marrón indicó la presencia de una masa bacteriana en suspensión en el agua. Se pudo observar la presencia de diatomeas y cladóceros en todos los tratamientos; además de ello los tratamientos TC, T1 y T2, presentaron rotíferos, mientras que en los tratamientos T3 y T4, se observó la presencia de protozoarios y nemátodos.

En lo que respecta a la supervivencia de *Oreochromis niloticus*, los tratamientos T3 y T4 presentaron un promedio de 60% y 50% respectivamente, lo anterior podría ser debido a la presencia de parásitos (trichodinas, cosinodiscos y algunos nemátodos) presentes en la microflora bacteriana, el resto de los tratamientos muestra tasas de supervivencia comparable con los resultados obtenidos para esta especie cultivada en biofloc por otros autores (Ekasari et al., 2010). Por su parte, *L. vannamei*, presentó una supervivencia considera aceptable para los tratamientos (T1, T2, T3 e inclusive TC), pero se obtuvo una supervivencia baja para el tratamiento (T4), que de la misma manera se puede atribuir a la presencia de los organismos parásitos que afectaron la salud de las tilapias causando inestabilidad y estrés en el resto del cultivo, ya que las postlarvas de *L. vannamei* soportan comúnmente hasta los 35 g/L (Boyd et al., 2002). La densidad de siembra de los organismos

no provocó influencia negativa en los resultados de supervivencia en ambas especies (Ray et al., 2010).

Los camarones y tilapias dentro del policultivo, no presentaron diferencia significativa entre las medias de peso en (g) y talla en (cm) para todos los tratamientos, incluido el control. Las tasas de crecimiento se sitúan dentro del rango aceptable para estas especies (Cantor, 2007; FAO, 2014). El comportamiento del incremento en peso y talla de las tilapias y el camarón en un policultivo es variado con relación a las variables físico-químicas (temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad y turbidez). Sin embargo, y de acuerdo a la literatura, se puede asumir que la utilización de un sistema de biofloc dentro de un policultivo incrementa la factibilidad para reducir la tasa de conversión del alimento y disminuye los costos de la alimentación (Emerenciano et al., 2017).

Conclusiones

1. Aplicar la tecnología biofloc en el policultivo de postlarvas de camarón y alevines de tilapia, requiere considerar las diferencias biológicas y metabólicas de estas especies, así como sus hábitos alimenticios. Se corroboró que el diseño y sistema biofloc utilizados en el presente estudio, pueden ser una alternativa para el cultivo superintensivo de peces y crustáceos.

Literatura citada

Asaduzzaman, M., M. M. Rahman, M. E. Azim, M. A. Islam, M. A. Wahab, M. C. J. Verdegem and J. A. J. Verreth. 2010. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. *Aquaculture* 306(1–4): 27-136.

Avnimelech, Y. 2009. *Biofloc Technology—A practical Guide Book*. The World Aquaculture Society.

Azim, M. E. and D. C. Little. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283 (1–4):29-35.

Baloi, M., R. Arantes, R. Schweitzer, C. Magnotti and L. Vinatea. 2013. Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. *Aquacultural Engineering* 52(0):39-44.

- Boyd, C. E., T. Thunjai and M. Boonyaratpalin. 2002. Dissolved salts in water for inland, low-salinity shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate* 5:40-45.
- Cantor, A. F. 2007. Manual de producción de tilapia., Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla: 135.
- CONAPESCA. 2014. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Consulta específica por especie. Retrieved Mayo, 2014, from http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/consulta_especifica_por_produccion [consultado el 5 de mayo de 2017].
- Crab, R., T. Defoirdt, P. Bossier and W. Verstraete. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 356–357:351-356.
- Chu, C. P. and D. J. Lee. 2004. Multiscale structures of biological flocs. *Chemical Engineering Science* 59(8–9):1875-1883.
- De la Lanza-Espino, G., S. Hernández-Pulido and J. L. Carbajal-Perez. 2011. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). México, Plaza y Valdés.
- De Schryver, P., R. Crab, T. Defoirdt, N. Boon and W. Verstraete. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277(3–4):125-137.
- Ekasari, J., R. Crab and W. Verstraete. 2010. Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *HAYATI Journal of Biosciences* 17(3):125.
- Emerenciano, M. G. C., L. R. M. Córdova, M. Martínez-Porchas and A. Miranda-Baeza. 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. *Water Quality*. H. Tutu. Rijeka, InTech: Ch. 05.
- FAO. 1978. Esquema de un Programa de Investigación Aplicada y Desarrollo Experimental para el Centro Regional Latinoamericano de Acuicultura. <http://www.fao.org/docrep/l5902s/l5902s0b.htm#10> [consultado el 8 de julio de 2017].
- FAO, 2013. Desarrollo de la acuicultura 5. Uso de peces silvestres como alimento en acuicultura, Roma.
- FAO. 2014. Food and Agriculture Organization. Manual para la cria de camarones peneidos. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab466s/ab466s03.htm> [consultado el 8 de mayo de 2017]
- FAO. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma.

- Frias-Espericueta, M. G., M. Harfush-Melendez, J. I. Osuna-Lopez and F. Paez-Osuna. 1999. Acute toxicity of ammonia to juvenile shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bull Environ Contam Toxicol* 62(5):646-652.
- García, A. and O. Calvario. 2008. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. Mazatlán, Sinaloa, México, Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD). 104 p.
- González, R., J. D. Celada, A. González, V. García, J. M. Carral and M. Sáez-Royuela. 2010. Stocking density for the intensive rearing of juvenile crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Astacidae), using *Artemia nauplii* to supplement a dry diet from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture International* 18(3):371-378.
- Jorand, F., F. Zartarian, F. Thomas, J. C. Block, J. Y. Bottero, G. Villemin, V. Urbain and J. Manem. 1995. Chemical and structural (2D) linkage between bacteria within activated sludge flocs. *Water Research* 29(7):1639-1647.
- Maicá, P. F., M. R. de Borba and W. Wasielesky Jr. 2012. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture Research* 43(3):361-370.
- Piedrahita, R. H. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* 226(1-4):35-44.
- Ray, A. J., K. S. Dillon and J. M. Lotz. 2011. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering* 45(3):127-136.
- Ray, A. J., B. L. Lewis, C. L. Browdy and J. W. Leffler. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299(1-4):89-98.
- Ray, A. J., G. Seaborn, J. W. Leffler, S. B. Wilde, A. Lawson and C. L. Browdy. 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310(1-2):130-138.
- Simão, B. R., L. O. Brito, A. S. C. Maia, L. C. Miranda and C. M. d. S. B. Azevedo. 2013. Stocking densities and feeding strategies in shrimp and tilapia polyculture in tanks. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48:1088-1095.

ESTRUCTURA DE LA CADENA PRODUCTIVA (MAPEO) DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA *Oreochromis spp* EN VERACRUZ

Juan Cristóbal Hernández Arzaba³²², Diego Esteban Platas Rosado^{322*}, Luling Preza Lagunes³²² y Luis
González Reynoso³²²

Resumen

En México existen pocos estudios económicos y de mercado sobre la acuicultura. Mapear la cadena productiva basados en la teoría de Porter, con datos sólidos derivados de un Ordenamiento acuícola, diagnostica las áreas de oportunidad del sector e identifica su ventaja competitiva; ayudando a que los tomadores de decisiones tengan el sustento y justificación necesarias para crear políticas públicas y gobernanzas en pro del desarrollo de un sector dinámico a nivel mundial y en países en vías de desarrollo con altas tasas de crecimiento, pero estancados como México. Veracruz figura como uno de los estados con mayor importancia en producción de tilapia, sin embargo, es un mercado que compite con importaciones y presenta un déficit derivado de su falta de competitividad. El mapeo de la cadena productiva de la tilapia en las zonas de estudio en Veracruz nos da una imagen instantánea del sector, conociendo su potencial y factores críticos de éxito.

Palabras clave: Acuicultura, competitividad, acceso a mercados, tomadores de decisiones, políticas públicas y gobernanzas

Introducción

En nuestro país, la tilapia es de las especies con mayor demanda para el consumo, de acuerdo con el documento Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México 2012 (SAGARPA, 2012), en donde al año se consumen cerca de 200 mil toneladas.

De acuerdo con la Agencia Informativa CONACYT (2014), en México no se produce ni la mitad de lo requerido para satisfacer la demanda nacional, se producen cerca de 75 mil

³²² Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. *Autor de correspondencia: dplatas@colpos.mx

toneladas, ubicándose como segundo importador de tilapia mundial, después de los E.U., creando una dependencia alimentaria de China, Taiwán y los países del Sudeste asiático.

A pesar del auge de la tilapia a nivel mundial, y de ser suministro de nutrientes y proteína, el consumo per cápita en México es bajo. En 2012, los productores nacionales no alcanzaron a cubrir la demanda del mercado doméstico, estimado en 240 mil toneladas. Por lo que fueron suministradas 150 mil toneladas de tilapia de importación, mayoritariamente de China.

En 2015, se estimó el consumo de tilapia en Veracruz en 4 mil toneladas, demanda no cubierta por los productores locales quienes produjeron 2,600 toneladas. Por ello, es necesario realizar un mapeo de la cadena de valor de la tilapia en Veracruz para diagnosticar las áreas de oportunidad y facilitar la toma de decisiones a los creadores de las políticas públicas, derivado del estudio a más de 800 productores regionales en el Ordenamiento Acuícola Veracruz del Colegio de Postgraduados (Reta-Mendiola y Asian-Hoyos, 2010).

Materiales y Métodos

Se realizó y esquematizó un mapeo de la comercialización de tilapia en Veracruz basado en la teoría de Porter, 1998 usando los datos del Ordenamiento Acuícola Veracruz de Reta-Mendiola y Asian-Hoyos (2010).

Resultados y Discusión.

La comercialización de tilapia se hizo por dos vías dependiendo su origen. La tilapia importada, principalmente congelada, se distribuyó a través de comercializadoras, como cadenas de restaurantes y supermercados. Por otro lado, los productores locales comercializan tilapia fresca, a pie de granja, en mercados de distribución local, tilapia viva, restaurante propio y en menor medida con valor agregado y para autoconsumo.

De acuerdo con Fitzsimmons (2004), en su predicción que la tilapia sería el factor clave para la acuicultura en el presente siglo por su fácil manejo, potencial genético, y aceptación en platillo de los grandes mercados globales. México pasó de ser el segundo productor a nivel mundial en 2002 a ser el 2° lugar importador de tilapia, tan solo después de los Estados Unidos de América. Los mercados domésticos de tilapia y su desarrollo son muy incipientes. Señala Porter (1998), que a pesar de la conglomeración de empresas de un mismo giro o similar (acuicultores) en determinadas regiones de un país, deben desarrollarse innovaciones, implementaciones tecnológicas y desarrollar el mercado interno para alcanzar competitividad y acceso a mercados globales. La Teoría de Clúster de Porter (2003) nos dice

que los países en desarrollo apuestan por bajos costos de mano de obra y recursos naturales sin consolidar el mercado doméstico, en consecuencia, el crecimiento del sector está estancado. En la Figura 1 podemos observar la esquematización de la cadena productiva.

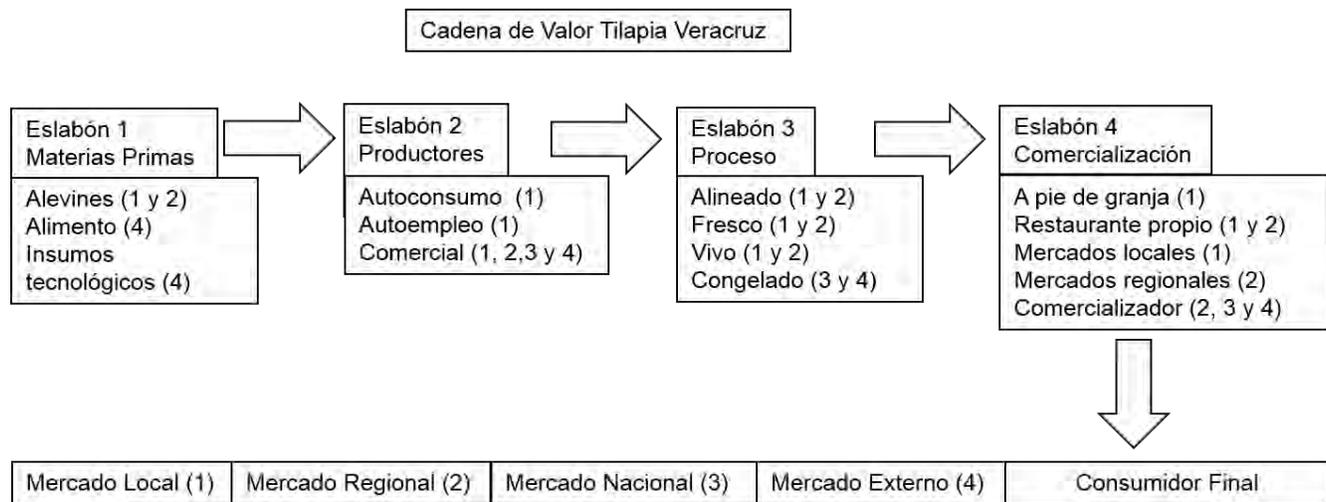


Figura 1. Mapeo de la Cadena de Valor de la Tilapia en Veracruz. Fuente: Elaboración propia con datos de Reta-Mendiola y Asiain-Hoyos (2010). Nota: Mercados de proveeduría y destino de acuerdo a su origen.

Conclusiones

1. Ante la importación de tilapia a Veracruz, la producción acuícola local tiene un reto comercial y de integración de la cadena de valor.
2. Existen áreas de oportunidad para que los productores locales promuevan y optimicen sus canales de comercialización en sus mercados locales mediante estrategias innovadoras, como lo son los puntos de venta de tilapia viva en regiones donde esta modalidad de comercialización tiene la aceptación del mercado meta, a pesar del sobreprecio.
3. Para promover y optimizar los canales de comercialización es necesario capacitar y empoderar a los acuicultores; hacer eficientes los programas gubernamentales de apoyo al sector y fomentar el consumo de tilapia con valor agregado.
4. Los acuicultores no deben competir con mercados de importación, más bien desarrollar un nuevo nicho de mercado para lograr posicionarse.

Literatura citada

CONACYT, Agencia Informativa. Diseñan modelo integral para la producción de tilapias, 2014. [En línea] <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/mundo-vivo/591-produccion-de-tilapias>

Fitzsimmons, K. 2004. Producción y Mercado Internacional de Tilapia. ISTA (International Symposia On Tilapia In Aquaculture), Manila, Filipinas, septiembre de 2004.

Porter, M. F., 1998. Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review: 77. Academic OneFile. URL: <http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA53221400&v=2.1&u=fondoconacyt&it=r&p=ONE&sw=w&asid=a6bd00f1e40354566de1b70a9b63d2ed> [consultado en línea]

Porter, M. E. 2003. The economic performance of regions. *Regional Studies* (37):549–578.

Reta-Mendiola, J. L. y Asiain-Hoyos, A. 2010. Ordenamiento Acuícola del Estado de Veracruz. Reporte de proyecto. SAGARPA/CONAPESCA/Colegio de Postgraduados. México. 26p.

SAGARPA 2012. Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México, 2012. Manual para el productor. Comité Sistema Producto Tilapia de México AC. Proyecto Integral de Capacitación 2012. Comité Nacional Sistema Producto Tilapia.

IMPLICACIONES DE LOS AUMENTOS DE TEMPERATURA PROYECTADOS PARA LA ACUACULTURA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Luis González Reynoso³²³, Diego Esteban Platas Rosado^{323*} y Juan Cristóbal Hernández Arzaba³²³

Resumen

El cambio climático global (CCG) afectará la acuicultura de diferentes formas. Entre los efectos esperados en la acuicultura destacan el aumento de la temperatura media anual y mensual, así como eventos de temperaturas extremas que generalmente conducen a enfermedades oportunistas cuando el agua alcanza temperaturas mayores a 35 °C, pues es el límite superior de tolerancia térmica de la tilapia. Esta investigación tiene como objetivo general analizar la situación actual y futura de la acuicultura de tilapia de acuerdo a las proyecciones esperadas bajo el escenario "RCP" 8.5 (Representative Concentration Pathway) para el cambio climático en la región central del estado de Veracruz. De acuerdo con el censo acuícola 2009-2010, para Veracruz existen 609 granjas de tilapia georreferenciadas las cuales son de distintos tamaños y con diferentes volúmenes de producción. Desde las que son para autoconsumo, pasando por granjas con ventas locales y/o regionales, hasta las granjas comerciales que producen para los grandes mercados. Cada una de las 609 granjas fue ubicada en un mapa digital. Una vez obtenida esta capa, se traslapó con un modelo digital de elevación para obtener la altitud en la que se encuentra ubicada cada granja y con modelos digitales de temperatura media mensual del mes de junio, un modelo de temperatura histórica (1903-2010), un modelo digital de los efectos del cambio climático en la temperatura a corto plazo (2015-2039) y un modelo de temperatura a largo plazo (2070-2099). Con estos modelos se obtuvieron los datos individuales de altitud y temperatura para cada granja para predecir cuales granjas podrían ver afectada su producción como consecuencia del cambio climático. Para obtener así un porcentaje de granjas y de la producción afectada por este riesgo y poder evaluar la gravedad de la situación. El 16.3% de la producción actual está siendo afectada por temperaturas extremas durante el mes de junio, mientras que, en el corto plazo, se afectaría 28.3% de la producción y para el largo plazo el porcentaje de afectación sería del 90.8%. Se discute la gravedad de la situación y posibles estrategias de adaptación de la acuicultura a estas condiciones proyectadas.

³²³ Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. *Autor de correspondencia: dplatas@colpos.mx

Palabras clave: Cambio climático, RCP, acuicultura, tilapia, Veracruz

Introducción

El cambio climático global (CCG) afectará tanto a la pesca como a la acuicultura. Las recientes proyecciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) estiman que para el 2055 el cambio climático tendrá efectos profundos en la productividad marina que ocasionarán reducciones de hasta el 40% en las capturas por pesca en los mares tropicales y de latitud media (IPCC, 2014). Por otra parte, tanto el IPCC como la FAO contemplan que la expansión de la producción acuícola es una de las pocas medidas viables para contrarrestar el impacto comercial de la disminución proyectada en la pesca (IPCC, 2014; FAO 2016a, b). En regiones tropicales y subtropicales como México, la acuicultura es de importancia estratégica, ya que resalta la importancia de su desarrollo como un medio para sustituir la disminución de los volúmenes de captura con peces cultivados. Sin embargo, la acuicultura también será afectada por el CCG. Algunas de las proyecciones para el 2050 y 2100 incluyen el aumento gradual de la temperatura media anual y aumento en la frecuencia e intensidad de eventos de temperatura extremos sobre todo en los meses más calurosos que pueden exceder los límites de tolerancia térmica de las especies en cultivo y producir eventos de enfermedades oportunistas (FAO, 2016). La tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, es la especie dulceacuícola más producida en el estado de Veracruz y en México. Sin embargo, el cultivo de tilapia es sensible a los cambios de temperatura. Se produce un óptimo crecimiento entre los 26 y 30°C. Por cada grado arriba o debajo de este rango se pierde alrededor del 10% de la eficiencia en su crecimiento, por debajo de los 20°C no muestra crecimiento alguno y por arriba de los 35°C puede presentar enfermedades bacterianas oportunistas, dentro de las que aparecen con más frecuencia se encuentran la septicemia hemorrágica (*Vibrio* sp.) y exoftalmia (*Streptococcus* sp.) causando mortalidad en los organismos de cultivo (Comité Sistema Producto Tilapia de México AC, 2012). Actualmente, en el estado de Veracruz durante los meses más calurosos de junio a agosto se presentan eventos de temperatura extrema. En estos días se pueden alcanzar temperaturas en el agua de hasta más de 36°C con una duración que va desde un día hasta 12 o 15 días consecutivos, lo cual afecta la producción porque aumenta la demanda de oxígeno en los estanques y la tilapia reduce su ingesta de alimento debido a que está muy cerca de su límite de tolerancia térmica. Las proyecciones de temperatura dependen cada vez más de los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂, CH₄, N₂O y F. De acuerdo con el nivel de emisiones se ha estandarizado a nivel internacional varios escenarios de Cambio Climático. Un Escenario de Cambio Climático es una

representación del clima que se observaría, bajo una concentración determinada de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera en diferentes épocas futuras (IDEAM, 2015). De acuerdo con el IPCC, ahora el Cambio Climático se evalúa a partir de cuatro escenarios diferentes RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5, donde el comportamiento de la temperatura y la precipitación, dependen del forzamiento radiactivo impuesto por la concentración esperada de gases efecto invernadero (GEI) en las diferentes épocas de evaluación. Siendo el escenario RCP 8.5, el escenario donde no hay reducción de emisiones de CO₂ sino un aumento paulatino (IPCC, 2014). El objetivo del presente trabajo es analizar la situación actual y futura de la temperatura de acuerdo a las proyecciones de aumento de temperatura esperadas bajo el escenario RCP 8.5 para el cambio climático en la región central del estado de Veracruz y discutir posibles estrategias de adaptación para la acuicultura ante este escenario.

Materiales y Métodos

Partiendo del censo acuícola más reciente (2009-2010) con los datos de geolocalización se identificaron 609 granjas acuícolas de tilapia de la zona central del estado de Veracruz. En colaboración con el laboratorio de Geomática del Colegio de Posgraduados Campus Veracruz, se obtuvo una carta topográfica del estado de Veracruz con las granjas acuícolas de tilapia para obtener la altitud en que se ubica cada granja. Mediante la base de datos meteorológicas de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) de la UNAM se obtuvieron mapas Raster de las proyecciones de temperatura bajo el escenario RCP 8.5 para la temperatura media mensual de junio, tanto para las temperaturas históricas (1903-2010) como para las proyecciones a corto plazo (2015-2039) y a largo plazo (2070-2099) (Fernández-Eguiarte et al., 2011). Se obtuvieron las proyecciones de temperatura para cada pixel del mapa Raster y por consiguiente la proyección de temperatura para cada granja de tilapia en los diferentes periodos. De esta forma, se detectaron los riesgos de temperaturas extremas para cada granja acuícola y se detectaron los porcentajes de afectación para la acuicultura de tilapia en general para el estado de Veracruz. Finalmente se discuten estos resultados en función de los riesgos detectados por la FAO y posibles propuestas para obtener estrategias de adaptación de la acuicultura ante el cambio climático.

Resultados y Discusión

Se obtuvieron mapas Raster de temperatura interpuestos con el mapa de ubicación de las granjas del estado de Veracruz para el periodo histórico (1903-2010), para la proyección a corto plazo (2015-2039) y largo plazo (2070-2099) (Figuras 1a, 1c, 1e, respectivamente). Así como el resultado de las granjas con una temperatura proyectada por encima de los 35°C para los mismos periodos (Figuras. 1b, 1d, 1f respectivamente).

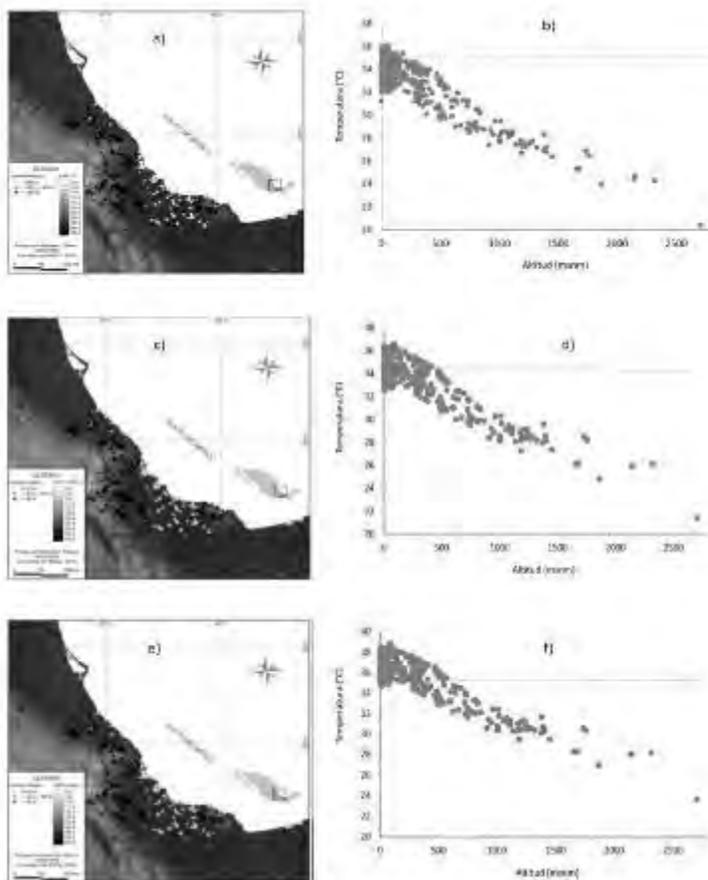


Figura1. a) Mapa Raster de Temperatura media mensual de junio durante el periodo histórico (1903-2010), b) Grafica de altitud vs temperatura histórica (1903-2010) de las granjas de tilapia de la zona central del estado de Veracruz, la línea punteada horizontal representa los 35°C. c) Mapa Raster de la temperatura media mensual del mes de junio a corto plazo (2015-2039). d) Grafica de altitud vs proyección de la temperatura a corto plazo (2015-2039) de las granjas de tilapia de la zona central del estado de Veracruz, la línea punteada horizontal representa los 35°C. e) Mapa Raster de la temperatura media mensual del mes de junio a largo plazo (2070-2099). f) Grafica de altitud vs proyección de la temperatura a largo plazo (2070-2099) de las granjas de tilapia de la zona central del estado de Veracruz, la línea punteada horizontal representa los 35°C.

Las proyecciones de aumento de temperatura para el escenario RCP 8.5 del cambio climático indican que la producción de tilapia estará sometida a temperaturas mayores a 35°C a corto plazo en un 28.3% y a largo plazo en un 90.8% (Figura 2). Esta situación compromete los mismos porcentajes, ya que se ha descrito que la tilapia a temperaturas mayores a 35°C tiene un alto riesgo a contraer enfermedades bacterianas oportunistas que pueden afectar el crecimiento y producir mortandades masivas (Comité Sistema Producto Tilapia de México AC, 2012).

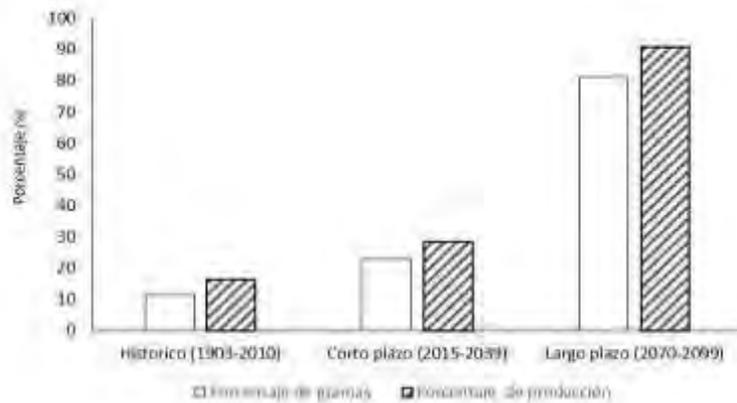


Figura 2. Porcentaje de granjas y de producción de Tilapia de la región central del estado de Veracruz con temperaturas mayores a 35°C bajo los diferentes periodos. Temperaturas históricas (1903-2010), Proyección de temperatura bajo el escenario RCP 8.5 para el cambio climático para el corto plazo (2015-2039) y para el largo plazo (2070-2099).

Actualmente estos eventos patológicos se tratan con oxitetraciclina, sin embargo, debido a la posibilidad de que las cepas bacterianas pueden volverse resistentes a los antibióticos no es una práctica recomendable, por lo que se requiere buscar alternativas para el tratamiento de estas enfermedades como el reciente uso de probióticos en la acuicultura (Comité Sistema Producto Tilapia de México AC, 2012).

Conclusión

El análisis de las proyecciones de temperatura media mensual para el mes de junio indica que el 16.3% de la producción actual está siendo afectada por temperaturas extremas durante el mes de junio, mientras que a corto plazo se afectará el 28.3% de la producción y para el largo plazo el porcentaje de afectación será del 90.8%. Se discute la gravedad de la situación y posibles estrategias de adaptación de la acuicultura a estas condiciones proyectadas.

Agradecimientos

Al M. en C. Juan Acosta Jimeno del Laboratorio de Geomática del Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz, por su invaluable colaboración para la elaboración de los mapas y obtención de las proyecciones de temperatura.

Literatura citada

Comité Sistema Producto Tilapia de México AC. 2012. Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. Comité Sistema Producto Tilapia de México AC. Primera edición. Mexico. 182 pp.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016a. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. FAO. First edition. Rome. 200 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016b. Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture. Circular No. C1122. FAO. First edition. Rome. 54 p.

Fernández-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo., R. Romero C. 2011. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA. <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>

IDEAM, 2015. SIAC/Cambio climático/Vulnerabilidad <http://modelos.ideam.gov.co/escenarios/cambio-climatico/>. [consultado el 11 de octubre de 2017].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Climate change 2014. Impacts, adaptation and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Cambridge University Press. First edition. United States of America. 1150 p.

TRANSPORTE DE TILAPIA (*Oreochromis spp*) VIVA PARA SU COMERCIALIZACIÓN, UNA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO REGIONAL

Juan Lorenzo Reta-Mendiola^{324*}, Alberto Asiain-Hoyos³²⁵, Verónica Lango-Reynoso³²⁶ y Horacio Gallegos-Salcedo³²⁷

Resumen

Se presenta una innovación de transporte de peces para su comercialización en vivo. Se obtiene la capacidad de carga para el transporte óptimo de los peces a través de la evaluación del consumo de Oxígeno disuelto en el agua de transporte en mg/L, % de saturación y temperatura.

Palabras clave: tilapia viva, oxígeno disuelto, puntos de venta

Introducción

El consumo de pescado en la región de Sotavento de Veracruz es tradicional y económicamente importante (Lango, 2016). La Tilapia *Oreochromis spp* es un pez que se encuentra constantemente en los escaparates de las pescaderías en la región. Su origen comercial es diverso y proviene de tres fuentes importantes de abastecimiento: la pesca de los grandes embalses de la región y el país, la importación de países asiáticos, y la producción por acuicultura regional. Cada una de éstas se presenta en diferentes formas comerciales, la de pesca generalmente se ofrece fresca enhielada eviscerada con escamas, o aliñada. La de importación generalmente viene en presentaciones de filetes empacados y congelados. La de acuicultura se vende fresca a pie de estanque. Es importante hacer notar que, del consumo total de Tilapia a nivel nacional, 50% es de importación y el resto proviene de la producción nacional por pesca y acuicultura (CONAPESCA, 2017). Es decir que existe un área de oportunidad para que la producción nacional crezca y ocupe este nicho de mercado dominado por importación. Para poder competir en el mercado es necesario que

³²⁴ Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, *Autor de correspondencia: jretam@colpos.mx

³²⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

³²⁶ Acuacultores Veracruzanos A.C.

³²⁷ Acuacuicultura Rural Integral. *Autor de correspondencia: jretam@colpos.mx

exista un producto diferente, de mejor calidad, y buen precio (Lango, 2011). Por lo que la venta en vivo de tilapia, se ha fomentado y ha obtenido características importantes. Desde el enfoque de cadenas productivas, al vender tilapia viva se estimula el último eslabón y con esto se mueve y robustece toda la cadena. Se estimulan los flujos de capital y de insumos, y se compite con un producto de calidad suprema. El objetivo es generar una técnica de transporte de tilapia viva que surta a los puntos de venta regionales para impulsar a la cadena productiva

Materiales y Métodos

El sitio donde se llevó a cabo el estudio es la Región Sotavento del Estado de Veracruz, incluyendo los municipios de Boca del Río, Jamapa, Manlio Fabio Altamirano, Paso de Ovejas y Puente Nacional. El periodo del estudio cubre los meses de febrero a junio de 2017.

Transportador

Los peces se transportaron en un bidón de plástico color blanco translucido, que cuenta con un enrejado de aluminio que lo fortalece. El bidón es de forma cúbica con una capacidad para 1000 L de agua. Cuenta con una escotilla en la cara superior del cubo y se cierra con un cincho metálico que sujeta la tapa con el bidón. Esta tapa tiene dos orificios por donde se introducen las mangueras de aireación y los electrodos del equipo de medición de oxígeno y temperatura. En la parte inferior frontal cuenta con una válvula de desfogue de agua de 2" de diámetro, útil para controlar los niveles de agua.

Vehículo

Para la movilización del bidón con los cardúmenes de tilapia viva, se usó una camioneta tipo "pick up" con una capacidad de carga de 800 kg.

Densidad de carga

Se definió la densidad de carga a través del consumo de oxígeno disuelto por los peces en transporte y la temperatura prevaleciente. Para esta evaluación se incrementó paulatinamente la cantidad de peces en el bidón y la cantidad de agua. Los peces tenían un peso promedio de 350 g, se llevó la densidad hasta una biomasa de 130 kg y el volumen total de 600 L. Considerando los datos de peso de los peces y del consumo de oxígeno se llevó a cabo el transporte comercial, siendo viable transportar hasta 150 kg.

Aireación

El oxígeno disuelto en el agua para la respiración de los peces en transporte se proporcionó a través de un equipo de aireación de 18 W, que proporciona 38 L/min según las especificaciones del fabricante. El aire se introdujo a través de mangueras y un manifold de plástico al cual se conectaron 6 mangueras con piedras de aireación con la intención de minimizar el tamaño de la burbuja de aire. Las piedras se distribuyeron en el fondo del bidón y se permitió un burbujeo libre hacia la superficie del agua.

Evaluación del oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua, proporcionado por el sistema de aireación, fue medido cada vez que se trasladó un cardumen, registrando el nivel de oxígeno disponible en mg/L y en % de saturación. Se usó un Oxímetro YSI. En cada ocasión que se transportaron peces se llenó el bidón con agua de la granja respectiva y se activó el sistema de aireación hasta llevar el nivel de oxígeno a saturación.

Temperatura

A la par de la medición de oxígeno disuelto se evaluó la temperatura del agua, con el mismo equipo de medición un Oxímetro YSI.

Resultados y Discusión

Consumo de Oxígeno por el cardumen en transporte

En cada ocasión de transporte se evaluó el consumo de oxígeno por el cardumen, la Figura 1 muestra el consumo del oxígeno de 120 kg de tilapia con un peso promedio de 500 g. Se observa como el oxígeno disminuye mientras es aprovechado por el cardumen. Se observa un consumo constante de oxígeno de 4 mg/L dejando disponible entre 1 y 0.5 mg/L. En estas circunstancias los peces pueden hacer viajes prolongados debido a que la aireación está proporcionando constantemente el oxígeno que demanda el cardumen. El tiempo más prolongado registrado fueron 6 h, recorriendo 300 km a una altura de 2000 msnm habiendo partido de la zona costera a 30 msnm.

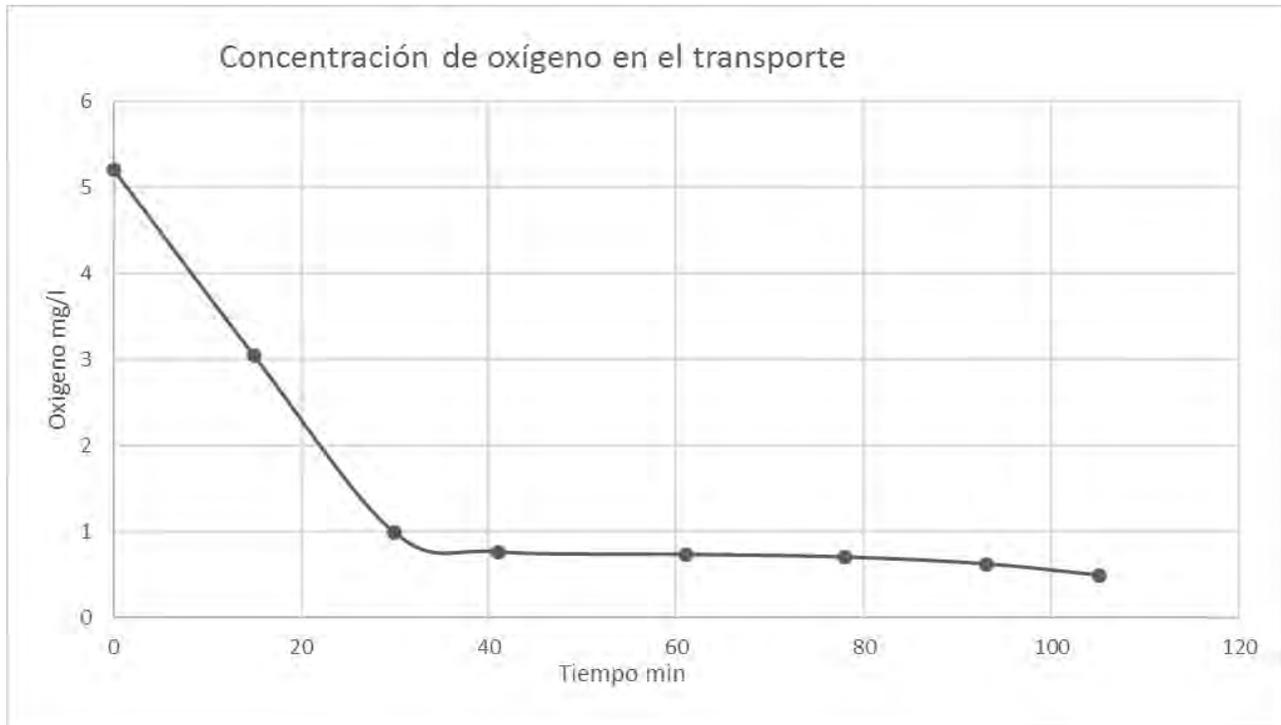


Figura 1. Concentración del oxígeno disuelto en el agua de transporte.

Saturación de Oxígeno en el agua de transporte

La saturación del Oxígeno disuelto en el agua de transporte presenta una tendencia similar a la concentración, disminuye drásticamente en cuanto se coloca el cardumen en el agua (Figura 2). Esto sugiere que la molécula del agua tiene disponibilidad para recibir más oxígeno disuelto (Wheaton, 1982) debido a que los peces lo están consumiendo a través de la respiración. Bajo esta circunstancia es factible incrementar el número de peces usando un soplador más potente, por ejemplo, uno de 35 W con 70 L/min de volumen de aire. Los resultados mostraron un incremento en saturación de oxígeno de 0.5% de saturación incrementando la concentración a 1.26 mg/L.

Temperatura

La temperatura del agua es un factor importante, cuando la temperatura es baja los peces disminuyen su actividad y por lo tanto su tasa de respiración (Wheaton, 1982). A temperaturas altas durante el transporte mayores a 30°C se observó mortalidad en los peces después de ser depositados en los estanques de recepción. Se han observado síntomas atribuibles a estrés por transporte como exoftalmia, pérdida de escamas, úlceras en la piel, ojos blanquecinos. El estado de salud y de condición de los peces es un factor importante para resistir el traslado.

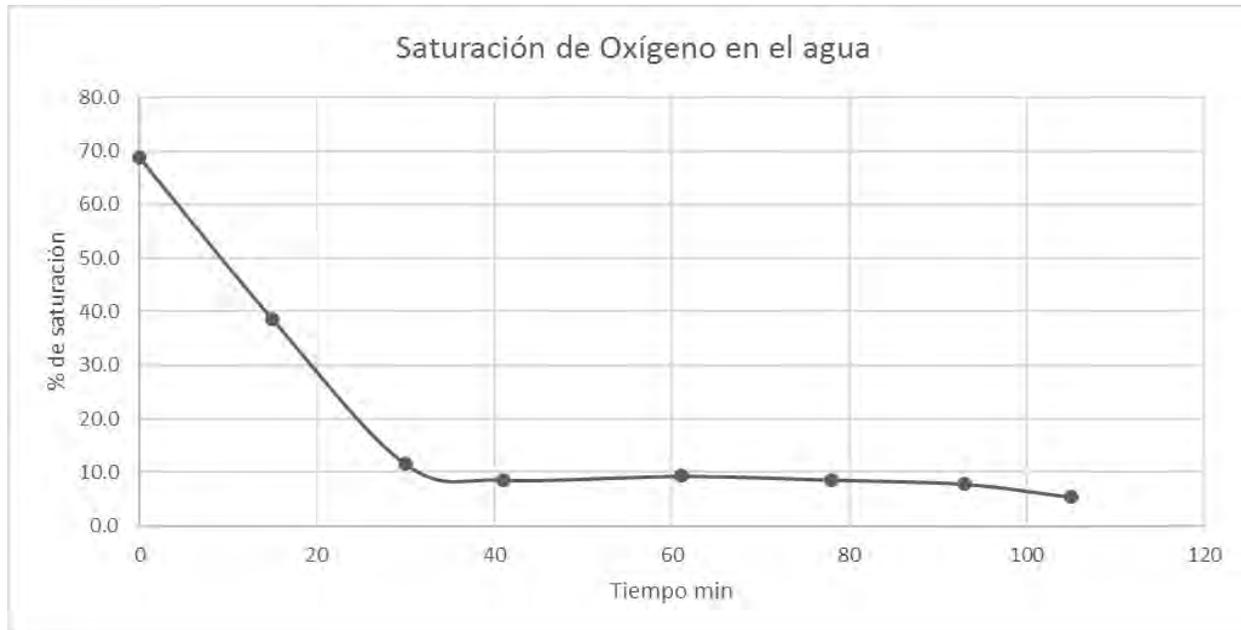


Figura 2. Saturación de oxígeno disuelto en el agua de transporte.

Conclusiones

1. El sistema descrito fue eficiente en el transporte de tilapia viva, llevando cardúmenes en buenas condiciones partiendo de las granjas productoras hasta los puntos de venta en vivo.
2. La mayor distancia recorrida y tiempo de traslado fue de 300 km durante 5 h.
3. La densidad de peces optima fue de 130 kg en 500 L de agua con una aireación de 38 L/min y una temperatura promedio de 27°C.
4. La densidad de carga se puede incrementar si se incrementa la aireación 160 L/min, es factible transportar cardúmenes de 150 kg, teniendo aun una reserva de oxígeno disuelto mayor a 1.5 mg/L.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento parcial de este proyecto, a la Asociación de Acuicultores Veracruzanos AVAC, por la participación de las granjas de sus agremiados así como a los propietarios de los puntos de venta de tilapia viva.

Literatura citada

CONAPESCA. 2017. Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca> [consultado el 22 de agosto de 2017].

Lango, R.V. 2011. Caracterización del sistema de abasto al menudeo de la tilapia viva *Oreochromis spp* en la región Sotavento en el Estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 100 p.

Lango, R.V. 2016. Comercialización de la tilapia viva: propuesta de innovación y crecimiento económico en la cadena agroalimentaria. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 78 p.

Lango, R.V., J.L. Reta-Mendiola, A. Asiain-Hoyos, K. A. Figueroa-Rodríguez y F. Lango-Reynoso. 2015. "Live Tilapia": Diversifying Livelihoods for Rural Communities in México. *Journal of Agricultural Sciences* 7(10):101-113.

Wheaton, F.W. 1982. Acuicultura. Diseño y construcción de sistemas. AGT Editores. México. 701 p.

SUSTITUCIÓN PARCIAL DE PROTEÍNA CONVENCIONAL POR *Candida utilis* EN EL CULTIVO DE *Pangasianodon hypophthalmus*

Josué Pascual González³²⁸, Alberto Asiain Hoyos^{328*}, Juan Reta Mendiola³²⁸, Mónica de la Cruz Vargas Mendoza³²⁸, Jaime Bautista Ortega³²⁹ y Antonio García Estefan³³⁰

Resumen

Se compararon dos dietas con perfiles isoproteicos e isocalóricos con 5.0% (Dieta A) y 3.3% (Dieta B) de inclusión de harina de *Candida utilis* (torula) contra una dieta control C sin inclusión de torula en una fórmula de Purina®, el experimento se llevó a cabo en una granja de tamaño comercial sin tecnificar. El experimento duró 84 días, los datos obtenidos se analizaron con el software Restudio versión libre. El diseño experimental utilizado fue un modelo completamente al azar unifactorial, con tres tratamientos y dos réplicas por tratamiento. Para el análisis de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey. El resultado expresa que puede utilizarse hasta 5.0% de proteína unicelular de *Candida utilis* como ingrediente sustituto a la proteína de harina de pescado, sin verse afectado el rendimiento productivo en biomasa final de *Pangasianodon hypophthalmus* en condiciones ambientales para el centro de México en una granja sin tecnificar.

Palabras clave: dietas, proteína alternativa, panga, torula, porcentajes de inclusión

Introducción

El panga *Pangasianodon hypophthalmus* es un pez comestible de gran importancia comercial comúnmente conocida como pez gato, es una especie de comportamiento bentopelágica, por lo general viven dentro de los intervalos de un pH 6.5 a 7.5 a una temperatura de 22°C a 26°C; sus hábitos alimenticios lo caracterizan como un omnívoro, pues en su alimentación no distingue entre algas, zooplancton, crustáceos y una amplia variedad de peces (Retana et al., 2013). Es nativo del sureste asiático y es la principal especie cultivada en países como Tailandia y Vietnam (Pongpet et al., 2016), en este último se obtiene 90% de su producción

³²⁸ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

³²⁹ Colegio de Posgraduados, Campus Campeche.

³³⁰ SAFMEX. Autor de correspondencia: aasiain@colpos.mx

comercial. Vietnam aumentó su producción en los últimos 10 años, pasando de 10 mil t a 1.3 millones de t de 2003 a 2013, las cuales generaron exportaciones por más de USD \$1,000 millones al año (Platas et al., 2014).

Para el año 2010 esta especie ya se cultivaba de forma intensiva en varias partes del mundo, sus niveles de producción y distribución en los mercados internacionales alcanzaron estadísticas similares a las de otras especies establecidas como líderes en la acuicultura, tales como la tilapia, el camarón y el salmón (McGee, 2010).

En México, por disposiciones legales, la única forma de encontrar al *Pangasianodon hypophthalmus* como organismo vivo es para uso decorativo (McGee, 2010) y para consumo humano lo podemos encontrar en el supermercado o en pescaderías en forma de filetes con el nombre comercial de Basa o Baza importado del continente Asiático. Entre los países latinoamericanos, México figura entre los principales importadores de filete de pangasius para consumo interno, cifras que lo posicionaron en el quinto lugar mundial en el año 2010 (McGee, 2010), para el año 2013 México importó cerca de 127 mil toneladas de filete, pasando a ser el segundo importador más grande del mundo de filetes de basa, y para el 2014, esta cantidad aumentó a 150 mil toneladas (Platas et al., 2014).

Si bien la producción de *Pangasianodon hypophthalmus* como alimento de consumo humano, presenta una tendencia de crecimiento similar a las que se tienen para el cultivo de especies como la tilapia, el camarón y el salmón, el cultivo de este bagre tendrá que adaptarse a las condiciones y necesidades mundiales de producción, como cualquier otra especie explotada por la acuicultura. En este sentido es importante recalcar que la acuicultura es de los agroecosistemas que demandan la mayor cantidad de harina de pescado producida en el planeta como fuente de proteína; 70% de la producción de la acuicultura practicada en el planeta depende directamente del suministro de insumos alimenticios provenientes de la pesca extractiva (24.3 millones de toneladas en 2012). La demanda anual de harina de pescado para fabricación de alimento utilizados en la acuicultura se incrementó en promedio 10.3% del año 2000 al año 2015.

En el año 2012 el uso de alimentos que tenían una etiqueta con una marca comercial fue de 39.6 millones de toneladas, misma que para el año 2015 alcanzó de 49.7 millones toneladas; se espera que para el año 2020 se tenga una demanda de 65.4 millones de toneladas anuales y para el 2025 el sector debe ocupar cerca 87.1 millones de toneladas de alimentos (Tacon y Metian, 2015). Sin embargo, mientras la producción de los ingredientes ofertados por la pesca extractiva permanecen estáticos con tendencia a la baja, sectores pecuarios como la producción de aves, cerdos, y animales de compañía, entre otros, compiten por los mismos insumos proteínicos utilizados para el desarrollo de la acuicultura (Tacon y Metian, 2015). Para sostener el ritmo de crecimiento actual de la acuicultura y las tendencias estimadas para los próximos años, la producción de materias primas utilizadas en la

fabricación de fórmulas alimenticias tendrá que crecer a un ritmo similar o superior al crecimiento proyectado para la acuicultura.

La proteína en la alimentación se considera un nutriente importante y es el ingrediente más caro en las dietas (Pongpet et al., 2016). La harina de pescado, como fuente de proteína, es un recurso finito y de costo elevado (1.403 dólares por kg). La comercialización de proteínas obtenida de la pesca extractiva mantiene preocupaciones tanto económicas, por su disposición en el futuro, como ecológicas debido a la sobrepesca de los pequeños peces pelágicos de los que se obtiene la harina (Gamboa et al., 2016). Tener una fuente alternativa de proteína para reemplazar harina de pescado podría reducir los costos ambientales y económicos, ayudando en la disminución de la presión que ejerce la acuicultura sobre los ecosistemas marinos.

Se compararon dos diferentes porcentajes de inclusión de harina de *Candida utilis* (torula), 2.5% (Dieta B), y 5.0% (Dieta A) como sustituto a la proteína convencional y un control Dieta C = 0, en dietas para panga, el objetivo de este estudio fue determinar el potencial productivo en términos de biomasa ganada y parámetros productivos como porcentaje de sobrevivencia, factor de conversión alimenticia y biomasa ganada. La hipótesis nula (H_0) a probar es la no existencia de diferencia entre parámetros productivos reflejados en el peso final de los organismos para cada tratamiento con diferentes porcentajes de inclusión. La hipótesis alternativa (H_a) a probar será que al menos un par de las dietas son diferente entre sí.

Materiales y Métodos

Localización y descripción del área del estudio. La investigación se llevó a cabo en la granja Campo Inglés ubicada en el municipio de Zacatepec, Estado de Morelos. En este municipio domina el clima cálido, de baja humedad con precipitaciones promedio en verano que oscilan entre 800 y 1000 mm. De acuerdo con las isótermas de temperatura, la media anual es de 22.0°C; siendo estas condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de *Pangasianodon hypophthalmus*.

Procedimiento experimental

Se utilizaron 6000 organismos de *Pangasianodon hypophthalmus* con rangos de peso entre de 110.74 g y 146.4 g. Se utilizaron seis estanques cuadrados de concreto de 3 m x 6 m de largo y 1.3 m de profundidad, con drenaje central sin aireación. Todos los estanques se sembraron con 1000 organismos. Se utilizó un alimento isoproteico e isocalórico balanceado Nutripec Purina® 3206 AP (alta productividad), alimento extrudizado flotante para tilapia que contiene 32% de proteína y 6% de grasa, con diferentes porcentajes de

inclusión de proteína unicelular, para finalmente tener tres tratamientos con dos repeticiones por tratamiento:

Dieta A = Nutripec® Purina 3206 AP con 5.0% de harina de torula.

Dieta B = Nutripec® Purina 3206 AP con 3.3% de harina de torula.

Dieta C = Nutripec® Purina 3206 AP (dieta control).

Los organismos se alimentaron tres veces al día (10 am, 2 pm, y 4 pm), siguiendo las tablas de alimentación de AVAC y de acuerdo con la densidad y talla durante 84 días, con el método de saciedad aparente.

Una vez montado el ensayo, se realizaron biometrías a 50 organismos obtenidos aleatoriamente de cada tina, a intervalos de catorce días contados en días julianos, para la captura se utilizó una red de pesca y cubetas de plástico para su manipulación. Los organismos fueron pesados individualmente con una báscula digital (Inonoval Technology®) con precisión de 1 g.

Se tomaron lecturas diarias de oxígeno disperso en el agua y la temperatura del agua contenida en cada una de las tinas.

Los datos obtenidos se capturaron en hojas de cálculo de Excel® para su almacenamiento y construcción de bases de datos.

Las bases de datos se procesaron en el programa estadístico RStudio versión libre.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un modelo completamente al azar unifactorial, con tres tratamientos y dos réplicas por tratamiento.

El modelo matemático del ANOVA fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \text{Diet}_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = es el valor esperado

μ = es el valor promedio del tratamiento

Diet_{ij} = la inclusión de la dieta

ε_{ij} = es el error aleatorio.

La hipótesis nula (H_0) a probar fue la no existencia de diferencia entre parámetros productivos reflejados en el peso final de los organismos para cada dieta con diferentes porcentajes de inclusión. H_0 : Dieta A = Dieta B = Dieta C

La hipótesis alternativa (H_a) a probar será que al menos un par es diferente a los demás tratamientos.

Resultados y Discusión

Considerando que el sistema es sin tecnificar, se puede decir que no existe una fuente de oxígeno mecánica, por lo que la única oxigenación presente fue por efectos de fotosíntesis de organismos primarios.

Si bien las condiciones de oxigenación eran totalmente deficientes, la naturaleza de *Pangasius hypophthalmus* no tiene dependencia hacia la oxigenación forzada. La zona de estudio tiene una temperatura media anual de 22°C, condiciones que se encuentran dentro de los parámetros aceptables para el cultivo de la especie. Ningún tratamiento estuvo por debajo de los niveles críticos de los que se necesitan para que la especie sobreviva (Figura 1).

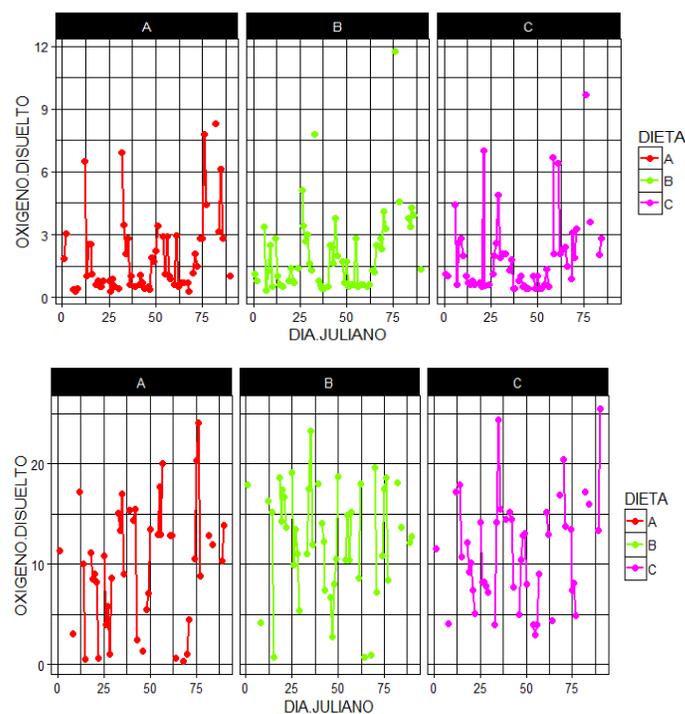


Figura 1. Oxígeno disuelto registrado durante 84 días julianos para los tratamientos A, B y C. La orientación izquierda muestra los registros vespertinos y la derecha muestra los registros vespertinos.

Teniendo los resultados tanto para temperatura y como para oxigenación se puede inferir que los factores climáticos no incidieron en el desarrollo de la prueba en los tratamientos, ya que las condiciones se expresaron de manera similares para todos los casos.

La dosis alta (Dieta A) se expresó con una diferencia estadística significativamente superior a la dieta baja (Dieta B) y a la dieta control (Dieta C) desde el punto de vista productivo con respecto a la ganancia de peso (Figura. 2). Al no incidir los parámetros ambientales similares sin diferencia, la ganancia de peso permite explicar que este efecto se debe a la inclusión de torula en el alimento y da libertad a suponer que la dieta formulada con inclusión de 5% de

bioproteína de torula es la más eficiente para organismos de entre 131 g y 404 g aproximadamente (Cuadro 1), con respecto a las dietas B y C.

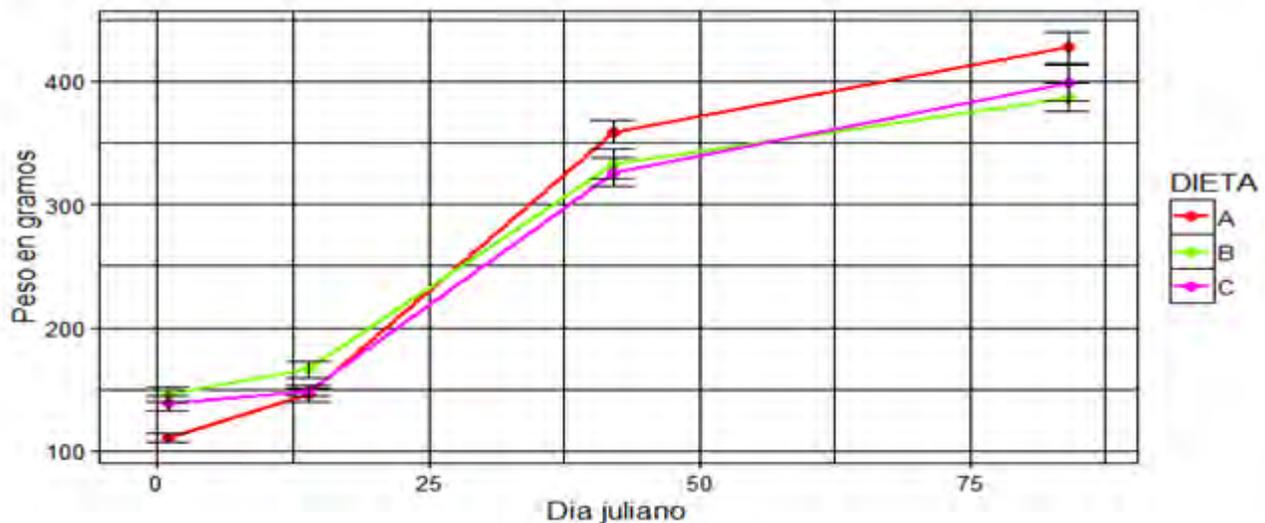


Figura 2. Curvas de crecimiento para las dietas A, B, y C en la granja Campo Inglés.

Cuadro 1. Parámetros productivos estimados en el cultivo de *Pangasianodon hypophthalmus* alimentados con diferentes dietas y diferentes porcentajes de inclusión de proteína

Parámetros productivos	Dieta		
	A	B	C
Peso inicial promedio (g)	110.74	146.40	138.70
Peso final promedio (g)	427.00	386.76	386.25
Cantidad inicial de organismos	1000	1000	1000
Cantidad final de organismos	909	1000	998
Sobrevivencia (%)	90.90	100	99.80
Alimento total consumido (g)	414.09	489.61	501.43
Biomasa ganada (g)	316.26	240.36	247.55
Ganancia de peso diario individual (g)	3.77	2.86	2.95
Factor de conversión alimenticia	1.31	2.04	2.03

Resultados reportados para inclusión de torula en dietas de organismos acuáticos de acuerdo con Olvera y colaboradores (2002), recomiendan una sustitución de hasta 30% de proteína de harina de pescado por proteína unicelular de torula en dietas para tilapia *Oreochromis mossambicus* Peters, Llanes y colaboradores (2009) recomendaron una sustitución de harina de pescado por proteína de torula de hasta 20% en dietas para *Clarias gariepinus*; González y et al. (2014), recomendaron dietas con inclusión de 70% de torula en dietas para bagre y 50% de torula en dietas para tilapias; Gamboa y et al. (2016),

recomendaron una inclusión de 60% de torula como ingrediente en dietas para camarón; Pongpet y et al. (2016), recomendaron como sustituto eficaz hasta en 45% de la harina de pescado a levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae*.

En términos de sobrevivencia si hubo diferencias significativas entre tratamientos, la dieta A que representa la ingesta más alta de proteína de torula, siendo significativamente diferente en comparación de las dietas A y B (Cuadro 1) permitiendo observar que el efecto de la ingesta de torula es inerte en casos de inclusión de bioproteína hasta un nivel de 2.5% en el cultivo de *Pangasius* (Cuadro 1). Aunque la dieta a considerada como alta, represento el porcentaje más bajo en la supervivencia de los organismos, esta tendencia es benéfica por que la ganancia de peso observada es superior a los otros tratamientos.

En términos del factor de conversión alimenticia (FCA) en el experimento se observó un mejor desempeño en la dieta con inclusión altas (FCA de 1.3), para las dietas bajas y control no se observó diferencia significativa.

Conclusiones

1. El estudio se realizó en una granja sin tecnificar de tamaño comercial.
2. Con respecto a los factores ambientales se apoya la idea que en condiciones iguales las variables comunes no explican comportamientos diferentes.
3. Desde el punto de vista productivo, al no existir diferencias significativas en cuanto a las condiciones ambientales, se concluye que aunque la dosis alta no fue del todo inocua por presentar la menor sobrevivencia, la ganancia de peso compensa la pérdida de biomasa por mortandad y supera a las dietas que expresaron las sobrevivencias más altas, por lo que para este estudio y en las condiciones de este trabajo, es posible utilizar un porcentaje de hasta 5% de inclusión de harina de torula en dietas para alimentar *Pangasianodon hypophthalmus* con las fórmulas nacionales para tilapia con los mejores resultados esperados.
4. La harina de torula es funcional como ingrediente para sustituir como fuente proteínica, a la proteína convencional utilizada para formulación de alimentos para *Pangasianodon hypophthalmus* de entre 131 g a 403 g.
5. La proteína de *Candida utilis* es un sustituto eficiente desde el punto de vista productivo para ser utilizada como sustituto de harina de pescado para formular dietas de *Pangasius hypophthalmus* cultivados en granjas de tamaño comercial sin tecnificación alguna y alcanza los rendimientos esperados para peces tropicales.

Literatura citada

- Gamboa, J., B Fernández, M. Nieto y L. Cruz. 2016. Nutritional contribution of torula yeast and fish meal to the growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* as indicated by natural nitrogen stable isotopes. *Aquaculture* 453:116–121.
- González, R., O. Romero, M. Valdivié and J. T. Ponce. 2014. Vegetable, livestock and agroindustrial products and by- products: an alternative tilapia feeding. *Revista Biociencia* 2(4):240-251.
- Llanes, J. E., J. Toledo Pérez y J. M., Lazo de la Vega. 2009. Evaluación de la levadura de vinazas (*Torula*) en la alimentación de alevines de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Zootecnia Trop* 27(1):91-96.
- McGee M. 2010. *Pangasius* for Western Aquaculture. *Global Aquaculture The Advocate. The Global Magazine for Farmed Seafood* 13(6).
- Olvera-Novoa, M.A., C.A. Martínez-Palacios, and L. Olvera-Castillo. 2002. Utilization of torula yeast (*Candida utilis*) as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters) fry. *Aquaculture Nutrition* 8:257-264.
- Platas, D., L. González, y F.J. Luna. 2014. Impacto económico y social de la producción de pez basa *Pangasius hypophthalmus* en México. *Panorama Acuícola Magazine* 20(01):20-26.
- Pongpet, J., S. Ponchunchoovong and K. Payooha. 2016. Partial replacement of fishmeal by brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in the diets of Thai Panga (*Pangasianodon hypophthalmus* × *Pangasius bocourti*). *Aquaculture Nutrition* 22(3):575-585.
- Retana-Ortega, D.A., J. Velasco-Sarabia y G. Castro_Mejía. 2013. Efecto de dos probióticos en el crecimiento (talla y peso) de la especie *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage 1878). *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente* 1(3):1-6.
- Tacon, A. G. J. y M. Metian. 2015. Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews In Fisheries Science & Aquaculture* 23:1-23.

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DOS GRUPOS DE TILAPIA CULTIVADAS EN BIOFLOC

Francisco Hernández Lorenzo^{331*}, Mario Garduño Lugo³³², Javier de la Cruz Medina³³³, Oscar González Ríos³³³ y Alfredo Nava Zamora³³¹

Resumen

El sistema de cultivo denominado Biofloc (BF) en acuicultura, ofrece varias ventajas: ahorro de agua, produce alimento natural con buen nivel de proteína cruda (PC), vitaminas, antioxidantes, ácidos grasos (AG) esenciales, por lo que se ha observado que se puede ahorrar harina y aceite de pescado. El objetivo del presente trabajo de 90 días, fue evaluar el efecto del consumo de BF como complemento al disminuir la proporción de PC en el alimento sobre el perfil de AG de los filetes de la población sintética de tilapia: Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) (NG). Para ello se utilizó el filete de Nilótico gris y Pargo UNAM, en etapa de engorda y finalización. Se manejaron tres tipos de alimentación: 28% de PC + BF (28), 32% PC + BF (32) y el alimento natural BF. Se sacrificaron un total de 54 peces en agua con hielo a una temperatura de 3°C, por el método de decapitación rápida para obtener los filetes sin piel de cada pez. Para este análisis del perfil de AG, se tomaron 3 peces por cada tratamiento, haciendo pool de 3 peces por triplicado, realizando la extracción y metilación de lípidos. La muestra se inyectó a un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 6890, con detector de ionización de flama y una columna capilar de 60 m x 320 µm x 0.25 µm de diámetro nominal (Supelco 2-4082). Se utilizó aire como gas acarreador, la temperatura inicial de operación fue de 130°C aumentando a 220°C hasta el final de la corrida. La temperatura del inyector fue de 130°C y la del detector de 250°C. La evaluación de los resultados, se realizó a través de un diseño Completamente al Azar realizando comparación de medias (Tukey; P<0.05) utilizando el software Statistical Analysis System, donde se observó una diferencia significativa entre los tratamientos PU32 (30.5%) respecto de PUBF (36.4%), NG28 (37.4%) y PU28 (37.8%); PUBF (23.6%) de PU32 (31.9%) y NG28 (33.6%), PU28 (35.6%) de NGBF (39.9%), PUBF

³³¹ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre. *Autor de correspondencia: fhernandez@tecmartinez.edu.mx

³³² Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola.

³³³ Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos.

(40.0%), para los AG poliinsaturados (AGPI), AG monoinsaturados (AGMI) y AG saturados (AGS), respectivamente.

Palabras clave: Biofloc, Pargo-UNAM, *Oreochromis niloticus*, ácidos grasos poliinsaturados

Introducción

Azim y Little (2008) informaron que en estudios sobre el cultivo de tilapia en tanques al interior (sin luz) con BF obtuvieron producciones de 6 a 40 kg/m³ de ese pez, reduciendo los costos de producción debido al ahorro en el manejo del agua, reducción en la necesidad de agua y uso de alimento balanceado. Además, el BF se analizó para ver si contenía AG esenciales para los peces donde se encontró que contenía de 27-28% de poliinsaturados, 28-29%, monoinsaturados y 30-35% de AGS. Al final del experimento reportaron una supervivencia del 100% en todos los tratamientos; y los tratamientos de BF contribuyeron con una ganancia de peso 44-46% mayor que aquellos en el control de agua clara lo cual confirma que la tilapia del Nilo utiliza el BF como alimento.

Ekasari et al. (2010) evaluaron el crecimiento de la tilapia del NG bajo un sistema de tecnología BF con dos fuentes de carbono (azúcar y glicerol) y dos niveles de salinidad [0 y 30 partes por mil (0/00)], no informaron de diferencias en el total de ácidos grasos poliinsaturados Ω -3 (AGPI Ω -3) en el BF; todos los tratamientos mostraron valores similares y sus rangos fueron de 0.7-0.8 mg/g en peso seco. Con respecto al total de ácidos grasos poliinsaturados Ω -6 (AGPI Ω -6), el BF que se produjo utilizando el glicerol como fuente de carbono fue de 19-22 mg/g en peso seco, teniendo una mayor concentración que el producido con azúcar como fuente de carbono que fue de 4-12 mg/g en peso seco. Sin embargo, no hubo efecto de la fuente de carbono o de la salinidad sobre la PC y los lípidos encontrados en el BF presentando contenidos que oscilan entre 28-33% y 6-9% respectivamente. La PC es uno de los principales insumos en alimentos para peces, la cual es cada vez más cara y escasa, por lo que, en el presente estudio, se incluyó al alimento natural que se genera en estanques para tilapia con poco recambio de agua, conocido como BF, como fuente complementaria de proteína, toda vez que las tilapias estudiadas pueden tomarlo mediante filtración e incorporarlo a su dieta. Por otro lado, en virtud a que la proteína es la primera fuente de energía para peces y al disminuir su contenido en el alimento comercial, eso pudiese alterar negativamente el contenido de otros nutrientes importantes como los ácidos grasos de la serie Ω -3 y por lo tanto la ingesta de una relación saludable de AG esenciales Ω -6/ Ω -3. Lo cual se pudiera ver reflejado en la dieta de los peces y por consiguiente en el filete y piel de ellos. Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo fue

determinar si una disminución en la proteína, puede afectar la proporción de los principales AG y la relación Ω -6/ Ω -3.

Materiales y Métodos

El presente experimento se llevó a cabo en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) localizado en el municipio de Tlapacoyan, estado de Veracruz.

En el estudio de Vázquez-Flores (2014), de donde se tomaron las muestras de flete para el análisis de ácidos grasos, se utilizaron 450 machos de tilapia NG, de 241.6 ± 12.0 g y 450 machos de la población PU de 213.5 de peso ± 10.0 g. Los peces fueron sembrados a una densidad de 50 peces por m^3 , el día 17 de agosto de 2013 en 18 jaulas de 2.0 m x 0.99 m y 0.45 m de profundidad, de malla plástica (Cuadra 5, Tenax®) de 5.0 mm de luz, dentro de un estanque de concreto de 11.0 x 11.0 m y 1.2 m de profundidad, con un volumen de 145.2 m^3 el cual se llenó con agua de pozo profundo. Al sistema, no se le proporciono agua. Las jaulas o unidades experimentales, se colocaron al azar. Este estudio se realizó en las instalaciones para acuicultura (MEIA) del CEIEGT-FMVZ-UNAM.

Se estudiaron seis tratamientos con tres repeticiones para cada grupo genético de peces: a) Los peces alimentados exclusivamente con Biofloc, b) Los peces alimentados con alimento comercial con 28% de PC más Biofloc, c) Los peces alimentados con Biofloc y alimento comercial con 32 % de PC. La marca de alimento comercial que se utilizó fue Alimentos el Pedregal (Silver Cup, Toluca estado de México) de 5.5 mm.

La determinación del perfil de AG de los filetes se llevó a cabo en la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA). Se sacrificaron un total de 54 peces (27 NG y 27 PU) 9 por cada tratamiento en agua con hielo a una temperatura de $3^{\circ}C$, por el método de decapitación rápida haciendo una incisión en la base de la cabeza para obtener los filetes sin piel de cada pez de acuerdo a la técnica descrita por Garduño-Lugo et al. (2003). Los pesos promedio de los peces al final a los 90 días, fueron de 196.0 , 241.0 , 450.0 , 480.0 , 430.0 , y 483.6 para: PUBF, NGBF, PU28, PU32, NG28 y NG32, respectivamente. Se tomó un pool de 3 peces por triplicado para un total de 54 muestras. La extracción de lípidos para determinar el perfil de los AG se llevó a cabo por el método de extracción de lípidos de Folch et al. (1957), que consiste en extraer los AG con una mezcla de cloroformo-metanol (2:1), en donde los lípidos presentes en la muestra son arrastrados por el cloroformo. Para la obtención de los esteres metílicos de AG, se tomaron 100 μL de los lípidos extraídos, a los cuales se les añadió una mezcla de metanol - ácido clorhídrico metanólico 3N (2:1), con el fin

de transformar los AG totales en los metil ésteres correspondientes. Esta mezcla se dejó reaccionar a 60°C por cuatro horas. Posteriormente se añadieron 200 µL de agua destilada y dos mL de hexano, se agitó y se dejó reposar hasta la formación de dos fases. Después se extrajo la parte superior y se le añadió un poco de sulfato de sodio anhidro para eliminar el agua remanente. La muestra obtenida se inyectó al cromatógrafo de gases.

El cromatógrafo de gases se utilizó para identificar y cuantificar sustancias volátiles, es por esta razón que los ácidos grasos totales fueron transformados a sus correspondientes metil ésteres, debido a que estos últimos son más volátiles. El equipo utilizado fue un cromatógrafo Hewlet Packard 6890, con detector de ionización de flama (FID) y una columna capilar de 60 m x 320 µm x 0.25 µm de diámetro nominal (Supelco 2-4082). Se utilizó aire como gas acarreador, la temperatura inicial de operación fue de 130°C aumentando a 220°C hasta el final de la corrida. La temperatura del inyector fue de 130°C y la del detector de 250°C. Los resultados se reportaron en porcentaje de área promedio. Se corrieron estándares para poder determinar los ácidos grasos del músculo y el alimento por medio de los tiempos de retención. El resultado sobre el análisis del perfil de AG se realizó a través de un diseño Completamente al Azar realizando comparación de medias (Tukey; $P < 0.05$) utilizando el software Statistical Analysis System (SAS, 1986).

Resultados y Discusión

Ácidos grasos saturados (AGS)

En la Figura 1 se puede observar que el contenido (%) de AGS de manera general, fue mayor en los peces que se alimentaron con 28% de PC (PU y NG), seguido de los 32. Los BF fueron los que presentaron el menor nivel de AGS. De los cinco AGS que se determinaron, se observaron diferencias más pronunciadas ($P < 0.05$) en C:14 y C:18 (Cuadro 1).

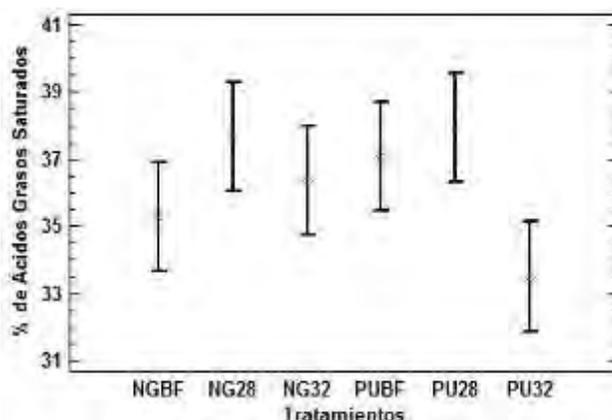


Figura 1. Proporción de ácidos grasos saturados en filete de Pargo-UNAM y tilapia del Nilo en cultivo con Biofloc y dos niveles de proteína en el alimento a 90 días.

Probablemente debido a interacciones un tanto complejas entre el contenido de dichos AGS en el alimento y el BF. El nivel de AGS, fue parecido a los reportados por Vieira et al., (2012) quienes analizaron los ácidos grasos en el filete de peces de 500 g de: tilapia Nilótica roja, tilapia Chitralada y su híbrido (macho tilapia roja x hembra Chitralada) alimentados a aparente saciedad con alimento con 32% de PC en agua clara.

Cuadro 1. Composición de ácidos grasos de los alimentos y del filete de dos grupos genéticos de tilapia para todos los tratamientos en el curso del cultivo.

Periodo experimental	Perfil de ácidos grasos																	
	Ácidos grasos saturados				Ácidos grasos monoinsaturados				Ácidos grasos poliinsaturados Ω-6				Ácidos grasos poliinsaturados Ω-3					
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	C16:1Ω7	C18:1Ω9	C20:1Ω9	C18:2Ω6	C20:4Ω6	C22:4Ω6	C16:3Ω3	C18:3Ω3	C20:5Ω3	C22:6Ω3			
Biofloc	1.15	1.46	11.0	3.15	1.35	28.5	11.5	1.92	6.93	2.01	11.0	5.75	2.38	5.57	2.71	N/D	3.66	1.79
Alimento con 28% PC	0.421	1.34	17.4	1.84	N/D	7.63	26.9	N/D	32.1	N/D	N/D	N/D	N/D	2.53	9.86	N/D	N/D	2.59
Alimento con 32% PC	0.818	1.64	18.5	2.25	N/D	8.05	28.6	N/D	30.0	N/D	N/D	N/D	N/D	2.39	7.69	N/D	N/D	2.98
³ NGBF	1.69	0.818 ^b	19.9	9.80 ^{ab}	1.11 ^{bc}	4.41 ^{ab}	21.1 ^{ab}	1.34 ^b	10.8 ^b	8.48 ^a	1.66 ^{ab}	3.06 ^a	N/D	0.314 ^c	1.35 ^a	3.16 ^a	11.0 ^{bc}	1.52 ^c
⁴ NG28	1.30	1.70 ^a	22.6	9.75 ^{ab}	2.00 ^a	3.63 ^b	23.9 ^a	1.58 ^{ab}	12.4 ^{ab}	5.57 ^b	1.61 ^{abc}	2.24 ^{abc}	N/D	0.646 ^a	0.624 ^b	2.05 ^c	8.52 ^d	1.84 ^b
⁵ NG32	0.735	1.42 ^{ab}	21.3	10.1 ^{ab}	1.58 ^{ab}	4.62 ^{ab}	21.2 ^{ab}	1.26 ^b	12.4 ^{ab}	5.54 ^b	1.22 ^{bc}	2.17 ^{bc}	N/D	0.552 ^{ab}	0.863 ^b	2.40 ^{abc}	12.7 ^a	1.29 ^c
⁶ PUBF	1.81	0.853 ^b	22.2	10.7 ^a	0.862 ^c	4.41 ^{ab}	17.9 ^b	1.33 ^b	11.6 ^{ab}	8.32 ^a	1.66 ^{ab}	2.84 ^{abc}	N/D	0.399 ^{bc}	1.54 ^a	2.85 ^{ab}	10.8 ^c	1.56 ^{bc}
⁷ PU28	1.28	1.56 ^a	21.6	11.8 ^a	1.59 ^{ab}	4.39 ^{ab}	20.4 ^{ab}	1.77 ^a	12.9 ^a	6.46 ^b	1.98 ^a	2.92 ^{ab}	N/D	0.559 ^{ab}	0.579 ^b	1.78 ^c	8.45 ^d	2.13 ^a
⁸ PU32	0.632	1.63 ^a	21.1	5.77 ^b	1.40 ^{abc}	5.80 ^a	24.8 ^a	1.34 ^b	12.7 ^a	5.51 ^b	1.18 ^c	2.10 ^c	N/D	0.506 ^{abc}	0.772 ^b	2.35 ^{bc}	12.4 ^{ab}	1.34 ^c

C12:0= láurico, C14:0= mirístico, C16:0= palmítico, C18:0= esteárico, C20:0= araquídico, C16:1Ω-7= palmitoleico, C18:1Ω-9= oleico, C20:1Ω-9= gadoleico, C18:2Ω-6= linoléico, C20:4Ω-6= araquidónico, C22:4Ω-6= adrenico, C22:5Ω-3= docosapentaenoico, C16:3Ω-3= hexadecatrienoico, C18:3Ω-3= α-linolénico, C20:5Ω-3= eicosapentaenoico, C22:5Ω-3= docosapentaenoico, C22:6Ω-3= docosahexaenoico. N/D= No detectado. ¹Valores promedio, ²Valores en la misma columna con el mismo superíndice no son diferentes (P>0.05). ³Nilótico Gris (NG) solo Biofloc (BF), ⁴NG 28% PC (28) + BF, ⁵NG 32% PC (32) + BF, ⁶Pargo-UNAM (PU) solo BF, ⁷PU28 + BF, ⁸PU32 + BF, ⁹relación Ω-6/3-Ω.

Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)

En cuanto a los AGMI analizados (Figura 2) en el filete de ambas especies de tilapias estudiadas en este trabajo se encontraron los siguientes: C16:1 Ω -7, C18:1 Ω -9 y C20:1 Ω -9 (31.9, 29.1, 27.1 y 26.6% para PU32, NG28, NG32 y PU28 respectivamente) aunque se presentaron diferencias entre tratamientos con respecto a los diferentes AG determinados no se aprecia una tendencia entre las tres tipos de dietas, esto concuerda con lo reportado por Garduño-Lugo et al. (2007) donde obtuvieron un 31.9% en los AGMI antes mencionados. Sin embargo, de acuerdo a otros estudios anteriores, realizados por Vieira et al. (2012), los porcentajes obtenidos en el presente estudio, son menores, ya que dichos autores reportan de 49.6%.

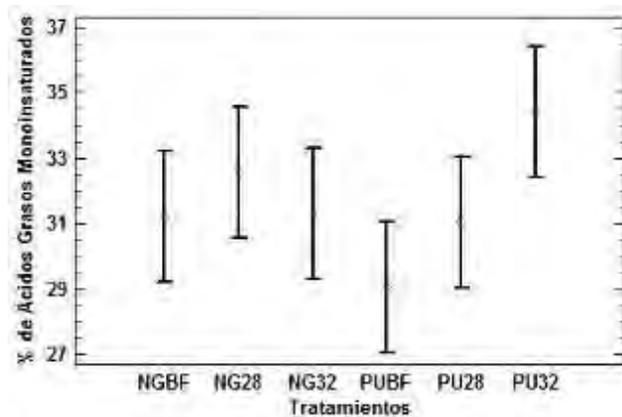


Figura 2. Proporción de ácidos grasos monoinsaturados en filete de Pargo-UNAM y tilapia del Nilo.

Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)

Con respecto a los AGPI (Figura 3), los peces que consumieron BF presentaron una mayor proporción de AGPI con respecto a los de 28% y 32% de PC, este resultado se le atribuye a que fue debido a que estos no consumieron alimento comercial el cual tiene mayor cantidad de AGS y AGMI. Esto difiere con el estudio de Vieira et al. (2012) quienes encontraron menores diferencias entre los AGS y AGMI en sus tres grupos genéticos de tilapia evaluados, empleando un alimento comercial con 32% PC y también difiere con el estudio de Garduño-Lugo et al. (2007) quienes al emplear dos grupos genéticos de tilapia no encontraron diferencias en su filete para AGS, AGMI y AGPI. En cuanto a la disminución de proteína de 32% a 28% el efecto sobre los ácidos grasos tuvo una ligera tendencia a aumentar los AGS, AGMI con la disminución de proteína, mientras que los AGPI se presentaron en cantidades mayores con los peces que comieron 32% PC.

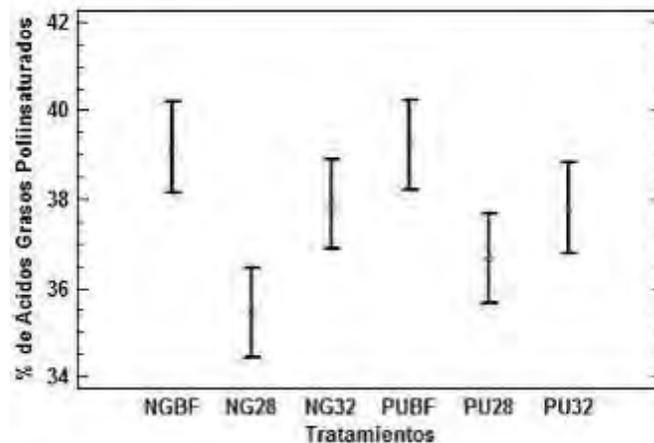


Figura 3. Proporción de ácidos grasos poliinsaturados en filete de Pargo-UNAM y tilapia del Nilo en cultivo con Biofloc y dos niveles de proteína en el alimento a 90 días.

La relación de los AG Ω -6/ Ω -3 para los peces con 32% PC fue menor a 1.5:1 mientras que los peces con 28% PC estuvieron cerca del 2:1, esto debido a que los alimentos con mayor proteína normalmente contienen mayor proporción de harina de pescado que es rica en AGPI (Figura 4). Sin embargo, la relación Ω -6/ Ω -3 de los peces de 28% PC sigue siendo una relación saludable de acuerdo a lo sugerido por la FAO (2014) que es 10:1 para la alimentación humana.

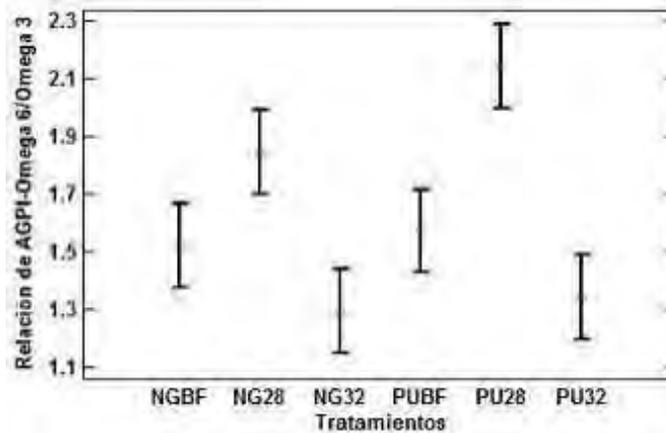


Figura 4. Relación de ácidos grasos Ω -6/ Ω -3 en filete de Pargo-UNAM y tilapia del Nilo en cultivo con Biofloc y dos niveles de proteína en el alimento a 90 días.

Conclusiones

1. Los PUBF, NGBF, NG32 y PU32 presentaron diferencias significativas comparados con los PU28 y GN28, sin embargo, no se mostró un fuerte detrimento sobre el perfil de AG de los filetes de la población sintética de tilapia: Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus).

2. Aun que se observó diferencias significativas entre la relación Ω -6/ Ω -3 en filete, sigue siendo una relación saludable, su consumo puede contribuir a la prevención de enfermedades, entre las que destacan las cardiovasculares.
3. El consumo de Biofloc evitó que al disminuir la proporción de proteína en la dieta de la tilapia del Nilo y Pargo-UNAM sufriera modificaciones importantes de forma general, en el perfil de ácidos grasos en el filete.

Literatura citada

- Azim, M.E. and C. Little D. 2008. The Biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, Biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283:29-35.
- Ekasari, J., R. Crab and W. Verstraete. 2010. Primary Nutritional Content of Bio-Flocs Cultured with Different Organic Carbon Sources and Salinity. *HAYATI Journal of Biosciences* 17:125-130.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Roma. <http://www.fao.org/3/7870db4d-2558-4714-9c56-0cf49f010f3e/i3720s.pdf>. [consultado en línea].
- Folch J., M. Less and G. Sloane. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry* 226:497-503.
- Garduño, L.M., J.R. Herrera S., J. O. Angulo G., G. Muñoz C. y J. De la Cruz M. 2007. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and a red hybrid (Florida red tilapia X red *O. niloticus*). *Aquaculture Research* 38:1074-1081.
- Garduño, L.M., I. Granados A., M.A. Olvera N. and G. Muñoz C. 2003. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. *Aquaculture Research* 34:1023-1028.
- SAS Institute. 1986. SAS/STAT user's guide. Versión 5.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.

Vázquez, F. I. A. 2014. Efecto del porcentaje de proteína cruda sobre el desempeño productivo entre la población sintética de tilapia: Pargo-UNAM y la tilapia gris del Nilo *Oreochromis niloticus* bajo un sistema de cultivo en Biofloc. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México- Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. Ciudad de México, México. 40 p.

Vieira, A.R.O.V., A.W. Hilsdorf S. and R. Moreira G. 2012. The fatty acid profiles and energetic substrates of two Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) strains, Red-Stirling and Chitralada, and their hybrid. *Aquaculture Research* 43:565-576.

ACTIVIDAD DE ENZIMAS PROTEASAS EN JUVENILES DE SARGO *Archosargus probatocephalus* (PERCIFORMES: SPARIDAE)

M.L. Merino-Contreras³³⁴, F. Sánchez-Morales³³⁵, M.L. Jiménez-Badillo³³⁴ y C.A. Álvarez-González³³⁶

Resumen

Se realizó la parcial caracterización de las proteasas digestivas en juveniles de sargo (*Archosargus probatocephalus*). Encontrándose que existe una mayor actividad de las proteasas ácidas (2.39 ± 0.02 Umg proteína⁻¹) en relación con las proteasas alcalinas (1.6 ± 0.1 Umg proteína⁻¹). Se registro la actividad de tripsina (0.45 ± 0.02 Umg proteína⁻¹) y quimiotripsina (0.65 ± 0.1 Umg proteína⁻¹), leucino aminopéptidasa (0.007 ± 0.001 Umg proteína⁻¹) y carboxipéptidasa (0.5 ± 0.1 Umg proteína⁻¹). La temperatura óptima de las proteasas ácidas fue de 45°C y son menos termoestables, en cambio la temperatura óptima de las proteasas alcalinas fue de 55°C, y son más termoestables. El pH óptimo de las proteasas ácidas resultó ser 2, siendo mas estables a pH ácidos, las proteasas alcalinas presentan un pH óptimo de 9, siendo más estables a los cambios pH. El uso de los inhibidores específicos y el análisis de electroforesis SDS-PAGE revelaron cuatro tipos de bandas para las proteasas alcalinas. Por lo tanto, se pone en manifiesto que la digestión de *A. probatocephalus* está compuesta tanto de proteasas ácidas como de alcalinas, y desde el punto de vista enzimático apunta a ser considerada de hábitos carnívoros en juveniles.

Palabras claves: *Archosargus probatocephalus*, Proteasas, Enzimas digestivas, Inhibidores

Introducción

El sargo *Archosargus probatocephalus* es un pez marino costero, subtropical, componente importante de las pesquerías comerciales y recreativas-deportivas a lo largo de la costa Atlántica de EUA y Golfo de México y recientemente considerado como una especie viable para el desarrollo de la maricultura en la región del sureste mexicano (INAPESCA, 2012). Los estudios de caracterización de proteasas describen las condiciones óptimas en donde las

³³⁴Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías-Universidad Veracruzana. Departamento de Ciencias del mar.

*Autor de correspondencia: madelaluz.merino020@gmail.com

³³⁵ Instituto Tecnológico de Boca del Río.

³³⁶ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

enzimas digestivas alcanzan su máxima actividad. Este tipo de estudios son esenciales cuando se quiere entender sus tipos y modos de acción, así como el nivel de actividad que presentan estas enzimas (Moyano, 2006). Además, determinan las condiciones de estabilidad de factores como pH y temperatura; en el cual las enzimas alcanzan la mayor actividad y como son afectadas a lo largo del desarrollo del organismo (Moyano, 2006). La actividad de las proteasas digestivas, son un reflejo de su capacidad de hidrólisis sobre las proteínas presentes en los alimentos (Jonas et al., 1983). Así mismo los estudios de caracterización enzimática se han complementado con el uso de inhibidores específicos con técnicas bioquímicas y electroforéticas, donde se pone de manifiesto como se afectan los centros activos y disminuye la actividad enzimática, permitiendo con ello conocer la sensibilidad y los mecanismos de acción de las enzimas digestivas (García-Carreño et al., 1993; Moyano, 2006; Álvarez-González et al., 2010).

Estudios de caracterización enzimática se han realizado en diferentes especies de peces marinos y dulceacuícolas como: *Sparus aurata* (Alarcon et al., 2001), *Paralabrax maculatofasciatus* (Álvarez-González, 2003), *Solea senegalensis* (Sáenz et al., 2005), *Oreochromis niloticus*, *Petenia splendida* (Perales-García, 2010), *Atractosteus tropicus* (Guerrero-Zarate, 2010), *Thunnus alalunga* (Nalinanon et al., 2010), *Centropomus undecimalis* (Álvarez-González et al., 2010), *Cichlasoma urophthalmus* (Cuenca et al., 2014) y *Cichlasoma trimaculatum* (Toledo et al., 2015). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue la caracterización parcial de las proteasas en juveniles de sargo, aportando con ello información básica en la fisiología digestiva y la descripción de las condiciones óptimas, estabilidad y mecanismos de acción de estas enzimas. El conocimiento de los factores que influyen sobre la actividad enzimática digestiva en este organismo podría ser utilizado para el diseño de mejores técnicas de manejo alimentario en cultivo.

Materiales y métodos

Los extractos enzimáticos se prepararon a partir de 5 juveniles de sargo con peso promedio de 100 ± 10 g, capturados de la laguna de Alvarado, Veracruz, México. Los peces se dejaron en inanición 24 horas antes de ser sacrificados, la extracción de los estómagos e intestinos se realizó en frío, registrándose su peso, se liofilizaron y posteriormente se homogenizaron por separado en una proporción de 1:30, los estómagos con buffer glicina-HCl 100 mM pH 2 y los intestinos en buffer tris-HCl 30 mM + CaCl_2 12.5 mM pH 7.5. Se determinó la concentración de proteína soluble en los extractos enzimáticos de estómago e intestino.

En la determinación de la actividad enzimática de las proteasas ácidas se aplicó la técnica usando como sustrato hemoglobina bovina al 1% con buffer glicina-HCl 100 mM a pH 2. La

actividad enzimática de las proteasas alcalinas se determinó usando como sustrato caseína al 1% con buffer tris-HCl 100 mM + CaCl₂ 10 mM a pH 9. El pH óptimo de las proteasas ácidas y alcalinas se determinó en rango de pH de 2 al 12 con la solución universal de Stauffer (1989). Para la estabilidad al pH, se preincubaron los extractos multienzimáticos a los diferentes pH's a un tiempo de 0, 30, 60 y 90 min, la incubación se realizó a temperatura ambiente. La temperatura óptima de las proteasas ácidas y alcalinas se determinó modificando la temperatura de incubación en un rango de 25 a 65°C con intervalos de 10°C. Para determinar la estabilidad de las proteasas a los cambios de temperatura, los extractos multienzimáticos se preincubaron a las diferentes temperaturas antes mencionadas durante 0, 30, 60 y 90 min. Para la estabilidad del pH y la temperatura el tiempo 0 min (sin preincubar) se utilizó como control para determinar la actividad residual expresada en porcentaje. Una unidad de actividad específica se definió como la cantidad de enzima necesaria para producir 1 mg de tirosina por minuto por mg de proteína soluble del extracto enzimático (Umg de proteína⁻¹).

Se determinó la actividad residual de las proteasas alcalinas. En ambas pruebas se utilizó un control sin inhibir y la actividad residual se expresó en porcentaje, todas las pruebas se realizaron por triplicado.

La actividad de tripsina se determinó usando como sustrato N α -Benzoyl-DL- arginine-4-nitroanilide hydrochloride con buffer tris-HCl 100mM + CaCl₂ 10 mM a pH 8. La actividad de quimotripsina se midió usando con sustrato SAAPNA (N-succinyl-ala-ala-pro-phe p-nitroanilide) al 0.1 mM en solución tris-HCl 100 mM + CaCl₂ 10 mM pH 7.8. La actividad de leucina-aminopeptidasa se midió usando como sustrato leucina p-nitroanilida al 1 mM, en solución fosfato sódico monobásico 50 mM pH 7.2. La actividad carboxipeptidasa A se midió usando como sustrato hipuryl-L-fenil-alanina al 1mM en solución tris-HCl 25 mM + NaCl 50 mM pH 7.5.

Análisis estadístico

Ya que los datos no presentaron normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homoscedasticidad (prueba de Levine), se utilizó un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis) para comparar la actividad residual entre pH, estabilidad de temperatura y en los ensayos de inhibición de proteasas ácidas y alcalinas. Se utilizó una prueba de Nemenyi no paramétrica, cuando se detectaron diferencias significativas. Todas las pruebas se llevaron a cabo con el software Statistica v 7.0 (StatSoft, Tulsa, OK, EU).

Resultados y Discusión

Los niveles de la actividad enzimática del tracto digestivo de juveniles de sargo (*A. probatocephalus*) se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Actividad de proteasas (\pm DE) registradas en extractos de estómago e intestino de juveniles de sargo (*A. probatocephalus*).

Enzima	Origen	Sustrato	Concentración
Proteasas ácidas	Estómago	Hemoglobina 1%	2.39 ± 0.02 Umg proteína ⁻¹
Proteasas alcalinas	Intestino	Caseína 1%	1.6 ± 0.1 Umg proteína ⁻¹
Tripsina	Intestino	BAPNA (N α -Benzoyl-DL-arginine-4-nitroanilide hydrochloride),	0.45 ± 0.02 Umg proteína ⁻¹
Quimotripsina	Intestino	N-Benzoyl-L-Tyrosine ethyl	0.64 ± 0.1 Umg proteína ⁻¹
Carboxipéptidasa A	Intestino	Hiporil-L-fenil-alanina	0.5 ± 0.1 Umg proteína ⁻¹
Leucina aminopéptidasa	Intestino	L-leucin-P-nitroanilida	0.007 ± 0.001 Umg proteína ⁻¹

La actividad de las proteasas ácidas (2.39 ± 0.02 Umg proteína⁻¹) fue mayor que las de las proteasas alcalinas (1.6 ± 0.1 Umg proteína⁻¹); las endopéptidasas tales como la tripsina y quimiotripsina presentaron actividades de 0.45 ± 0.02 y 0.65 ± 0.1 Umg proteína⁻¹, respectivamente, mientras que las exopéptidasas tales como la leucino aminopéptidasa y carboxipéptidasa presentan niveles de actividad de 0.007 ± 0.001 y 0.5 ± 0.1 Umg proteína⁻¹, respectivamente. Lo que indica que juveniles de esta especie presenta hábitos con tendencia carnívora, similar a otros peces como *S. formosus*, *S. maximus* (Hai-ying et al., 2006) y *A. tropicus* las cuales tienen hábitos carnívoros presentando altas actividades de proteasas ácidas en el estómago, siendo este el órgano más importante para la digestión de proteínas y una menor actividad de proteasas alcalinas en el intestino donde se realizan los procesos finos de hidrólisis de proteínas a péptidos y aminoácidos, los cuales son absorbidos por los enterocitos (Yúfera y Darias, 2007).

En el presente estudio es importante señalar que la acción enzimática digestiva registrada fue de organismos juveniles de 100 g de peso en promedio, que es en la etapa en que esta especie tiene tendencia carnívora, por lo que se explican los valores mayores en la acción de las proteasas ácidas sobre las alcalinas. La actividad enzimática registrada en *A. probatocephalus* de las enzimas tripsina, quimotripsina y leucina aminopéptidasa fueron menores a los reportado por Gisbert et al. (2011) para la *Anguilla anguilla*.

El pH óptimo para la actividad de las proteasas ácidas fue de 2 (Figura 1a). La estabilidad a cambios de pH, muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los pH 2 y 4, que fueron

los que presentaron una mayor estabilidad, con el resto de valores de pH (Figura 1b). La actividad residual de proteasas ácidas se mantuvo alrededor de 100% en los pH 2 y 4 hasta los 90 min de preincubación, mientras que en el resto de pHs decreció después de los 30 min de preincubación, lo que coincide con lo encontrado en la mayoría de los estudios reportados para las siguientes especies: *Silurus glanis* (Jónás et al., 1983), *Sparus aurata*, *Dentex dentex* (Chong et al., 2002), *Paralabrax maculatofasciatus* (Alvarez-González, 2003), *Solea senegalensis* (Sáenz et al., 2005), *Nemipterus* spp. (Nalinanon et al., 2008), *T. alalunga* (Nalinanon et al., 2010).

Para la actividad de las proteasas alcalinas el pH óptimo es de 9 (Figura 1c). Mientras que la mayor estabilidad a los cambios de pH para las proteasas alcalinas se encontró en el pH 10, presentando diferencia significativa ($P < 0.05$) con el resto de los pHs, llegando por arriba del 130% de actividad residual hasta el tiempo de 90 minutos de preincubación. Asimismo, para el pH 8 se detectó una actividad alta de 100% hasta el tiempo de 90 minutos de preincubación (Figura 1d), lo cual es algo común encontrar en las distintas especies ya sea de hábitat marino o dulceacuícola; valores de pH óptimos entre 9 y 10 se han reportado en diferentes especies de peces (Cuenca et al., 2014; Toledo et al., 2015).

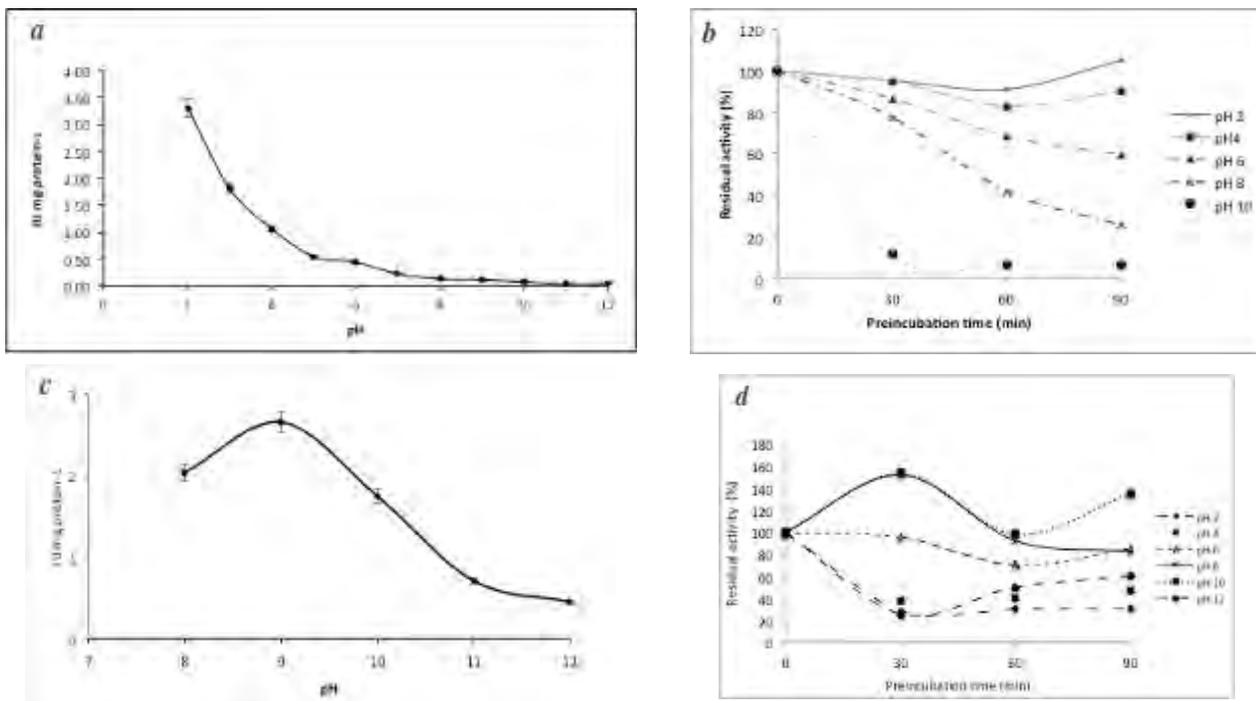


Figura 1. Efecto del pH en proteasas de juveniles de sargo *Archosargus probatocephalus*: (a) pH óptimo de proteasas ácidas, (b) estabilidad al pH de proteasas ácidas, (c) pH óptimo de proteasas alcalinas, (d) estabilidad al pH de proteasas alcalinas.

La temperatura óptima de la actividad de las proteasas ácidas es de 45°C (Figura 2a). Asimismo, la mayor estabilidad de la actividad residual de las proteasas ácidas se registró a

25°C (diferencia significativa; $P < 0.05$), con una actividad de 100% hasta los 90 min de preincubación. La estabilidad de la actividad de las proteasas ácidas se reduce en un 90% para las temperaturas de 55 y 65°C a partir de los 30 minutos de preincubación (Figura 2b). La temperatura óptima de la actividad de las proteasas alcalina fué de 55°C (Figura 2c). Asimismo, la mayor estabilidad de la actividad residual de las proteasas ácidas se registró a 45°C, con una actividad de 115% hasta los 90 min de preincubación, al igual que con la temperatura de 25°C.

Finalmente, la estabilidad de la actividad de las proteasas ácidas se reduce en un 90% para la temperatura de 65°C a partir de los 30 minutos de preincubación (Figura 2d), estas condiciones son similares a lo reportado en el cíclido *P. splendida* (Perales-García, 2010).

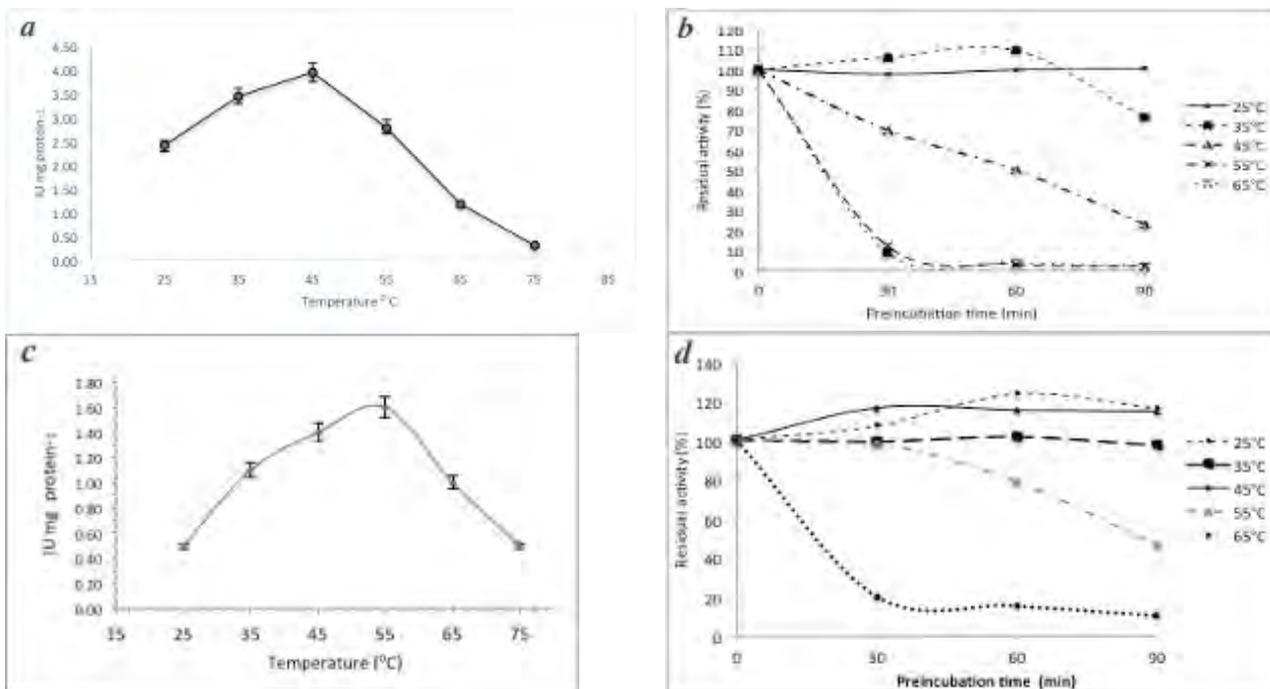


Figura 2. Efecto de la temperatura en proteasas de juveniles de sargo *Archosargus probatocephalus*: (a) Temperatura óptima de proteasas ácidas, (b) estabilidad a la temperatura de proteasas ácidas, (c) temperatura óptima de proteasas alcalinas, (d) estabilidad a la temperatura de proteasas alcalinas.

Conclusiones

1. Se pone en manifiesto que la digestión en *A. probatocephalus* es llevada a cabo tanto por proteasas ácidas como por proteasas alcalinas.
2. En el estómago la enzima pepsina es la que lleva a cabo la mayor parte de la hidrólisis, pero es poco resistente a los parámetros de pH y temperatura. En cambio, en el intestino la digestión de las proteasas alcalinas es más estable a estos parámetros, en ella participan algunas exopéptidasas tales como la tripsina y quimotripsina, así como de

endopéptidasas tales como la leucino aminopéptidasa y la carboxilasa. Condiciones que le permiten a esta especie aprovechar las proteínas de su entorno y de alimentos formulados.

3. Por lo tanto, juveniles de esta especie desde el punto de vista de su capacidad digestiva apunta a ser considerada de hábitos carnívoros, con tendencia a la omnivoría.

Literatura citada

Alarcón, F. J., M. Díaz, F.J. Moyano y E. Abellan. 2001. Characterization and functional properties of digestive proteases in two sparids; gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common dentex (*Dentex dentex*). *Fish Physiology and Biochemistry* 19:257-267.

Álvarez-González, C.A. 2003. Actividad enzimática digestiva y evaluación de dietas para el destete de larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: serranidae). Tesis doctoral. CICIMAR. La Paz, Baja California Sur, México. pp.180.

Álvarez-González, C.A., G. Glaxiola-Cortés, L.D. Jiménez-Martínez, A. Sánchez-Zamora, G. Arena- Ortiz, et al., 2010. Avances en la fisiología digestiva del robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) en Tabasco, México. En: Cruz-Suarez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Nieto-López, D.A.

Villarreal-Cavazos, J. Gamboa- Delgado (Eds). Memorias del X Avances en Nutrición Acuícola y X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 8-10 de noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. pp. 99-232.

Chong, A.S.C., R. Hashim, L. Chow-Yang, L. y A.B.Ali, 2002. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). *Aquaculture* 203:321-333.

Cuenca-Soria C. A., C. A. Alvarez-González, J. L. Ortiz-Galindo, H. Nolasco-Soria, D. Tovar-Ramírez, et al., 2014. Partial characterisation of digestive proteases of the Mayan cichlid *Cichlasoma urophthalmus*. *Fish Physiol Biochem*. 40:689–699.

García-Carreño, F.L., L.E. Dimes and N.F. Haard. 1993. Substrate-gel electrophoresis for composition and molecular weight of proteinases or proteinaceous proteinase inhibitors. *Anal Biochem* 214:65- 69.

Gildberg, A., 2011. Aspartic proteinases in fishes and aquatic invertebrates. *Comp Biochem Physiol B* 91(3):425-35.

Guerrero-Zarate, R. 2010. Evaluación de la capacidad digestiva del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*). Tesis de maestría. Departamento de Recursos del Mar. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México. pp. 101.

Hai-ying, W., W. Yue-jun, W. Qing-yin, X. Chang-hu, and S. Mi. 2006. Purification and characterization of stomach protease from the turbot (*Scophthalmus maximus* L.) *Fish Physiol Biochem* 32:179-188.

INAPESCA, 2012. <http://www.inapesca.gob.mx/portal/165/Sistemaderniipa> [consultado el 15 de junio de 2015].

Jonas, E., M. Ragyanski, J. Olah y L. Borros. 1983. Proteolytic digestive enzymes of carnivorous (*Silurus glanis*, L.), herbivorous (*Hypophthalmichthys molitrix*, VAL) and omnivorous (*Cyprinus carpio*, L.) fishes. *Aquaculture* 30:145-154.

Moyano, L.F.J. 2006. Bioquímica Digestiva en Especies Acuicultivadas: Aplicaciones en Nutrición. En editores: Cruz, S.E., M.R. Ricque, S.M. Tapia, L.M.G. Nieto, C.D.A. Villareal, C.A.C. Puello, y O.A. García. Avances en Nutrición Acuícola VII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15-17 noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. ISBN 970-694-333-5.

Nalinanon, S., S. Benjakul, W. Visessanguan and H. Kishimura. 2008. Tuna Pepsin: Characteristics and its use for collagen extraction from the skin of threadfin bream (*Nemipterus* spp.) *J. Food Sci.* 73:413-419.

Nalinanon, S., S. Benjakul and H. Kishimura. 2010. Biochemical properties of pepsinogen and pepsin from the stomach of albacore tuna (*Thunnus alalunga*). *Food Chemistry* 121:49-55.

Perales-García, N., 2010. Ontogenia enzimática de la mojarra tenguayaca *Petenia splendida*. Tesis de maestría. División de Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 94.

Sáenz de Rodrigáñez, M., F.J. Alarcón, M.I. Martínez, F. Ruiz, M. Díaz y F.J. Moyano. 2005. Caracterización de las proteasas digestivas del lenguado senegalés *Solea senegalensis* Kaup, 1858. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 21(1-4):95-104.

Toledo-Solís F. J, G. Márquez-Couturier A. Uscanga-Martínez, R. Guerrero-Zárate, N. Perales-García, W M. Contreras, S. Camarillo-Coop y C. A. Álvarez-González. 2015. Partial characterization of digestive proteases of the tree-spot cichlid *Cichlasoma trimaculatum* (Günter, 1867). *Aquaculture nutrition*. John Wiley & Sons Ltd.

Yúfera, M. and M.J. Darias. 2007. Changes in the gastrointestinal pH from larvae to adult in Senegal sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture* 267:94-99.

IDENTIFICACIÓN DEL USO Y MANEJO DE HORMONAS EN EL CULTIVO DE TILAPIA *Oreochromis sp* EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

Alicia Sánchez Chávez³³⁷, Isabel Araceli Amaro Espejo^{337*}, María del Refugio Castañeda Chávez³³⁷,
Fabiola Lango Reynoso³³⁷ y Jesús Montoya Mendoza³³⁷

Resumen

La acuicultura es una actividad económica con gran potencial de desarrollo a nivel mundial. Los productores de tilapia han aplicado diversas alternativas para incrementar la producción de organismos de talla comercial en pocos meses, para ello requieren de cultivos con poblaciones de machos que alcanzan mayor talla que las hembras, considerando que la especie no tiene el sexo fenotípico determinado al momento de nacer, es susceptible de manipular por medios químicos en forma natural o artificial para obtener poblaciones monosexadas hembras o machos. Dentro de las técnicas más utilizadas a nivel mundial se encuentra la inducción sexual con uso y manejo de hormonas esteroideas que permite disminuir el tiempo, manipulación de organismos y obtención de poblaciones macho mayor al 95%, esto depende del tratamiento, dosis, hormona y estadio de las crías. Las hormonas esteroideas incluyendo la 17α -metiltestosterona (MT) están clasificadas como disruptores endócrinos con efecto en sistema reproductivo de los seres vivos. El presente estudio realizó la identificación del uso de hormonas usadas en el cultivo de crías de tilapia *Oreochromis sp* de 10 Unidades de Producción Acuícola (UPA) ubicadas en la zona de Sotavento Veracruz. Se realizaron visitas a las instalaciones de cada UPA para observar el proceso de inducción sexual y aplicar una encuesta a los productores para identificar aspectos relevantes del proceso hormonado en las crías de tilapia. Así mismo, se tomaron muestras de agua del efluente del proceso de reversión sexual, y se realizaron mediciones de 17α -metiltestosterona por HPLC. Los resultados reportaron niveles de concentración en el intervalo de 52.1 a 92.1 $\mu\text{g L}^{-1}$ en los efluentes de los estanques de reversión sexual de las 10 UPA, derivado del uso y manejo de las hormonas en el proceso de inducción sexual de crías de tilapia de la zona de Sotavento y son descargados en cuerpos de agua.

Palabras clave: Hormona, MT. 17α -metiltestosterona, UPA. Unidades de producción acuícola

³³⁷ Tecnológico Nacional de México (TecNM)/ Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), * Autor de correspondencia: aracely_amaro@yahoo.com.mx

Introducción

Entre las estrategias biotecnológicas utilizadas para incrementar el rendimiento en el cultivo de la tilapia se encuentran la inducción sexual, la cual se ha logrado por el conocimiento científico de los esteroides sexuales tanto andrógenos como estrógenos, y los mecanismos de determinación sexual de las especies que han sido estudiadas. Estableciendo con esto los criterios de tratamiento para lograr la diferenciación sexual mediante hormonas andrógenas. Las poblaciones monosexo de machos en tilapia presentan mejor rendimiento, uniformidad de talla, conversión alimenticia al momento de la cosecha (Castillo, 2011; Dabrowski et al., 2004).

Dentro de los procesos de inducción sexual para masculinización de la especie tilapia, el uso prolongado del tratamiento hormonal, dosis elevadas o niveles bajos de la hormona tienen efectos sobre los ciclos de vida de estos organismos. Sin embargo, a nivel ambiental este proceso libera al medio ambiente residuos de hormonas que ocasionan la contaminación de suelo y acuíferos causando un impacto negativo para otras especies a nivel reproductivo. En término de salud pública existe un riesgo por la exposición crónica a las hormonas esteroides y sus residuos, los que pueden causar efectos adversos en el sistema endócrino (Barbosa et al., 2013; Dabrowski et al., 2004).

En el periodo de 2003 a 2008, el crecimiento en el número de unidades acuícolas aumentó con la incorporación de sistemas de manejo intensivo. De las 1,905 unidades económicas acuícolas registradas en 2008, en el litoral del Golfo de México y el Caribe se encuentran 226, en el litoral del Océano Pacífico 965 y en entidades sin litoral 714. En el estado de Veracruz en la Región De Sotavento existen 101 unidades de producción acuícola y se desconoce qué porcentaje de estas utilizan hormonas en el proceso de inducción sexual de tilapias. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo identificar el uso y manejo de las hormonas utilizadas durante el proceso de inducción sexual en el cultivo de tilapias en unidades de producción acuícola.

Materiales y Métodos

El presente estudio fue realizado en la Región De Sotavento, donde fueron identificadas 101 unidades de producción acuícola (UPA) (Figura 1). Estas se ubicaron en los municipios Manlio F. Altamirano, La Antigua, Úrsulo Galván, Boca del Río, Cotaxtla, Jamapa, Medellín de Bravo, Paso de Ovejas, Puente Nacional, Soledad de Doblado, Tlalixcoyan, y Veracruz, (COLPOS, 2012; CONABIO, 2011), asentadas en las cuencas Alto Balsas, Actopan, Antigua y Jamapa-Cotaxtla. Fueron seleccionadas 10 UPAS para realizar el presente estudio.

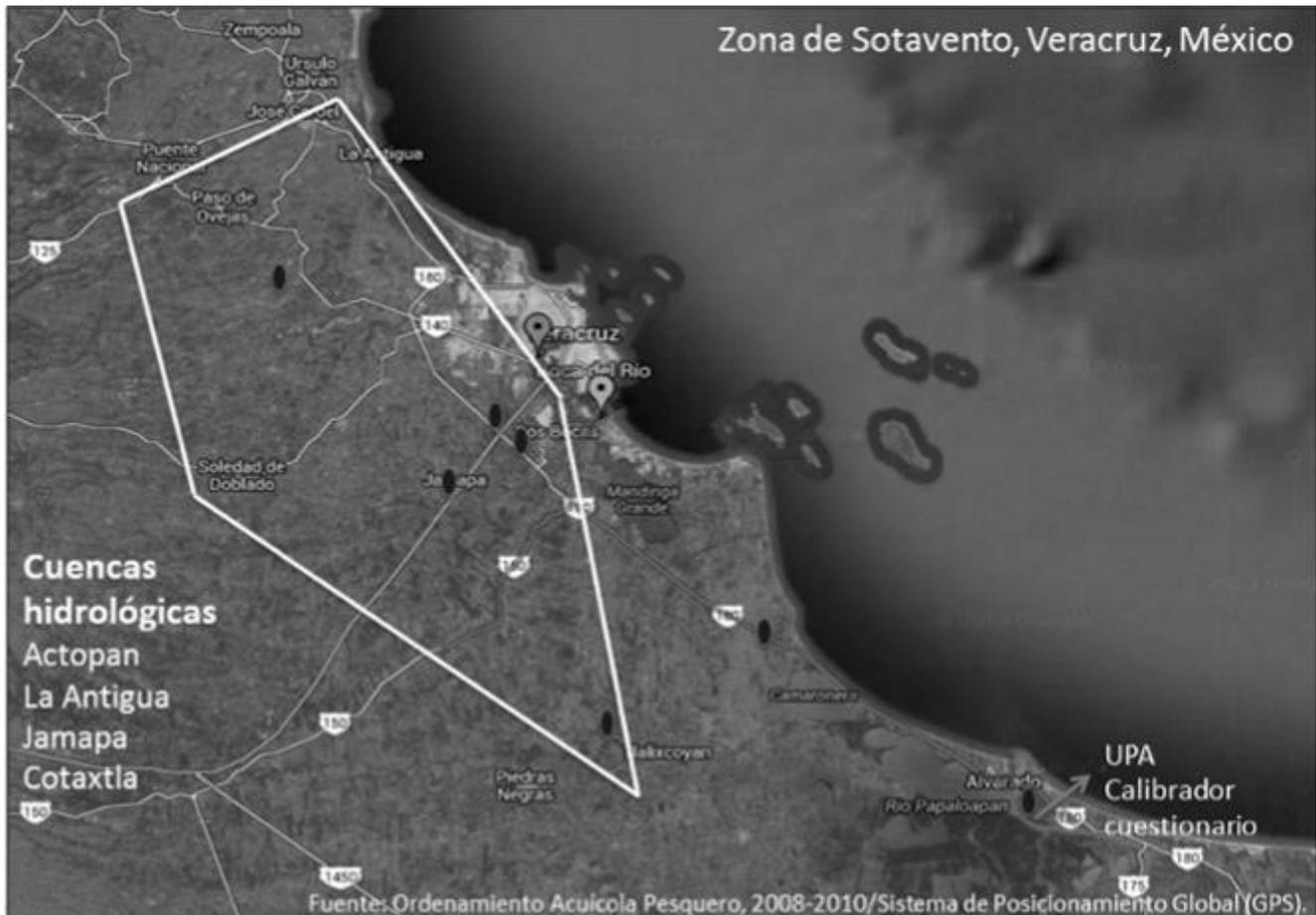


Figura 1. Ubicación de las unidades de producción acuícola en la zona del Sotavento.

Se realizaron visitas a las instalaciones de cada UPA para observar el proceso de inducción sexual y se aplicó una encuesta a los productores para identificar aspectos relevantes del proceso hormonado en las crías de tilapia, como son el tipo de aplicación de la hormona, el tipo de alimento, y las descargas de aguas. La estimación del tamaño de muestra (número de UPA sujetas a estudiar) se calculó mediante la ecuación $n = Ns^2 / [(N-1)b^2/4 + s^2] = 4$; donde se consideró la varianza exploratoria, s , el 5% y la disposición del error, b , se estableció en 5%. Se tomaron muestras de agua del efluente del proceso de reversión sexual, las cuales fueron colectadas en frascos de polipropileno de baja densidad, conservadas en red de frío con posterior congelación hasta su análisis. La identificación y cuantificación de la hormona se realizó con la técnica analítica HPLC descrita por Barbosa et al. (2013). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico para conocer si existía diferencias en el manejo de la hormona entre UPA y se aplicó a posteriori una prueba de Tukey, el software utilizado fue Statistica versión 7.0.

Para identificar el compuesto y determinar la concentración de las hormonas utilizadas en la inducción sexual de las crías, se seleccionará la metodología analítica considerando el resultado del análisis descriptivo obtenido en el diagnóstico. Para esto, se emplearon los criterios para la validación de métodos físico-químicos CCAYAC-P-058 reportada por la COFEPRIS-SSA (2007).

Resultados y Discusión

El 27% de las UPA de la Región del Sotavento realizan el proceso de reversión sexual con uso de hormonas en tilapia *Oreochromis sp.*, con administración vía oral y frecuencia de alimentación de 7 a 10 veces al día. De ellas, 50% utilizan alimento balanceado preparado comercialmente y 50% prepara el alimento hormonado in situ. En 100% de las UPA que realizan la reversión utilizan agua de pozo profundo para todas las actividades. Los efluentes de estanques de reversión en 50% son descargados a lagunas abiertas dentro del predio de la UPA, 40% se destinan a canales de riego agrícola de caña, maíz, huertas, entre otros y 10% para ambos casos.

En los procesos de inducción sexual de las UPA en 100% de los casos se utiliza la hormona andrógena 17α -metiltestosterona adicionada en el alimento balanceado y la dosis utilizada es de 60 mg/kg^{-1} . El manejo de organismos se realiza mediante ordeña programada para colectar huevos de las hembras, con posterior pesaje del lote y desinfección previa a seleccionar por talla los huevos con una malla, se cuantifica volumétricamente el total de huevos y se registra.

En la identificación y cuantificación de la hormona MT, con el método de prueba utilizado se obtuvo 90% de recuperación con intervalo de linealidad de 0,9990 para el intervalo de trabajo utilizado de 50 a $2000 \mu\text{g MT L}^{-1}$. La cantidad promedio de hormona en las muestras de agua utilizada como blanco de campo (influyente) estuvieron entre 17,5 y $24,6 \mu\text{g MT L}^{-1}$, por debajo del límite de cuantificación establecido de $50 \mu\text{g MT L}^{-1}$ para la prueba analítica.

Las concentraciones promedio de hormona en agua de cultivo de descarga del proceso de reversión fueron de 52,1 hasta $92,4 \mu\text{g L}^{-1}$, donde la UPA 1 presenta la menor concentración ($52,1 \mu\text{g L}^{-1}$) y la UPA 3 la mayor cantidad de hormona ($92,4 \mu\text{g L}^{-1}$). Las UPA 9 y 10, de referencia, registraron concentraciones de 78,7 y $57,7 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Las UPA 3, 4, 5 y 6 presentan un comportamiento similar y reflejan la residualidad más alta (Figura 2).

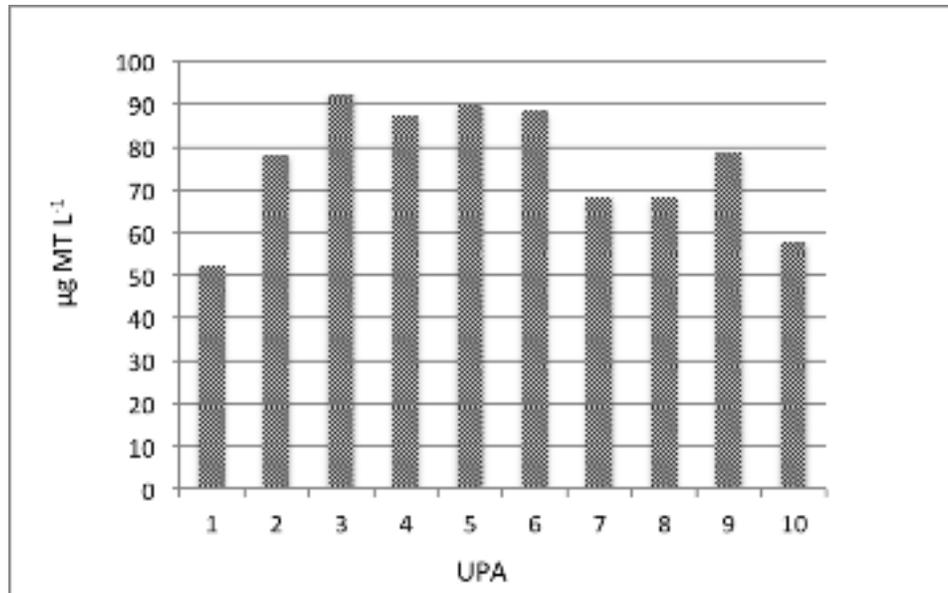


Figura 2. Concentraciones promedio de la hormona en agua de cultivo de descarga del proceso de reversión en unidades de producción acuícola de la zona del Sotavento.

Se evaluó la interacción de la concentración de MT del grupo de muestras de blanco y grupo de muestras de descargas en las que se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas $F(18,18)=5,372$, $p \leq 0.05$. La interacción en el grupo de muestras blanco no hay diferencias estadísticamente significativa $F(9,10)=0.9579$, $p > 0.05$. En el grupo de muestras de descarga se presenta diferencias significativas $F(9,10)=10,263$, $p \leq 0.05$.

Los riesgos asociados a la residualidad encontrada en el agua que al ser liberada sin tratamiento alguno a los cauces de agua naturales pueden afectar el stock natural de esta especie en el medio acuático López et al. (2007) reportaron que a concentraciones de inmersión $1\ 800\ \mu\text{g MT L}^{-1}$, se obtuvo 91.8% de masculinización; Megbowon y Mojekwu (2014), consideran que estos efluentes alterarían la dinámica sexual del stock, al producirse más machos que hembras.

Conclusión

1. Se encontró que en las Unidades de producción Acuícola de la Región De Sotavento del Estado de Veracruz se utilizan hormonas esteroideas como la 17α -metiltestosterona (MT) para inducir los procesos de reversión sexual.
2. Se encontraron niveles de concentración en el intervalo de $52,1$ a $92,1\ \mu\text{g L}^{-1}$ en los efluentes de los estanques de reversión sexual de las unidades de producción acuícola, derivado del uso y manejo de las hormonas en el proceso de inducción sexual de crías de tilapia.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Rio, a través de la Convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica, que otorgó el financiamiento para el Proyecto denominado Diagnóstico de uso y manejo de las hormonas en el proceso de inducción sexual de crías de tilapia, con clave 5510.15.

Literatura citada

Barbosa, I. R., S. Lopes, R. Oliveira, I. Domingues, A. M. Soares and A. J. Nogueira. 2013. Determination of 17 α -methyltestosterone in freshwater samples of tilapia farming by high performance liquid chromatography. *American Journal of Analytical Chemistry* 4(04):207.

Castillo, C. L. F. 2011. Tilapia roja. Alevinos del Valle, Cali, Valle, Colombia. 13-39 pp.

COLPOS. 2012. Informe técnico. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Veracruz.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. Primera edición. Resumen Ejecutivo. ISBN: 978-607-7607-49-6 (obra completa). p 251.

Dabrowski, K., Rodriguez, G., Lee, K. J., Abiado, M. A. G., Sanchez, W. C., Marquez-Couturier, G., & Phelps, R. 2004. Studies on fate of methyltestosterone and its metabolites in tilapia and on the use of phytochemicals as an alternative method to produce a monosex population of tilapia. Twenty-first annual technical report. Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, OR, 53-60 pp.

López, C. A., D. L. Carvajal and M. C. Botero. 2007. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa-metiltestosterona. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(3).

Megbowon, I., & T. O. Mojekwu. 2014. Tilapia sex reversal using Methyl Testosterone (MT) and its effect on fish, man and environment. *Biotechnology* 13(5):213-216.

POLÍTICAS PÚBLICAS: GESTIÓN Y DESARROLLO DEL SECTOR ACUÍCOLA EN MÉXICO

Krauss-Langarica Eduardo Enrique^{338*}, Álvarez Ávila María del Carmen³³⁸ y Alberto Asiain Hoyos³³⁸

Resumen

Existen diversas políticas públicas que emanan de los distintos programas gubernamentales en sus diferentes niveles jerárquicos, mismas que están dirigidas a promover y potenciar el crecimiento del sector acuícola mexicano, sin embargo, en ocasiones resultan ser incompatibles en algunos sectores específicos donde pretenden ser aplicadas debido a una incorrecta interpretación e implementación de las mismas. Las políticas públicas se presentan a través del Plan Nacional de Desarrollo (PND) planteado para 2013-2018, este es aplicable en toda la nación, sin embargo, también surgen y se aplican a través de los planes estatales de desarrollo y programas sectoriales. Para el sector dedicado a las actividades de acuicultura y pesca existen dos principales programas, en donde las políticas públicas creadas abordan posibles soluciones a las problemáticas emergentes, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario y el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En el presente trabajo se analizó, desde una perspectiva política y social, las principales políticas públicas que emergen de los distintos niveles jerárquicos existentes en México. La metodología se basa en un análisis crítico de las políticas públicas a diferentes niveles, federal, estatal y municipal, así como también de diversos organismos internacionales, con la finalidad de detectar la forma en que influyen en el desarrollo de la acuicultura en México.

Palabras claves: Acuicultura, programas sectoriales, Plan Nacional de Desarrollo, análisis crítico

Introducción

Se ha hecho referencia a que la creación de políticas públicas encaminadas a resolver las problemáticas de interés social, recae principalmente sobre el sistema político mexicano,

³³⁸ Colegio de Postgraduados Campus-Veracruz. *Autor de correspondencia: krauss.eduardo@colpos.mx

sistema encargado de la toma de decisiones y cuya funcionalidad depende en gran medida personas que ostentan cargos que les son otorgados a través de elecciones populares, como son: el presidente de la república, miembros del H. Congreso de la Unión (senadores y diputados), gobernadores de los distintos estados del país, y ediles de los ayuntamientos municipales de la nación.

Las tomas de decisiones surgen la mayoría de las veces, como posibles soluciones a una problemática diversa que recae sobre un interés público, suscitado en un lugar y momento determinado, a esas decisiones normalmente consensuadas por personas pertenecientes a la clase política y a un grupo en específico de gobernados (asociaciones y sociedades civiles, sector empresarial etc.) se les denomina políticas públicas (Salazar, 1995).

El objetivo principal de este trabajo es analizar desde una perspectiva política y social, las principales políticas públicas emergidas de los distintos niveles jerárquicos existentes en México.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó con base en la información obtenida de distintos planes gubernamentales de desarrollo (federal, estatal y municipal), específicamente dirigido al sector pesquero y acuícola mexicano.

Para el análisis de las políticas públicas existen metodologías que permiten definir la situación que afecta a un determinado grupo, sector o sociedad y la forma en la que se intentará contribuir a su mejoramiento.

Es necesario elaborar propuestas debidamente fundadas sobre las problemáticas existentes en el sector acuícola, siendo éstas económica y socialmente viables. Como parte de una metodología para mejorar sustancialmente las políticas públicas dirigidas a potenciar el desarrollo de la acuicultura en México, es menester crear un reglamento vigente y aplicable acorde a las necesidades actuales de la actividad pesquera y acuícola en México, un reglamento que esclarezca el sistema operativo del sector y que garantice la seguridad jurídica de su gremio.

De igual manera como parte de una metodología de análisis de políticas públicas es necesario actualizar simultáneamente los ordenamientos jurídicos en materia de acuicultura conforme a las necesidades emergentes en el sector, así como también promover la inclusión de los productores dedicados a las actividades acuícolas y pesqueras en la elaboración y análisis de las políticas públicas dirigidas a dicho sector.

Resultados y Discusión

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 es el documento expedido por el Ejecutivo Federal, el cual es publicado en el Diario Oficial de la Federación al inicio de cada sexenio. En dicho documento se trazan los principales objetivos de las políticas públicas, estableciendo las acciones específicas con las cuales se pretenden alcanzar dichos objetivos, según lo establecido por el actual Gobierno Federal se trata de un plan realista, viable y claro para alcanzar un México en paz e incluyente para lo cual se han trazado tres estrategias fundamentales (Gobierno de la República, 2013):

1. Democratizar la Productividad.
2. Consolidar un Gobierno Cercano y Moderno.
3. Incorporar la Perspectiva de Género.

De las estrategias analizadas, la que mayor impacto presenta para el sector acuícola es la que encabeza la anterior lista. Es posible dilucidar gracias al PND que -democratizar la productividad, implica llevar a cabo políticas públicas que eliminen los obstáculos que impidan alcanzar su máximo potencial a diversos sectores-. El sector acuícola, al igual que los otros sectores productivos, requiere de tecnología e investigación para potenciar su desarrollo, por lo que el PND establece que es fundamental hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación los pilares para el progreso económico y social sostenible, y es uno de los principales objetivos que engloba dicha estrategia, por lo cual es pertinente considerarla en el sector acuícola en México (Gobierno de la República, 2013).

Las políticas públicas se elaboran para ser aplicables en distintos sectores (político, económico, agropecuario, industrial etc.), estas se diferencian dependiendo de las necesidades de cada sector (Salazar, 1995). La Ley de Desarrollo Rural Sustentable de 2001 (SAGARPA, 2001) regula a la acuicultura, la cual se encuentra inmersa dentro del sector agropecuario. Las políticas públicas son aplicadas a través de distintos programas sectoriales, los dos principales programas en donde la actividad acuícola se encuentra contemplada son: el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario y el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

En el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario realizado por el gobierno federal a través de la SAGARPA se identificaron 3 ejes principales, en donde se establecen los objetivos encaminados a potenciar el desarrollo de las actividades acuícolas (SAGARPA, 2013).

El primer objetivo recae sobre una dimensión de competitividad a escala global, teniendo como meta desarrollar estratégicamente la acuicultura, por lo que se contempló el fomento a la acuicultura rural como una acción para llevarlo a cabo. De igual forma se trazó como segundo objetivo el crear un ordenamiento pesquero y acuícola que sea integral y

sustentable, evaluando la condición actual de los recursos pesqueros y acuícolas, todo ello basado en la investigación científica. El impulso a la capitalización pesquera es el tercer objetivo, éste fomenta la inversión en equipamiento y adquisición de insumos para mejorar la productividad y competitividad pesquera y acuícola, por lo tanto, es uno de los objetivos con mayor importancia y es trascendental para lograr potencializar la actividad, tomando en cuenta que el funcionamiento económico de una sociedad se basa en gran medida en la competitividad (Smith, 1961).

Paralelo al PSDAPA 2013-2018, se encuentra el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales PROMARNAT 2013-2018, también promovido por el gobierno federal a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SEMARNAT, 2013), en el cual se establece bajo una de las tres estrategias transversales: incorporar la perspectiva de género en las políticas ambientales y de sustentabilidad, incluyendo el marco jurídico en materia ambiental, por lo que se incorpora a la estrategia como su principal acción el promover actividades de pesca y acuicultura sustentables para mujeres en zonas costeras y fluviales, acción que a su vez puede ser vinculada con el fomento de la acuicultura en zonas rurales establecida por el programa sectorial de SAGARPA.

Adicionales a las políticas pública nacionales, existen políticas globales promovidas por organismos internacionales como El Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional y la Organización Mundial de Comercio, cuya influencia es de gran relevancia en los objetivos establecidos en las políticas públicas del país, uno de los principales objetivos que tienen en común dichas organizaciones es el de promover un modelo de desarrollo asentado en la liberalización del comercio y la inversión. Por lo tanto, se considera importante para lograr consolidar el flujo de capital en la nación a través de un enfoque equitativo e integrador (Sparr, 2006). Sin embargo, se ha indicado que la liberalización trae consigo algunas problemáticas notorias, específicamente para el sector acuícola y que pueden significar un estancamiento en su desarrollo, debido a que la OMC a través de las políticas de liberalización esclarece que no existirá ningún trato especial para negocios locales con respecto a los inversores extranjeros. Esto ha provocado que se importen cada vez más organismos acuáticos de otras naciones, debido a que los costos son más bajos en comparación con los productos mexicanos. México cuenta con una red de 12 Tratados de Libre Comercio con 45 países, sin embargo, para llevar a cabo la comercialización del sector acuícola, México se limita a importar y exportar dichos productos a través de los tratados de libre comercio con América del Norte (TLCAN), Europa (TLCUEM) y el tratado de Asociación Transpacífico (TPP) principalmente.

La particularidad del TLCAN, consiste en el libre acceso a los productos del sector de los países miembros: el camarón es el principal producto exportado, anualmente se

comercializan al extranjero 20 mil toneladas, de éstas el 97% se envían a los Estados Unidos de América, de igual forma la tilapia es una de las especies acuáticas que más se exportan de México hacia los Estados Unidos (SAGARPA, 2015).

En relación al TLCUEM, se resalta que las exportaciones de pulpo maya a través de la ruta Puerto Progreso, Yucatán hacia Livorno, Italia, está siendo una importante fuente de ingresos para la región desde el año 2013 (SAGARPA, 2015). Los productores acuícolas mexicanos están en clara desventaja en comparación con los productores extranjeros quienes producen sus especies acuáticas bajo otras circunstancias (legales, económicas y tecnológicas) que permiten posicionarse en el mercado mexicano con productos de buena calidad y con costos más bajos.

Conclusiones

1. La importancia de las políticas públicas analizadas principalmente a nivel nacional a través del Plan Nacional de Desarrollo desarrollado para 2013-2018 y los diversos programas sectoriales e internacionalmente por medio de las organizaciones mundiales y tratados de libre comercio, se relaciona, en el fomento y el incremento del desarrollo de la acuicultura en México.
2. Se identificaron políticas públicas relacionadas con la promoción del desarrollo del sector, en donde se resalta la importancia de alcanzar una competitividad, a nivel global.
3. Existen situaciones que, aun estando contempladas en los programas sectoriales, no han sido llevadas a cabo, tal es caso de la regulación acuícola en donde es necesaria una modificación de carácter legal, adecuada a las necesidades sectoriales.

Literatura citada

Gobierno de la República. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>. [consultado el 15 de mayo de 2017].

SEMARNAT. 2013. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/Documents/PROMARNAT%202013-2018.pdf>. [consultado el 14 de julio de 2017].

SAGARPA. 2001. Ley de Desarrollo Rural Sustentable 2001. Diario oficial de la Federación. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf>. [consultado el 15 de mayo de 2017].

SAGARPA. 2013. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. [.http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/Pot%202013/Sitio/Programa_sectorial_SAGARPA_2013-2018.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/Pot%202013/Sitio/Programa_sectorial_SAGARPA_2013-2018.pdf). [consultado el 14 de julio de 2017].

SAGARPA. 2015. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B519.aspx>. [consultado el 14 de julio de 2017].

Salazar, V. C. 1995. Las políticas públicas: nueva perspectiva de análisis. Ciencia Política. 59-78.

Sparr, P. 2006. El Banco Mundial, el FMI y el Comercio. Centro de Información Bancaria. http://www.bankinformationcenter.org/wpcontent/uploads/2013/01/InfoBrief_Mar2006ES.pdf. [consultado el 14 de julio de 2017].

Smith, A. 1961. Indagación acerca de la naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones. 464 p.

ESTUDIO DE LA MADUREZ SEXUAL DEL SARGO *Archosargus probatocephalus* DEL SISTEMA LAGUNAR DE BOCA DEL RÍO-MANDINGA, VERACRUZ, MÉXICO

E. Reyes Fentanes^{*339} y M. L. Merino Contreras³³⁹

Resumen

Descripción de la biología reproductiva de una población de sargos *Archosargus probatocephalus*, muestreada de enero a diciembre 2001 y de julio 2003 a abril 2004, del sistema lagunar Boca del Río-Mandinga. Se realizó un análisis histológico para describir el desarrollo gonádico y actividad reproductiva. Se clasificaron los ovocitos en cuatro fases de maduración: 1) Inmaduro (nunca desovado) con estadios de ovogonias y ovocitos perinucleolares; 2) En desarrollo, ovocitos presentes en CP, AC, Vtg1, y Vtg2; 3) Apto para desovar, ovocitos en Vtg3 o FOP en grupos desovados, Atresia de vitelogénesis y/u ovocitos hidratados; and 4) Regresión (cesación del desove). En machos, los estadios testiculares se describieron y clasificaron en cinco estadios reproductivos: 1) Inmaduro; 2) En desarrollo; 3) Apto para desovar; 4) En regresión; y 5) Regenerando. El desarrollo ovárico se determinó como sincrónico por grupos con hermafroditismo como estrategia reproductiva en ambos periodos. La talla de primera madurez de las hembras muestreadas fue de 240 mm de longitud total con un peso de 268.6 g en el primer periodo; y 262 mm de longitud total con un peso de 336.9 g en el segundo periodo. La proporción de sexos fue 0.8:1 (hembra:macho) en ambos periodos. Este estudio da la primera descripción de gametogénesis del sargo (*A. probatocephalus*) en el área de estudio, información importante para su cultivo.

Palabras clave: biología reproductiva, histología, gónadas, testículos, hermafrodita

Introducción

La familia Sparidae incluye varias especies de peces marinos como *Pagrus pagrus* y *P. major* entre otras especies que ya han sido cultivadas intensivamente en Japón, donde el desarrollo gonádico ya ha sido estudiado (Tucker, 1998). El sargo *A. probatocephalus* es una especie de la familia Sparidae que presenta una amplia aceptación en el mercado, este es consumido

³³⁹Instituto tecnológico de Boca del Río. Autor para correspondencia: elidareyes@yahoo.com

como alimento humano desde Latinoamérica hasta el Noreste de Estados Unidos, ha reemplazado al huachinango en restaurantes (Tucker, 1998). En 1990 el género *Archosargus* reportó una pesquería total de 450 t en el Golfo de México, de la cual 63.31% fue capturada en las costas del Estado de Veracruz.

Hildebrand y Cable (1938), Springer y Woodburn (1964) describieron los organismos del género *Archosargus* como típicamente eurihalinos con salinidades que varían de 2.2 ppm a 40 ppm, excepto *A. probatocephalus*, que está presente en aguas continentales. La edad y talla de maduración de *A. probatocephalus* en las costas del Atlántico Norte de estados Unidos es menor a dos años y de 350 g a 400 g, respectivamente, el periodo de desove es de febrero a junio, con reportes de desove en aguas oceánicas durante la primavera, cuando la temperatura oscila entre 20°C y 23°C; se reportaron también el diámetro inicial del ovocito y el diámetro del huevo de 400 y 820 micrómetros respectivamente (Tucker y Barbera, 1987; Hildebrand y Cable, 1938). Tucker (1998) mencionó la importancia de la especie para la acuicultura, porque los adultos y juveniles pueden ser cultivados en tanques de agua dulce, mostrando un crecimiento de 500 g en un periodo de 9 meses a 11 meses, con una temperatura entre 23°C a 30°C. Este estudio contribuye al conocimiento de la biología reproductiva del sargo (*A. probatocephalus*) que permitirá propuestas de planes de manejo para su reproducción acuícola. Los organismos para este estudio fueron capturados en el sistema lagunar Boca del Río-Mandinga, localizado a 18 km al sur del puerto de Veracruz, en el Golfo de México entre 96° 02' 30" y 97° 59' longitud Oeste y 18° 59' y 19° 16' 30" latitud Norte. Tiene una extensión de 3250 ha y está conformado por seis elementos costeros: los esteros El Conchal, Horcones y Mandinga; y las lagunas Larga, Mandinga Chica o Redonda y Mandinga Grande. El sistema lagunar está localizado en la zona de influencia de los ríos Jamapa y Cotaxtla.

Materiales y Métodos

Mensualmente 20 organismos fueron capturados por los pescadores de las cooperativas de Boca del Río en el sistema lagunar Boca del Río-Mandinga, durante dos periodos, el primer periodo de enero a diciembre de 2001 y el segundo periodo de julio de 2003 a abril de 2004.

Datos morfométricos

El peso y la longitud fueron registrados con una báscula marca Sartorius modelo ISO9001 y un ictiómetro (± 1 mm) respectivamente. Los organismos se disectaron inmediatamente para determinación de sexo y extracción de gónadas e hígado, los cuales se colocaron en cajas Petri para la determinación de índices reproductivos. Las gónadas fueron fijadas con formol

al 10% para su procesamiento histológico con la técnica de inclusiones de parafina (Luna, 1968). Las muestras se manejaron mediante los siguientes tratamientos: deshidratación con concentraciones crecientes de alcohol etílico (80%, 96% y 100%), transparentado con Xilol, inclusión definitiva en bloques de parafina a 60°C, cortado a 5 μ m con un micrótopo rotador marca Leica RM2025, teñido mediante la técnica clásica de Hematoxilina-eosina y tricromo de Malory y finalmente, encapsulación con resina sintética.

Descripción del desarrollo gametogénico

Se tomaron como referencia las escalas propuestas por Wallace y Selman (1981); Tyler y Sumpter (1996); Kokokiris et al. (1999); Ocampo-Cervantes (2002); y Brown-Peterson et al. (2011).

Distinción de fases reproductivas

Se utilizó el criterio morfológico e histológico con la terminología usada para distinguir las fases reproductivas para teleósteos hembras propuestos por Brown-Peterson et al. 2011, éstas fases de crecimiento se adaptaron y asignaron para el sargo, basadas en la presencia de los ovocitos más desarrollados en la muestra. La talla de la hembra más pequeña sexualmente madura fue observada por microscopía ovárica.

Desarrollo testicular

Para el desarrollo testicular se tomaron como referencia las escalas propuestas por Grier y Taylor (1998) y Kokokiris et al. (1999) para *Centropomus undecimalis* (robalo blanco) y *Pagrus pagrus* (brema roja) y Brown-Peterson et al. (2011). Las fases de crecimiento fueron asignados sobre el criterio histológico en los cambios morfológicos del epitelio germinal en los testículos, basados en la iniciación de la espermatogénesis, la formación de los espermatoцитos y el almacenamiento de los espermatozoides previo al desove.

Análisis estadísticos

La distribución normal de los diferentes grupos de datos se determinó mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad a través de una prueba Levene. La ANOVA se aplicó a la media mensual de los índices gonadosomático y hepatosomático ($p < 0.05$). La correlación de Pearson fue aplicada para determinar la relación entre la actividad gonádica de las hembras y la temperatura; así como la relación entre el IGS y el IHS. Las pruebas estadísticas fueron hechas usando los programas SPSS 11.0 y el Statistica.

Resultados y Discusión

Determinación de talla por sexo

Se capturaron 404 organismos en total. La talla de los organismos de enero a diciembre de 2001 fluctuó entre 202 y 493 mm de longitud total, de un total de 220. El intervalo de tallas en las hembras fue de 219 mm a 493 mm, de un total de 100, mientras que para los machos el intervalo fue de 202 mm a 445 mm, de un total de 120. De julio de 2003 a abril de 2004 la talla del total de los organismos capturados fluctuó entre 184 mm y 406 mm de longitud total (LT). El intervalo de talla en las hembras fue entre 184 y 406 mm LT, de un total de 84 y para los machos el intervalo fue entre 184 y 403 mm LT, de un total de 100.

Comparando los dos periodos, las hembras mostraron mayor talla en promedio en el periodo 2001. Fueron más frecuentes las hembras con LT mayores a los 410 mm, no así en el periodo 2003-2004, en el cual fueron encontrados organismos de ambos sexos en casi todos los intervalos de talla.

Analizando la LT promedio de hembras capturadas en 2001 y las hembras capturadas en 2003-2004, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$). La talla promedio del total de la hembras fue 289.51 ± 49.7 mm. De manera similar, analizando la LT promedio de los machos capturados en 2001 y los machos capturados en 2003-2004, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$). La talla promedio total de los machos fue 290.6 ± 48.1 . Comparando las LT promedio del total de hembras con el total de machos en los dos periodos, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo más grandes las hembras que los machos.

El índice gonadosomático se evaluó en promedios mensuales. En el periodo 2001 el índice de la hembras mostró su valor más bajo en julio ($0.23\% \pm 0.17$), se incrementó en octubre para alcanzar su valor más alto en diciembre ($3.3\% \pm 2.3$) (Figura 1A). Para los machos se observó que el promedio mensual más alto fue en enero ($1.4\% \pm 0.81$) decreciendo hasta mayo alcanzando su más bajo valor ($0.09\% \pm 0.06$), incrementando su valor en diciembre (1.2 ± 0.92) (Figura 1B). Se encontró una correlación positiva ($r = 0.813$; $p < 0.05$) entre el IGS y el IHS de las hembras, donde el IGS máximo ($3.3\% \pm 2.3$) correspondió al más alto IHS ($1.7\% \pm 0.4$) en 2001, consecuentemente el valor más bajo de IGS ($0.23\% \pm 0.17$) correspondió con el más bajo valor de IHS ($1.0\% \pm 0.3$). Para los machos la correlación fue inversa ($r = -0.218$), sin embargo, no tuvo diferencia significativa ($p > 0.05$), lo que indica que no hay relación.

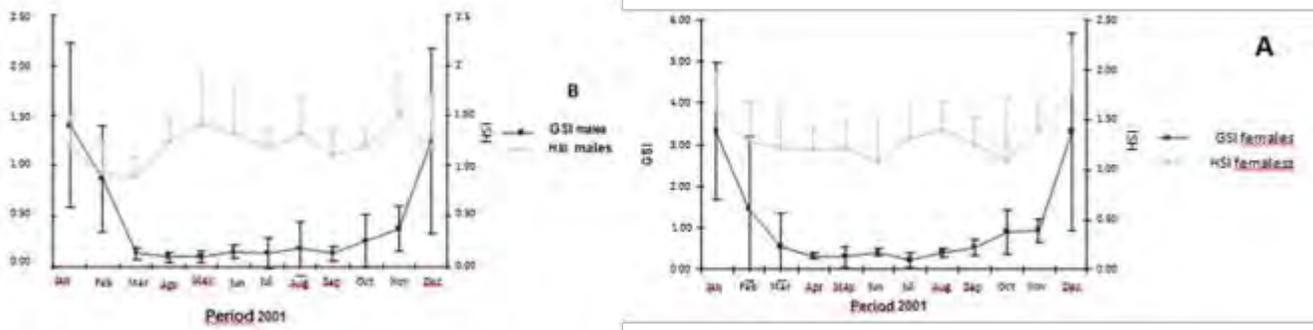


Figura 1 A y B. Índices reproductivos. Variación en GSI y HSI: A) Hembras y B) Machos. Periodo enero-diciembre 2001.

Para el periodo 2003-2004 las hembras alcanzaron su máximo valor de IGS en noviembre ($0.71\% \pm 0.30$), y alcanzó su valor más bajo en abril ($0.09 \pm 0.02\%$) (Figura 2A). Para los machos el IGS promedio empezó a incrementar en diciembre ($0.36 \pm 0.34\%$), alcanzando su valor más alto en febrero ($0.44 \pm 0.47\%$), cuando empezó a decrecer hasta abril cuando alcanzó su valor más bajo ($0.05 \pm 0.02\%$) (Figura 2B). Se encontró una correlación inversa ($r = -0.236$) no significativa ($p < 0.05$) entre el IGS y el IHS de las hembras, cuando el máximo valor de IGS fue observado ($0.71 \pm 0.30\%$), se registró un bajo IHS ($1.2 \pm 0.34\%$), con un pico en marzo ($1.4 \pm 0.26\%$), correspondiendo al IGS $0.4 \pm 0.1\%$. Para los machos la correlación fue positiva ($r = 0.329$), sin embargo, no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$).

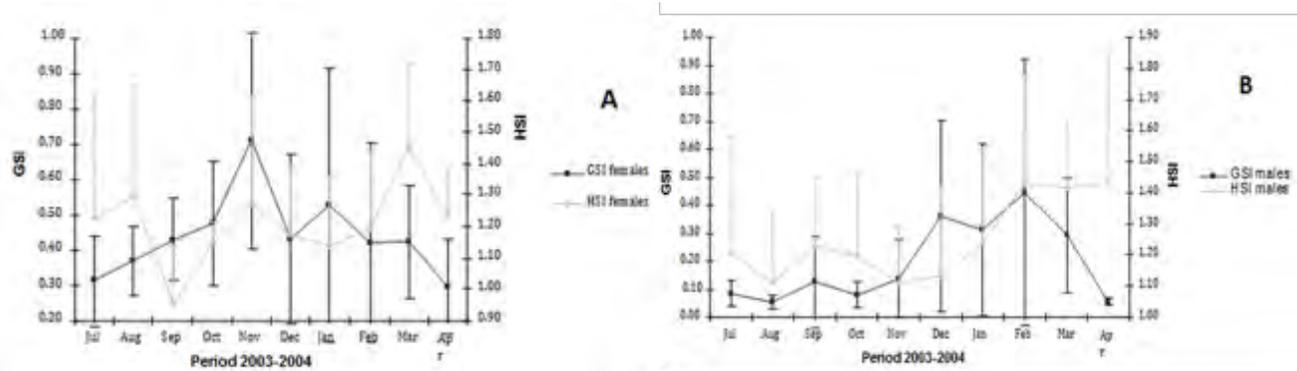


Figura 2 A y B. Índices reproductivos. Variación en GSI y HSI: A) Hembras y B) Machos. Periodo julio 2003-abril 2004.

Para el periodo 2001 (Figura 3A y B), así como para el periodo 2003-2004 (Figura 4A y B), las hembras mostraron un IGS más alto cuando la temperatura del agua decreció en el área de estudio. Para los machos también se observó que alcanzaron el valor de IGS más alto cuando se registró la temperatura del agua más baja en la zona (Figura 3 A y B). El IGS y la temperatura del agua fueron altamente correlacionados $r = -0.792$ y fue significativo ($p < 0.05$), lo cual indicó que hay una fuerte relación entre las variables.

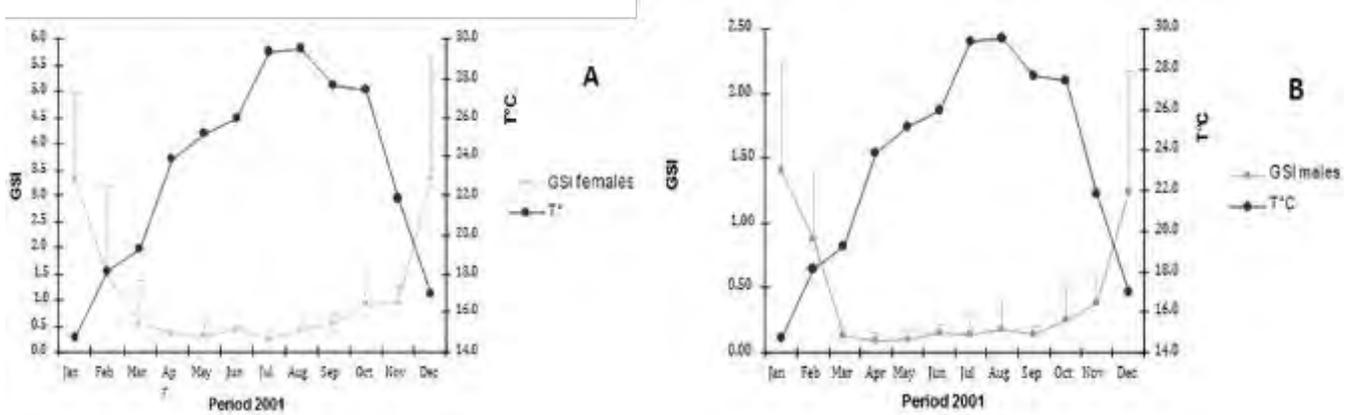


Figura 3 A y B. GSI variaciones: A) hembras y B) machos de (*A. probatocephalus*) y temperatura del agua en el sistema lagunar Boca del Rio-Mandinga. Periodo enero-diciembre 2001.

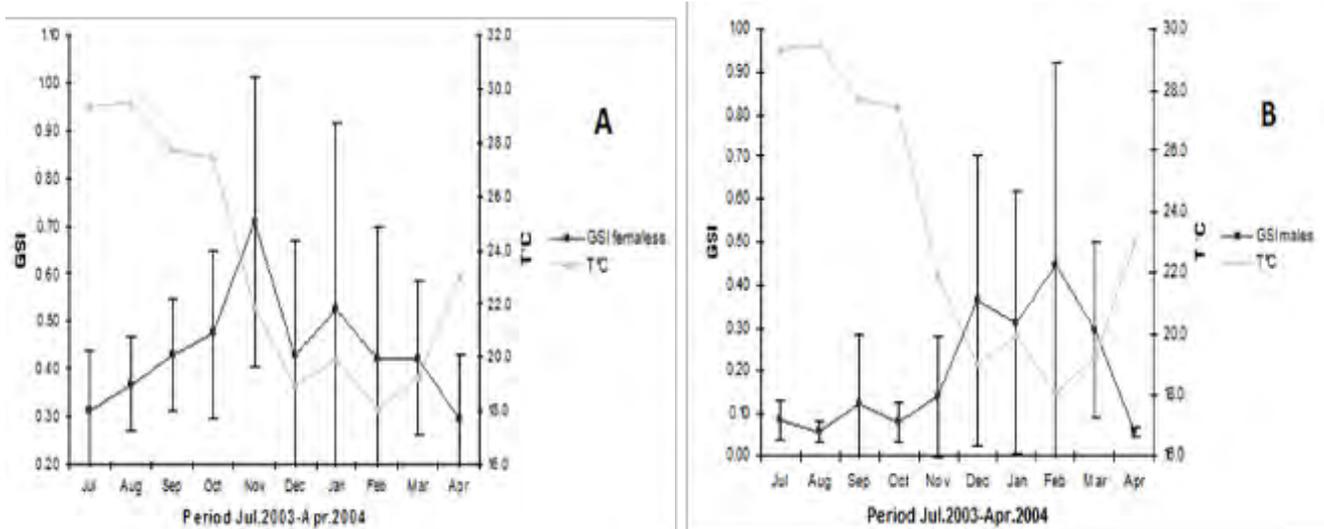


Figura 4 A y B. GSI variaciones: A) hembras y B) machos de (*A. probatocephalus*) y temperatura del agua en el sistema lagunar Boca del Rio-Mandinga. Periodo julio 2003-abril 2004.

La Figura 5 A y B, muestra que el periodo reproductivo del sargo en el área de estudio es en la temporada de invierno en los dos periodos muestreados. De acuerdo con la prueba de Kolmogorov, la distribución de los datos en los machos es anormal, sin embargo, una comparación de las frecuencias del índice gonadosomático entre los periodos en machos, mostró que no hubo diferencias significativas de acuerdo a una prueba de Mann-Whitney ($U=0.00$).

Las hembras mostraron una distribución normal de los datos, por lo que se realizó una prueba t-S mostrando que sí hubo una diferencia significativa en el comportamiento reproductivo entre los dos periodos en las hembras ($T=3.52$). El rango de tallas del sargo fue similar que el reportado por McDonough et al. (2011) en el sureste de Estados Unidos con

rangos de 102 mm a 605 mm de longitud furcal en un periodo de 15 años. El rango de longitud parece depender del área y método de muestreo.

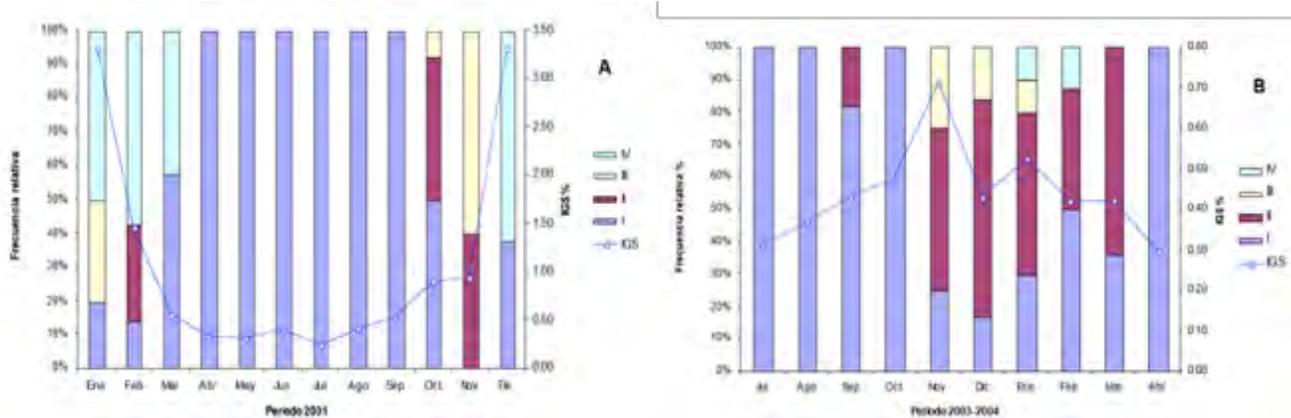


Figura 5 A y B. Porcentaje de las diferentes fases reproductivas en hembras durante A) periodo 2001 y B) periodo 2003-2004.

El desarrollo del ovocito en el sargo muestra el mismo patrón de crecimiento reportado por otros teleosteos marinos y de agua dulce; Nagahama et al. (1995); El desarrollo está dividido en crecimiento primario, crecimiento secundario, maduración y regresión. Durante el crecimiento la fase de ovogonias son identificadas como nidos celulares. Se sugiere que los grupos de ovogonias están siempre presentes para el reclutamiento, lo cual es importante para especies con múltiples desoves. Tyler y Sumpter (1996) mencionan que durante el crecimiento de ovogonias a ovocitos perinucleolares, hay una intensa síntesis de ARN y la formación de los cuerpos de Balbiani. Ovocitos con inclusiones lipídicas fueron observados y son similares a aquellos descritos por Micale et al. (1996), para otra especie Sparidae (*Diplodus puntazzo*). La aparición de inclusiones lipídicas muestra el inicio de la vitelogénesis endógena y al término de la acumulación lipídica inmediatamente empieza la vitelogénesis exógena (Kokokiris et al., 1999). Diferentes autores generalmente separan tres fases de vitelogénesis (Matsuyama et al., 1991; Tyler y Sumpter, 1996). Sin embargo, McDonough et al. (2011) dividieron la madurez sexual de las hembras de sargo en cuatro estadios de desarrollo del ovocito (crecimiento primario, ovocitos en alveolo cortical, ovocitos en vitelogénesis y ovocitos en maduración final).

Tucker y Barbera (1987) reportaron el tamaño del ovocito con un diámetro inicial de 400 μm y el diámetro del huevo de 820 μm para *A. probatocephalus*. En este estudio el tamaño del ovocito fluctuó de $87.3 \pm 14.8 \mu\text{m}$ en la primera fase hasta alcanzar $886.9 \pm 92.5 \mu\text{m}$ en el estadio de hidratación-maduración, similar a lo reportado por Micale et al. (1996) para *Diplodus puntazzo* (90 a 460 μm).

La espermatogénesis para *A. probatocephalus* es similar a lo reportado por otros teleosteos, principalmente por los que muestran estructura lobular (Grier, 1981; Quintio et al., 1988;

Grier y Tylor, 1998; Kokokiris et al., 1999). Kokokiris et al. (1999) hizo una descripción en escala microscópica para *P. pagrus*, con lo cual mostró los cambios morfológicos en el testículo durante el ciclo reproductivo. La maduración gonádica en los machos de *A. probatocephalus* empieza con un epitelio germinal continuo que sufre modificaciones mientras el testículo madura.

Las evidencias demuestran que el sargo puede ser hermafrodita, coincidiendo con la sexualidad mostrada por la mayoría de las especies de la familia Sparidae (Micale et al., 1987; Micale et al., 1996; Tobin et al., 1997; Kokokiris et al., 1999; Mihelakakis et al., 2001; Hernandez et al., 2003; Abou-Seedo et al., 2003).

El periodo de reproducción en este estudio para el sargo fue de diciembre a marzo, siendo similar a *Acanthopagrus latus* una especie de la misma familia, encontrada en la bahía de Kuwait (Abou-Seedo et al., 2003). Sin embargo, Tucker (1998), Hildebrand y Cable (1938), Springer y Woodburn (1964), reportaron que la temporada de reproducción de *A. probatocephalus* es durante la primavera de marzo a junio, en la costa del Atlántico de estados Unidos, mientras que McDonough et al. (2011) reporta que el período de reproducción es de diciembre a mayo en el sur de las costas del Atlántico de Estados Unidos. El GSI para *Acanthopagrus latus* fue 8% para las hembras y 4.5% para los machos (Abou-Seedo et al., 2003), difiriendo de los valores observados para *A. probatocephalus*, en el presente estudio. Render y Wilson (1992) no pudieron identificar eventos de valores del índice gonadosomático con respecto al tipo de sexualidad, donde los valores sólo corresponden con la examinación histológica de las gónadas respecto al desarrollo gonádico, el pico y cesación de la actividad de desove, como fue reportado en este estudio. Durante la gametogénesis diferentes factores influyen en el grado de maduración, siendo la temperatura como uno de los principales factores que juegan un importante rol en la maduración de hembras y machos (De Vlaming, 1982). Tucker (1998), Hildebrand y Cable (1938), Springer y Woodburn (1964), reportaron que la temporada de reproducción de *A. probatocephalus* ocurre cuando la temperatura del agua está en el rango de 20 a 23°C, lo cual coincide con los resultados de este estudio.

Conclusiones

1. La especie *A. probatocephalus* muestra un desarrollo gametogénico similar al de otras especies de la familia Sparidae, donde se identifica que el desarrollo tiene cuatro fases de maduración.
2. La espermatogénesis para esta especie muestra cinco fases de maduración.

3. La talla de primera madurez para los organismos muestreados fue de 268.6 g, con una longitud total de 240 mm.
4. La actividad reproductiva ocurre de diciembre a marzo, con presencia de organismos desovados y maduros, correspondiendo a los meses fríos en el sistema lagunar Boca del Río-Mandinga, con temperaturas del agua entre 20 y 26°C.
5. La proporción de sexos fue 0.8:1 (hembra:macho).

Literatura citada

- Abou-Seedo, F. S., S. Dadzie and A. Al-Kanan. 2003. Sexuality, sex change and maturation patterns in the yellow fin sea bream, *Acanthopagrus latus* (Teleostei: Sparidae) (Houttuyn, 1782). *Journal of Applied Ichthyology*. 19:65-73.
- Brown-Peterson, N. J., D. M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. J. Macewicz and S. K. Lowerre-Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*. 3:1, 52-70, DOI: 10.1080/19425120.2011.555724
- De Vlaming, V. L., G. Grossman and F. Chapman. 1982. On the use of the gonadosomatic index. *Comparative Biochemical Physiology*. 73A: 31-39.
- Grier, H. J. 1981. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *American Zoology*. 21:345-357.
- Grier, H. J. and R. G. Taylor. 1998. Testicular maturation and regression in the common snook. *Journal of Fish Biology*. 53:521-542.
- Hernández, M. D., M. A. Egea, F. M. Rueda, F. J. Martínez and B. García-García. 2003. Seasonal condition and body composition changes in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) raised in captivity. *Aquaculture*. 220:569-580.
- Hildebrand and Cable. 1938. Development of fishes of the mid-Atlantic bight (An atlas of egg, larval and juvenile stages). En: Biological Services Program. 1978. Fish and Wildlife Service (Department of the interior). USA.
- Kokokiris, L., S. Bruslé, M. Kentouri and A. Fostier. 1999. Sexual maturity and hermaphroditism of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae). *Marine Biology*. 134:621-629.
- Luna, L. 1968. Manual of histology staining methods of the Armed Forces Institute of Pathology. Luna L. (ed). McGraw Hill Book Company. 258 p.

- McDonough, C. J., C. A. Wenner, and W. A. Roumillat. 2011. Age, growth, and reproduction of sheepsheads in South Carolina. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science* 3:366-382.
- Matsuyama, M., Y. Nagahama and S. Matsuura. 1991. Observations on ovarian follicle ultrastructure in the marine teleost, *Pagrus major*, during vitellogenesis and oocyte maturation. *Aquaculture*. 92:67-82.
- Mayer, I., S. E. Sjakley and P. K. Witthames. 1988. Aspects of the reproductive biology of the sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. I. A histological and histochemical study of oocyte development. *Journal of Fish Biology*. 33:609-622.
- Micale, V., F. Perdichizzi and G. Basciano. 1996. Aspects of the reproductive biology of the sharpsnout seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). I. Gametogenesis and gonadal cycle in captivity during the third year of life. *Aquaculture*. 140:281-291.
- Micale, V., F. Perdichizzi and G. Santangelo. 1987. The gonadal cycle of captive white bream, *Diplodus sargus* (L.). *Journal of Fish Biology*. 31:435-440.
- Mihelakakis, A., T. Yoshimatsu, C. Tsolkas. 2001. Spawning in captivity and early life history of cultured red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture*. 199:333-352.
- Nagahama, Y., M. Yoshikuni, M. Yamashita, T. Tokumoto and Y. Katsu. 1995. Regulation of oocyte growth and maturation in fish. *Current Topics on Developmental Biology*. 30:103-145.
- Ocampo-Cervantes J. A. 2002. Desarrollo gonádico y actividad reproductiva de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Teleostei: Serranidae) en la bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis. Maestría CICIMAR-IPN. 77 p.
- Quinitio, G. F., H. Takahashi and A. Goto. 1988. Annual changes in the testicular activity of the river Sculpin, *Cottus hangiongensis mori*, with emphasis on the occurrence of aberrant spermatids during spermatogenesis. *Journal of Fish Biology*. 33:871-878.
- Render, J. H. and C. A. Wilson. 1992. Reproductive biology of sheepshead in the Northern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*. 121:757-764.
- Springer and Woodburn. 1964. Development of fishes of the mid-Atlantic bight (An atlas of egg, larval and juvenile stages). En: *Biological Services Program*. 1978. Fish and Wildlife Service (Department of the interior). USA.
- Tobin, A. J., M. J. Sheaves and B. W. Molony. 1997. Evidence of protandrous hermaphroditism in the tropical sparid *Acanthopagrus berda*. *Journal of Fish Biology*. 50:22-33.

Tucker and Barbera. 1987. Marine Aquaculture. Kluwer Academic Publisher. USA.

Tucker, John W. 1998. Marine Fish Culture. Kluwer Academic Publisher. USA.

Tyler, C. R. and J. P. Sumpter. 1996. Oocyte growth and development in the teleosts. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 6:287-318.

Tyler, C. R., J. P. Sumpter and P. R. Whitthames. 1990. The dynamics of oocyte growth during vitellogenesis in the rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). Biology of Reproduction. 43: 202-209.

Wallace, R. A., and K. Selman. 1981. Cellular and dynamics aspects of oocyte growth in teleosts. American Zoology. 21:325-343.

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS FISICOQUÍMICOS DURANTE EL ESTERILIZADO DE LA CARNE DE JAIBA AZUL (*Callinectes sapidus*)

Wendy Marisol Mazón Abarca³⁴⁰, José Alberto Ramírez de León³⁴¹, Gonzalo Velázquez de la Cruz³⁴²

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del esterilizado de la carne de jaiba sobre sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas. Se utilizó carne despicada y pasteurizada, una autoclave con sistema computarizado y frascos pyrex con rosca. Se determinaron atributos de color, textura, sabor y pH tanto en fase sólida como líquida. La carne de jaiba se esterilizó a 121°C por 35 minutos con concentraciones de EDTA al 0.007%, pirofosfato al 0.3%, ácido cítrico al 0.05% y metabisulfito de sodio al 0.01%. Los aditivos empleados conservaron los atributos de color y evito la formación de estruvito, el ácido cítrico y el metabisulfito de sodio afectaron negativamente la textura y el sabor respectivamente.

Palabras clave: Esterilizar, jaiba azul, aditivos, textura, color, propiedades organolépticas

Introducción

La esterilización se emplea cuando se precisa una conservación a largo plazo, resultando un tratamiento muy enérgico. Se trata de una operación a realizar con alimentos introducidos en recipientes cerrados, que posteriormente se someten a los efectos del calor proporcionado por una autoclave, que siempre alcanza temperaturas superiores a 100°C. Que con una adecuada combinación del binomio temperatura-tiempo permite la destrucción de los microorganismos patógenos y de todos aquellos que producen toxinas, así como algunos otros que podrían ocasionar problemas de estabilidad bajo condiciones normales de almacenado o manipulación y pueden alcanzar una duración de por lo menos dos años para su vida media comercial (Footitt, 1995).

³⁴⁰Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa – Aztlán. *Autor de correspondencia: wm.mazon.a@gmail.com

³⁴¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas.

³⁴² ³Instituto Politécnico Nacional C I C A T A - Unidad Querétaro.

La intensidad del tratamiento térmico aplicado y las condiciones bajo las que se realizan son factores que pueden ser determinantes de dos tipos de cambios: unos de naturaleza física, externos y visibles, generalmente motivados por alteraciones en la coloración, la consistencia o en el sabor; otros de naturaleza química, que por lo general no se traducen en modificaciones externas, normalmente vinculadas a modificaciones en los componentes químicos, y que pueden adquirir especial relevancia cuando las sustancias afectadas son responsables de la calidad nutritiva o sensorial del producto alimenticio (Gutiérrez, 2001).

La problemática de este proceso son los cambios que se presentan durante este método, ya que se manejan temperaturas de 80°C a 121°C, de 15 a 45 minutos (Quitral et al., 2003), pero la recomendación oficial en Estados Unidos es de 108.9°C por 95 minutos. Un proceso más suave no esteriliza el producto y un exceso de calor causa cambios de color y de aroma. Es por ello que esta investigación, se centró en controlar y evaluar, empleando diseños experimentales de tiempo – temperatura, así como evitar la formación de estruvito, cuidando las condiciones de esterilización.

Materiales y Métodos

Se utilizó jaiba azul, capturada en la laguna madre de Tamaulipas, adquirida en presentación de carne despicada y pasteurizada en copas de plástico, de la planta procesadora PREFALEGO del municipio de San Fernando, Tamaulipas. Las copas pasteurizadas se transportaron en hieleras con hielo triturado. El lugar de procesamiento fue en el laboratorio de tecnología de alimentos de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa–Aztlán. Se almacenaron en refrigeración hasta el momento del proceso (menos de 24 horas).

Los aditivos tanto el ácido cítrico como el metabisulfito de sodio utilizados adquirieron con Marc Chemical de México S.A. de C.V. (Ecatepec, Estado de México Vicente Guerrero N°135 Col. Urbana). El pirofosfato ácido de sodio y EDTA, nos lo proporcionó Químicos del Bajío (Querétaro), todos de grado alimenticio. Se emplearon frascos de vidrio Pyrex de 100 ml con tapa de rosca plástica y tolerancia a temperaturas de hasta 140°C.

Se compró una autoclave con sistema computarizado a la compañía Multisistemas y controles S.A. de C.V., permitiendo así establecer distintas temperaturas y presiones, así como la función de espreado, el cual una vez esterilizada la carne, rociaba agua sobre los frascos, bajando con ello su temperatura a condiciones ambientales y tres termocoples, que permitieron monitorear la temperatura interna de la carne durante la esterilización.

Para el proceso de esterilización, se llenaron los frascos de vidrio de 100 ml con 50 g de carne, después se añadieron 60 mL de la salmuera que correspondía a la concentración seleccionada, esta prueba se realizó por triplicado. Los frascos cerrados se colocaron dentro

de la autoclave previamente acondicionada para el arranque, se procedió a programarla de acuerdo a la temperatura y tiempo de esterilización del diseño experimental.

La reflectancia de la carne de jaiba azul (*Callinectes sapidus*), se determinó con un colorímetro portátil (Hunter Lab, MiniScan Xe plus, modelo 45/0-L, Reston VA, USA). Se realizó en forma directa de los frascos antes y después de esterilizar por triplicado, se calibró el equipo con una teja blanca y una negra, identificadas como estándares. Los parámetros obtenidos por el instrumento (L^* , a^* y b^*), se utilizaron para calcular los valores de C^* y h° respectivamente de acuerdo a las ecuaciones siguientes:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \qquad h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

La prueba de textura se efectuó con un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Viena Court, England) en un contenedor de muestra de 5 cm de diámetro y una sonda con un disco compresor de 3.5 cm de diámetro montado en una placa - base para dicho contenedor. Las muestras se dividieron en porciones de 30 y 60 gramos, se presionaron hasta 80% de la altura inicial, a una velocidad de 1 mm/s, se determinó la fuerza de ruptura o fractura (g) y distancia (cm). Se realizaron 6 repeticiones para cada evaluación. Los datos generados se analizarán con el software que incluye el equipo.

El pH de las muestras fue determinado antes y después de esterilizar la carne de jaiba, se calibró el equipo utilizando los buffers 4, 7 y 10, se tomó una alícuota la cual se agitó a una temperatura de 20°C, se sumergieron los electrodos en la muestra cubriéndolos por completo con la muestra, se realizó la lectura de pH y se retiraron los electrodos, lavándolos con agua destilada para eliminar residuos de estos.

La evaluación sensorial se realizó con tres panelistas semi-entrenados, los cuales compararon las características de la carne de jaiba esterilizada comercialmente contra la esterilizada en el laboratorio.

Resultados y Discusión

Los efectos por el uso de aditivos en pH y el color al emplear ácido cítrico y metabisulfito de sodio ambos en un rango de 0 a 0.5%, pirofosfato de sodio al 0.3% y EDTA al 0.007 (Figura 1).

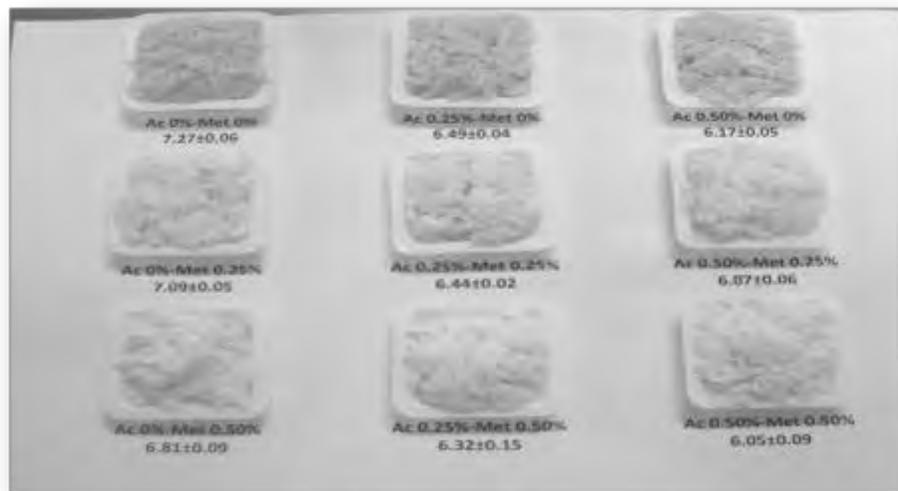


Figura 1. Efectos en la coloración y pH en la carne de jaiba por la concentración de ácido cítrico y metabisulfito de sodio.

Al incrementar la concentración de ácido cítrico, la carne se acidificó ya que comparándola con el control (primer línea de izquierda a derecha) disminuyó el pH de 7.27 a 6.17, sin embargo el oscurecimiento persistió. Se ha reportado que el uso de este ácido es de libre empleo y se usa por varias empresas mientras procesan a los cangrejos de río, disminuyendo la deshidratación y previniendo la oxidación tanto de crustáceos y pescado.

Para la muestra sin ácido cítrico y elevada concentración de metabisulfito mostró blanqueamiento en la carne, sin embargo, presentó un sabor intenso a metal, tal como lo mencionan Erkan et al. (2007), que la presencia de esta sal mejora las propiedades sensoriales y la calidad del producto, sin embargo, no es recomendable emplear más de la cantidad permitida, puesto que provoca complicaciones en la salud de manera severa.

El análisis sensorial nos permitió conocer el grado de aceptación por parte del consumidor del sabor, olor, color de la carne procesada. Los resultados obtenidos se graficaron, donde se observa que a medida que la concentración de metabisulfito se incrementa el sabor a jaiba disminuye, dejando un sabor en el paladar a metal. Sin embargo, a medida que la concentración de ácido cítrico aumenta se mejora el sabor, sin afectar el sabor a carne de jaiba, es más lo potencializa (Mol y Türkmen, 2010) (Figura 2).

En la determinación de estruvito, se obtuvieron resultados favorables al no encontrarlo en las muestras evaluadas, debido a que no se sobrepasó del ambiente ácido sugerido en la literatura, pH de 6.4 a 7.7 (Dempsy, 1997).

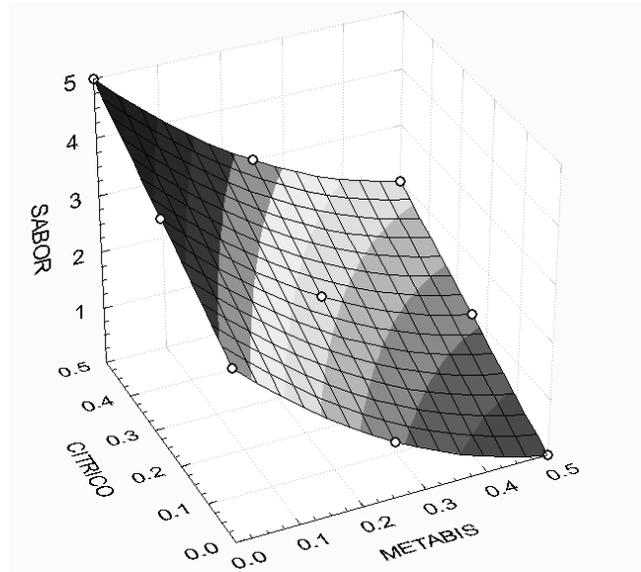


Figura 2. Gráfica de la evaluación del sabor en base a la concentración ácido cítrico y metabisulfito de sodio.

La textura se vio afectada por la acidificación del producto. La carne de jaiba esterilizada, adicionada con 0.5% de ácido cítrico, presentó una textura fibrosa, poco jugosa y por ende poco apetitosa, impactando de manera negativa la aceptación sensorial del producto. En el caso de los productos marinos, el tratamiento térmico que se les aplica, ocasiona la ruptura de óxido de trimetilamina y de algunos aminoácidos, con ello se presenta un incremento del pH por la liberación de aminas otorgándoles un carácter básico (Quitral et al., 2003). También por efecto del calor se produce reacción entre aminoácidos y azúcares reductores, conocida como reacción de Maillard, la que presenta la desventaja de disminuir el valor nutritivo de los alimentos debido a la disminución de su disponibilidad proteica.

Conclusiones

1. El empleo de aditivos en la carne de jaiba, mejoró sus propiedades sensoriales e incrementó la calidad del producto.
2. La temperatura y tiempo adecuado para obtener una carne de jaiba con las características fisicoquímicas y organolépticas aceptables para el consumidor fueron: 121°C por 35 minutos.
3. Se estableció la formulación de la salmuera, que previene la reacción de oscurecimiento en el esterilizado de la carne de jaiba.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme una beca de manutención a para dedicarme de tiempo completo a la realización de este trabajo y al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del estado de Tamaulipas por el apoyo brindado para la realización de este estudio a través del proyecto TAMPS.2008-C17-105637.

Literatura citada

Dempsey, B.A. 1997. Removal and re-use of ammonia and phosphate by precipitation of struvite. In: Proceedings of the 52nd Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette, Ind., 5–7 May, Ann Arbor Press, Chelsea, Mich. 32–45 pp.

Erkan, N., Özden, Ö., Alakavuk, D.Ü., Tosun, Y., Varlik, C. and Baygar, B. 2007. İstanbul’da satılan karideslerin sodyum metabisülfid düzeyinin tespiti. J. Fisheries Sciences. 1:26–33.

Footitt, R.J. 1995. Lewis A.S., Enlatado de pescado y Carne, Editorial Acribia, España. 193–226 pp.

Gutiérrez, B.J. 2001. Calidad de vida, alimentos y salud humana: Fundamentos Científicos, Editorial Díaz De Santos, Madrid, España. 315–320 pp.

Mol, S. and O. A. Türkmen. 2010. Effect of sodium metabisulfite and citric acid on the quality of crayfish (*Astacus leptodactylus*). Journal of Muscle Foods 21:327–342.

Quitral, V.; L. Abugoch, J. Vinagre, A. Guarda, M. Larraín y G. Santana. 2003. Efecto de tratamientos térmicos sobre las características químicas de carne de jaiba mora (*Homalaspis plana*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 53:90–95.

DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT DEL CANGREJO AZUL DE TIERRA *Cardisoma guanhumi* EN EL SISTEMA LAGUNAR ALVARADO

José Francisco Rendón-Hernández³⁴³, María de Lourdes Jiménez-Badillo³⁴³ y Carlos Iván Pérez-Rostro³⁴⁴

Resumen

El cangrejo azul se distribuye a lo largo de la costa este de América, desde USA a Brasil, incluyendo las islas del Caribe; se ha reportado que a lo largo de su distribución en México las poblaciones de esta especie se encuentran seriamente amenazadas debido al cambio de uso de suelo en bosques costeros y manglares, falta de un marco legal específico y la construcción de carreteras, entre otros. Para entender el estado que guardan las poblaciones se han hecho diversos esfuerzos estudiando algunos aspectos como su reproducción, cultivo larvario y ecología poblacional; sin embargo, lo realizado desde la investigación aún es incipiente y no ha sido aplicado en recomendaciones para el manejo de la especie. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue conocer la distribución y la abundancia, a fin de generar información para la toma de decisiones. La zona de estudio fue el sistema lagunar Alvarado (SLA) en el Golfo de México, se determinó la distribución y la abundancia por medio de sistemas de información geográfica y de información de actores clave obtenida por medio de entrevistas libres; la superficie de distribución estimada fue de 1 901.86 ha, se encontró que la distribución está restringida a las lagunas Camaronera, Buen País y Alvarado, así como a una parte del río Papaloapan. Se encontró que el hábitat de la especie ha sufrido daños severos y que una parte de la población se encuentra en zonas fácilmente inundables. En términos generales se encontró que las poblaciones de *C. guanhumi* en el SLA son muy vulnerables ante la destrucción de su hábitat y los efectos del cambio climático lo cual debe ser considerado en las medidas que se tomen para el manejo de la especie.

Palabras clave: cangrejo azul de tierra, *Cardisoma guanhumi*, distribución, Hábitat, vulnerabilidad

³⁴³ Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías - Universidad Veracruzana, *Autor de correspondencia: ingfrank01@gmail.com

³⁴⁴ Laboratorio de Mejoramiento Genético y Producción Acuícola. Instituto Tecnológico de Boca del Río.

Introducción

En México, el cangrejo azul de tierra *Cardisoma guanhumi* ha sido empleado como alimento desde la época prehispánica (300-600 d.C.) (Rodríguez-Galicia et al., 2017) y en la actualidad es un recurso que sustenta una pesquería artesanal con una alta demanda debido a la cultura gastronómica, esto se debe principalmente al alto porcentaje de carne que presenta en relación al cuerpo y al agradable sabor de esta, además de ser altamente nutritiva (76.6 % de proteína en peso seco) (Oshiro et al., 1999).

De acuerdo con SAGARPA (2012), *C. guanhumi* está integrado junto con *Ucides cordatus* en la pesquería artesanal cangrejos semiterrestres, misma que se ha clasificado como una pesquería en deterioro debido a que exhibe una disminución en las capturas desde 1998. Por lo anterior, el gobierno Mexicano, ha regulado los permisos de pesca comercial y ha establecido un periodo de veda en las aguas estuarinas y marinas de jurisdicción federal adyacentes al Estado de Veracruz, del 15 de agosto al 30 de septiembre de cada año (DOF, 2016) a fin de proteger a la especie durante la época de reproducción. Pese a lo anterior, estas medidas no han sido suficientes, por lo que SAGARPA (2012) recomienda que se elabore un plan de manejo pesquero específico para cada especie, de manera que se cuente con toda la información necesaria para la toma de decisiones (tallas mínimas y máximas de captura, cuotas de captura, periodos de veda, zonas de captura, zonas de protección, etc.) con el propósito de mantener una explotación sustentable.

Cuando se inicia el estudio de una población, el primer dato que se tiene que conocer es la distribución, ya que a partir de esta determinación se puede delimitar el esfuerzo que se aplicará en la gestión del recurso, así como en la estimación de otros parámetros poblacionales importantes. En este sentido, la distribución de *C. guanhumi* ha sido estudiada ampliamente en Bahamas (Lutz y Austin, 1983), Brasil (Silva y Oshiro, 2002), Cuba (Gimenez y Acevedo, 1982), EE.UU. (Hill, 2001), Puerto Rico (Rodríguez-Fourquet y Sabat, 2009) y Venezuela (Carmona-Suárez, 2011). En México, *C. guanhumi* se encuentra en todas las lagunas costeras del Golfo y Mar Caribe, pero solo en algunas es explotado como recurso alimenticio. Debido a esto, los esfuerzos por conocer las características ecológicas del recurso son muy escasos (Salinas-Sampedro, 2012; Hernández-Maldonado, 2013). Por lo que el conocimiento de estos aspectos es aún incipiente.

Materiales y Métodos

El SLA está integrado por 28 lagunas, ríos y arroyos permanentes y temporales, se localiza en la zona costera central del Estado de Veracruz y se extiende longitudinalmente 26 km a lo

largo de la llanura costera del Golfo, tiene un ancho aproximado de 4.5 km y una extensión de 8 500 ha (Castañeda y Contreras, 1994). La parte estuarina del SLA está conectada al mar por dos canales, el principal y más grande ubicado en la localidad de Alvarado es de tipo natural, el segundo es un canal artificial compuesto por 2 tubos de 2 metros de diámetro que permite el intercambio de agua por movimiento de mareas de laguna camaronera con el mar.

La estimación de la distribución de *C. guanhumi* en el SLA se realizó en dos etapas: 1) se evaluaron los posibles sitios de ocurrencia de la especie considerando la información proporcionada por quienes se dedican a la captura, así como sus preferencias de hábitat descritas en Oliveira (1946), Gifford (1962) y Schubart et al. (2000); y 2) se realizaron observaciones in situ corroborando la presencia de madrigueras habitadas de la especie; los polígonos de distribución fueron registrados con un GPS GARMIN® GPS60. Para describir el hábitat se traslaparon los datos de uso de suelo y vegetación publicados por CONABIO (2016) con los polígonos de distribución, esto se realizó en el software ARcMap 10.1.

Resultados y Discusión

La superficie de distribución estimada en la primera etapa fue de 2 162.19 ha, mientras que la estimada con las comprobaciones in situ fue de 1 901.86 ha, de las cuales 31.1% corresponde a Laguna Camaronera, 26.1% a Laguna Buen País y 42.8% a Laguna Alvarado. De acuerdo al uso de suelo y vegetación, la superficie de distribución se clasificó de la siguiente manera: agrícola– pecuaria (25.3%), desarrollo antrópico (1.2%), manglar (32.1%), manglar perturbado (0.9%), otra vegetación (14.8%), sin vegetación (0.1%) y humedales (25.6%).

Más de 523 ha (27.5%) se encuentran en áreas perturbadas por actividades antrópicas (agrícola-pecuario, desarrollo antrópico, manglar perturbado y sin vegetación), lo que significa que esta parte de la población pudiera estar más impactada en sus parámetros poblacionales. Govender (2007) y Govender et al. (2008) concluyeron que, en Puerto Rico el hábitat de *C. guanhumi* se ha visto reducido, por lo que la distribución actual se restringe a los bordes de manglares (rojo y blanco), debido principalmente a los cambios de uso de suelo agrícola a pastizales o desarrollo urbano; por su parte Arroyave-Rincón et al. (2014) en el manglar de la bahía El Uno (Golfo de Urabá, Colombia) encontraron que, por el cambio de uso de suelo de manglar a potrero, existe un efecto de borde que afecta directamente la abundancia. Gifford (1962) determinó que *C. guanhumi* no se encuentra en zona inundables, sin embargo, en este trabajo se registró que 487.19 ha (25.6%) corresponden a humedales; lo anterior pudiera explicarse por la naturaleza de los datos de CONABIO (2016), debido a

que en el campo, estas zonas se encontraban secas. No obstante, no descartamos que estas zonas se inundan en el caso de ocurrir lluvias extraordinarias, como las provocadas por los eventos de huracán, lo que podría ocasionar que esta parte de la población podría desaparecer; debido a que *C. guanhumi*, muere bajo condiciones de anoxia, como lo demuestra el experimento realizado por Herreid et al. (1979). En este contexto, si unimos los datos de áreas perturbadas e inundables, se tiene que 1 010.86 ha (53.2%) se encuentran en lo que denominamos zonas de peligro, lo que le confiere un grado de vulnerabilidad muy alto a las poblaciones de *C. guanhumi* en el SLA.

Conclusiones

1. La distribución de *C. guanhumi* está restringida a las lagunas Camaronera, Buen País y Alvarado así como a una parte del río Papaloapan.
2. El hábitat de la especie ha sufrido daños severos y que una parte de la población se encuentra en zonas fácilmente inundables.
3. Las poblaciones de *C. Guanhumi* en el SLA son muy vulnerables ante la destrucción de su hábitat y los efectos del cambio climático lo cual debe ser considerado en las medidas que se tomen para el manejo de la especie.

Agradecimientos

El primero Autor agradece al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana por la oportunidad de desarrollarse académicamente, al CONACYT por la beca de Doctorado 367178/246465 y a la fundación Evelia Hernández por el soporte económico después de la beca.

Literatura citada

Arroyave-Rincón, A., V. Amortegui-Torres, J.F. Blanco-Libreros y A. Marín. 2014. Efecto de borde sobre la población del cangrejo azul *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) en el manglar de la bahía El Uno, Golfo de Urabá (Colombia): una aproximación a su captura artesanal. *Actualidades Biológicas* 36(100):47-57.

- Bozada, L., y Z. Chávez. 1986. La fauna acuática de la laguna del ostión. En Serie Medio Ambiente Coatzacoalcos, Volumen IX. Centro de Ecodesarrollo, Universidad Veracruzana. México, D.F.
- Carmona-Suárez, C. 2011. Present status of *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Crustacea: Brachyura: Gecarcinidae) populations in Venezuela. *Interciencia-Caracas* 36(12):908.
- Castañeda, I.O. y E.F. Contreras. 1994. Bibliografía comentada sobre Ecosistemas Marinos Mexicanos (Tamaulipas a Veracruz), CONABIO/UAMI/CDELM, Vol. III. 618 pp.
- CONABIO. 2016. Mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares, Región Golfo de México (2015), escala: 1:50000. edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM). Ciudad de México, México.
- DOF. 2016. ACUERDO por el que se establece el periodo de veda temporal para la pesca comercial del cangrejo azul o de tierra (*Cardisoma guanhumi*), en las aguas estuarinas y marinas de jurisdicción federal adyacentes al Estado de Veracruz.
- Gifford, C. 1962. Some observations on the general biology of the land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille) in South Florida. *Mol. Biol.* 123: 207-223.
- Gimenez, E. y M. Acevedo, M. 1982. Relaciones morfométricas y talla de primera maduración del cangrejo de tierra *Cardisoma guanhumi* Latreille en la Ciénega de Zapata. *Rev. Cub. Inv. Pesq.* 7 (3):18-37.
- Govender, Y. 2007. A multidisciplinary approach towards understanding the distribution, abundance, and size of the land crab, *Cardisoma Guanhumi* in Puerto Rico (Doctoral dissertation, Universidad de Puerto Rico).
- Govender, Y., A.M. Sabat, y E. Cuevas. 2008. Effects of land-use/land-cover changes on land crab, *Cardisoma guanhumi*, abundance in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 24(4):417-423.
- Hernández-Maldonado, A. 2013. Aspectos biológicos y poblacionales de *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), en la Laguna de Tampamachoco y Majahual en Tuxpan, Veracruz. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan-UV. 87 pp.
- Herreid, C. F., P.M. O'mahoney y G.M. Shah. 1979. Cardiac and respiratory response to hypoxia in the land crab, *Cardisoma guanhumi* (Latreille). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 63(1):145-151.

- Hill, K. 2001. "Cardisoma guanhumi" Smithsonian Marine Station. Disponible en http://www.sms.si.edu/IRLspec/Cardis_guanhu.htm [consultado el 29 de diciembre de 2012]
- Lutz, P.L., y C.B. Austin. 1983. Land Crabs: A new resource potential. Miami, Florida. USA. 35 Proceedings of the Thirty-Fifth Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute. pp. 6-16. Retrieved from aquaticcommons.org/14037/1/gcfi_35-2.pdf
- Oliveira, L. P. H. 1946. Estudos ecológicos dos crustáceos comestíveis Uçá e Guaiamu, *Cardisoma guanhumi* Latreille e *Ucides cordatus* (L.) Gecarcinidae, Brachyura. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 44(2):295-322.
- Oshiro, L. M. Y., R.D. Silva y C.D. Silveira. 1999. Rendimiento de carne nos caranguejos guaiá, *Menippe nodifrons* Stimpson, 1859 e guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825 (Crustacea, Decapoda, Brachyura) da Baía de Sepetiba/RJ. Acta Biol. Leopoldensia 21(1):83-88.
- Rodríguez-Fourquet, C., y A.M. Sabat. 2009. Effect of harvesting, vegetation structure and composition on the abundance and demography of the land crab *Cardisoma guanhumi* in Puerto Rico. Wetl. Ecol. Manag. 17:627-640.
- Rodríguez-Galicia, B., R. Valadez-Azúa y M. Martínez-Mayén. 2017. Restos de cangrejo rojo (*Gecarcinus lateralis*) y cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*), en el contexto arqueológico teotihuacano de Teopancazco. TIP 20(1):66-73.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Programa rector nacional de pesca y acuicultura, Región III, ficha cangrejo semiterrestre. Disponible en: <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/.21pp>. [consultado en septiembre de 2017].
- Salinas-Sampedro, X. 2012. Distribución espacial de madrigueras del cangrejo azul, *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), en el paraje Los Pollos, Laguna de Sontecomapan, Veracruz. Facultad de Ciencias, UNAM. Distrito Federal, México.
- Schubart, C. D., J.A. Cuesta, R. Diesel and D.L. Felder, D. L. (2000). Molecular phylogeny, taxonomy, and evolution of nonmarine lineages within the American grapsoid crabs (Crustacea: Brachyura). Molecular Phylogenetics and Evolution 15(2):179-190.
- Silva, R.D. y L.M.Y. Oshiro. 2002. Aspectos da reprodução do caranguejo guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille (Crustácea, Decapoda, Gecarcinidae) da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Bras. Zool. 19(2):71-78.



HELMINTOS PARÁSITOS DEL BURRIQUETE, *Anisotremus surinamensis* (Bloch, 1791) DE LOS ARRECIFES DEL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO

Carlos Roberto Blanco Segovia³⁴⁵, Jesús Montoya Mendoza^{345*}, Guillermo Salgado Maldonado³⁴⁶,
Fabiola Lango Reynoso³⁴⁵ y Magnolia Graciela Salcedo Garduño³⁴⁵

Resumen

Se realizó examen helmintológico a 31 peces de *Anisotremus surinamensis* de arrecifes del PNSAV, Veracruz. México. 14 especies de helmintos parásitos fueron recuperadas, 13 especies son nuevos registros de hospedero y 5 son nuevos registros de localidad. El 85% de las especies son endoparásitos e infectan al hospedero por la vía digestiva y 15% son ectoparásitos. Se analizan parámetros parasitarios de prevalencia e intensidad promedio.

Palabras clave: helmintos, parásitos, *Anisotremus surinamensis*

Introducción

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) fue decretado Parque Nacional el 07 de junio de 1994; que consta de 23 estructuras arrecifales (Granados-Barba et al., 2007), cuenta con una importante pesca comercial y actividades turísticas (Ortiz-Lozano et al., 2009); dentro de la pesca comercial del SAV, se pescan más de 89 especies (Jiménez-Badillo et al., 2006), entre ellas se encuentran a los peces de la familia Haemulidae, conocidos también como “Burritos” o “Burriquetes” como es el caso de *Anisotremus surinamensis*, esta especie se distribuye desde la Florida, USA, hasta Brasil, incluyendo Bahamas, Golfo de México, Mar Caribe y Las Antillas (Robins y Ray, 1986), asociados a los arrecifes coralinos, habitando en los fondos rocosos de pendiente pronunciada y se les puede encontrar a una profundidad de entre los 3 a 20 m. Su alimentación es carnívora y nocturna, alimentándose de peces pequeños, crustáceos, moluscos y erizos (Randall, 1967). Además de ser capturado por el hombre, se desconoce cuál es su depredador habitual; se captura con arpón, línea de mano, cimbra y palangre, con talla de captura de 21 a 29 cm y un

³⁴⁵ Laboratorio de Investigación Acuícola Aplicada. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. *Autor de correspondencia: jesusmontoya@itboca.edu.mx

³⁴⁶ Laboratorio de Helmintología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

máximo de 50 cm (Jiménez-Badillo et al., 2006). Por otro lado, se desconocen las relaciones parasitarias de este pez y si existe riesgo zoonótico por su consumo, el presente trabajo analiza las infecciones parasitarias de *A. surinamensis*.

Materiales y métodos

Los peces estudiados fueron obtenidos de la pesca comercial con arpón y anzuelo, que realizan los pescadores de la localidad de Antón Lizardo, Veracruz, México. Se examinaron para estudio helmintológico a 31 peces entre mayo y junio de 2017, provenientes de los arrecifes El cabezo, La blanquilla, Anegada de adentro y Anegada de afuera del PNSAV. Los peces fueron trasladados en contenedores de plástico con hielo al Laboratorio de Investigación Acuícola Aplicada (LIAA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA). Se tomaron datos morfométricos y se aplicó examen helmintológico interno y externo, que incluyó todos los tejidos excepto sangre y huesos siguiendo los criterios de Lamothe-Argumedo (1997).

Los helmintos encontrados se separaron en cajas Petri con solución salina al 0.65%, se fijaron con formalina al 4% caliente, se preservaron en frascos viales con alcohol al 70% para ser teñidos con Carmín de Mayer o Paracarmín, se aclararon con aceite de clavo y se elaboraron preparaciones totales con Bálsamo de Canadá, los nemátodos fueron montados en preparaciones temporales y aclarados con glicerina pura (Vidal-Martínez et al., 2001).

Posteriormente se procedió al estudio morfológico e identificación de los parásitos mediante las claves correspondientes y se calcularon prevalencia e intensidad promedio, siguiendo los criterios de Bush et al. (1997).

Resultados y discusión

Se examinaron 31 especímenes (7 machos y 24 hembras) con longitud total (cm) promedio de 35.2 ± 6.6 (23.5-51.5) y con peso promedio (g) de 890.2 ± 561.6 (220-2,590). En total, se colectaron 742 helmintos distribuidos en 14 especies ubicadas en los cinco grupos de helmintos: Tremátodos 7 (adultos), Monogéneos 2 sp., Céstodos 1 sp. (larva), Nemátodos (2 adultos, 1 larva) y Acantocéfalos 1 sp. (adultos, hembras y machos). La mayor prevalencia correspondió a los tremátodos *Lasiotocus longovatus* (64.5%) y *Cainocreadium* sp. (64.5%); la mayor intensidad promedio fue para el tremátodo *Lasiotocus longicaecum* (9.6 ± 16.9) (Cuadro 1). El 85% de las especies de parásitos llegan a *A. surinamensis* como hospedero definitivo y se infecta por consumo de hospederos intermediarios que contienen las etapas

larvarias de los parásitos encontrados. Los grupos de helmintos fueron similares a las de otros peces marinos de los arrecifes del PNSAV, pero menores en número de especies en comparación a algunos carángidos (Montoya-Mendoza et al., 2017) y de lutjánidos (Montoya-Mendoza et al., 2014a; 2014b; 2016). Debido a que se carece de registro parasitarios para diferentes haemulidos, como *A. surinamensis*; 13 especies corresponde a nuevos registros de hospederos (92%) y 5 corresponden a nuevos registros para Veracruz (35.7%) (Tabla 1). No se observó correlación entre la talla y el número de especies de helmintos ($r^2 = 0.053$) ni entre la talla y el número de helmintos ($r^2 = 0.1467$). Tampoco se observó riesgo zoonótico por el consumo esa especie de hospedero al no registrar larvas enquistadas de *Anisakis* en tejidos del hospedero, como ocurre con otras especies de peces marinos.

Cuadro 1. Prevalencia e intensidad promedio de helmintos parásitos del *Anisotremus surinamensis* de los arrecifes del PNSAV, Veracruz, México. B, Branquias; I, Intestino; n(P %), Prevalencia; IP, Intensidad promedio, *, nuevo registro de hospedero; †, nuevo registro de localidad.

Especies	sitio	n (P %)	IP (\pm sd)	mín-máx
MONOGÉNEOS				
<i>Encotyllabe</i> sp.*	B	1 (3.2)	1 \pm -	1
<i>Choricotille</i> sp. *	B	2 (6.4)	4 \pm 4.2	1-7
TREMÁTODOS				
<i>Cainocreadium oscitans</i> *†	I	16 (51.6)	9.1 \pm 17.2	1-72
<i>Lasiotocus longicaecum</i> *†	I	16 (51.6)	9.6 \pm -16.9	1-67
<i>Lasiotocus longovatus</i> *†	I	20 (64.5)	7.5 \pm 4.6	1-16
<i>Monorchis latus</i> *†	I	12 (38.7)	4.1 \pm 5.2	1-19
<i>Cainocreadium</i> sp.	I	20 (64.5)	7.9 \pm 8.1	1-30
<i>Gonocercella</i> sp*	I	3 (9.7)	3.6 \pm 4.6	1-9
<i>Homalometron</i> sp.*†	I	3 (9.7)	3.6 \pm 2.9	2-7
CÉSTODOS				
<i>Tetraphyllidea</i> *	I	6 (19.3)	3.6 \pm 4.2	1-12
NEMÁTODOS				
<i>Heliconema</i> sp.*	I	5 (16.1)	1 \pm 0	1-1
<i>Hysterothylacium</i> sp.*	I	1 (3.2)	1 \pm -	1
Acuariidae*	I	1 (3.2)	1 \pm -	1
ACANTOCÉFALOS				
<i>Dollfusentis chandleri</i> *	I	7 (22.6)	3.56 \pm 4.2	1-13

Conclusiones

Se aporta registro parasitario de 14 especies de helmintos para *Anisotremus surinamensis*, con 13 nuevos registros de hospedero y cinco nuevos registros para el PNSAV, Veracruz. Los tremátodos son las especies con mayor prevalencia e intensidad promedio. Para el 85.7% de las especies de parásitos el burriquete es hospedero definitivo. Los tremátodos *L. longovatus* y *Cainocreadium* sp., son los parásitos más prevalentes y *Lasiotocus longicaecum* el de mayor intensidad promedio. No hay riesgo zoonótico por el consumo humano de esta especie de pez.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Tecnológico Nacional de México, clave: TNM-6031.17-P.

Literatura citada

Bush, A.O., K.D. Lafferty, J. M. Lotz and A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology oits own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol* 83:575-583.

Granados Barba, A., L.G. Abarca Arenas, y J.M. Vargas Hernández (Eds.), 2007. *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. 304 p.

Jiménez-Badillo, M.L., H. Pérez-España, J.M. Vargas-Hernández, J.C. Cortés-Salinas and P.A. Flores-Pineda. 2006. *Catálogo de especies y artes de pesca del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. CONABIO, Universidad Veracruzana, México. 182 p.

Lamothe-Argumedo, R. 1997. *Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres*. AGT Editor, México D. F. 43 p.

Montoya-Mendoza J., L. Jiménez-Badillo and G. Salgado-Maldonado. 2014a. Helminths of *Ocyurus chrysurus* from coastal reefs in Veracruz, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:957-960.

Montoya-Mendoza J., L. Jiménez-Badillo, G. Salgado-Maldonado and E.F. Mendoza-Franco. 2014b. Helminth parasites of the red snapper, *Lutjanus campechanus* (Perciformes, Lutjanidae) from the reef Santiaguillo, Veracruz, México, *Journal of Parasitology* 100(6):868-872.

- Montoya-Mendoza, J., M.R. Castañeda-Chávez, F. Lango-Reynoso and S. Rojas-Castañeda. 2016. Helminth Parasites of Lane Snapper, *Lutjanus synagris* from Santiaguillo Reef, Veracruz, Mexico. *Journal of Agricultural Science* 8(11):81-88.
- Montoya-Mendoza, J., G. Salgado-Maldonado, M. E. Favila-Castillo, G. Vázquez-Hurtado and M.R. Castañeda-Chávez. 2017. Communities of Helminth Parasites in five Carangidae Species from the Coast of Veracruz, Mexico, Southern Gulf of Mexico. *Global Journal of Science Frontier Research: C, Biological Science* 17(1): 3-13.
- Ortíz-Lozano L., A. Granados-Barba and I. Espejel. 2009. Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected áreas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, México, *Ocean & Coastal Management* 52:317-323.
- Randall, J. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Ocean. Miami* 5:665-847.
- Robins, C.R. and G.C. Ray. 1986. A field guide to Atlantic coast fishes of North America, Houghton Mifflin Company, Boston, USA. 354 p.
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís and E. Mendoza-Franco. 2001. Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico. Academia, Praga. 185 p.

HUACHINANGO *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860) EN EL SUR DE CAMPECHE, SU MADUREZ Y REPRODUCCIÓN

Vequi Caballero Chávez³⁴⁷ y Ana Gabriela Díaz Álvarez³⁴⁷

Resumen

El objetivo de este trabajo fue hacer un análisis de algunos aspectos biológicos, como la madurez y la reproducción, que puedan utilizarse como estrategias para lograr un manejo precautorio de la pesquería de huachinango. Para ello se realizaron 63 muestreos en el año, en los que se estudiaron 5245 ejemplares. El intervalo de longitud furcal (LF) de los organismos recolectados durante el año de muestreo fue de 21.0 a 78.5 cm y el peso varió entre 174.00 g y 8042.00 g; 3081 machos (62.4%), 1860 hembras (37.6%) y 304 de sexo no identificado (5.8%). La temporada de reproducción se presentó de febrero a diciembre con un pico importante de mayo a agosto. De manera precautoria se recomienda aplicar una protección a la especie entre julio y agosto, la captura de organismos adultos de 43 cm de LF en adelante, sin incrementar el esfuerzo de pesca.

Palabras clave: Lutjanidae, palangre, Golfo de México

Introducción

La pesquería del huachinango *Lutjanus campechanus*, es una de las más importantes que se han desarrollado en el Golfo de México, debido a que una parte de su captura se exporta a Estados Unidos, es de gran valor económico ya que genera empleos y una entrada de divisas para el país (Caballero-Chávez, 2015). El Golfo de México y Mar Caribe aportaron 26.2% de la producción pesquera nacional de huachinango, 31.4% de estos registros fueron del estado de Tabasco con una captura anual de 1042.1 t, 21.8% Tamaulipas 723.6 t, Yucatán 15.2%, con 504.7 t, 19.5% Campeche con 645.4 t, 11.1% Veracruz con 367 t y 1.0% Quintana Roo con 32.4 t (CONAPESCA, 2014). *L. campechanus* ha sido objeto de estudios científicos en el Golfo de México, principalmente hacia el Sur en las zonas de Campeche y Yucatán. Posee crecimiento isométrico, el parámetro b de la relación peso longitud esta

³⁴⁷ Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera-Ciudad del Carmen, Av. Héroes del 21 de abril, Col. Playa Norte. Cd. del Carmen, Campeche. vequi60@yahoo.com.mx

alrededor de 3.0 (Smith et al., 1988; Caballero-Chávez et al., 1998, 2001 y Caballero-Chávez, 2015), con un crecimiento individual lento con valores de (k entre= 0.13 y 0.16) (González y de la Rosa, 1988; Leonce-Valencia y Defeo, 1997 y Caballero-Chávez et al., 1998, Caballero-Chávez, 2015). El 50% de los organismos maduran entre los 39 cm y 43 cm de LF (Caballero et al., 1998 y Caballero-Chávez, 2015). En la zona de Texas y Banco de Campeche el periodo máximo de reproducción ocurre de junio a septiembre (Camber, 1955). Según Bradley y Bryan (1975), hay evidencias de un segundo período de desove con menor intensidad en el otoño en el noroeste del Golfo de México. En el Banco de Campeche, el huachinango tiene un período de máxima reproducción de abril a octubre de 2017 (González-y-De-La-Rosa y Ré-Regis, 2001). Caballero-Chávez (2015), para la misma zona encontró puesta de mayo a agosto. A pesar de todos estos estudios es importante señalar que no existe ningún mecanismo de protección y de regulación para la especie, a excepción de permisos de pesca generales para todas las especies de escama. Actualmente se reporta en la ficha de huachinango de la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2012) como un recurso en deterioro, razón por la cual se propuso hacer un estudio que incluyera el análisis de la pesquería, la determinación de puntos de referencia e índices pesqueros, así como parámetros poblacionales que permitan un manejo precautorio de la pesquería. En este trabajo solo se hablará sobre la reproducción y la madurez de este recurso.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en Sabancuy, en el sudeste de Campeche (19° 01' LN y 92° 20' LO), en el Golfo de México. De febrero a diciembre del 2015 se realizaron muestreos biológicos en los sitios de desembarque de las capturas de huachinango, por la mañana y por las tardes, cuando los pescadores regresaban de la pesca al palangre. La toma de muestras se realizó de forma aleatoria en 30 embarcaciones pertenecientes a seis permisionarios dedicados a la pesca del palangre. Se le tomaron los siguientes datos: longitud furcal (LF) con un ictiómetro, con aproximación al milímetro más cercano; el peso eviscerado (PE) con una balanza mecánica de reloj con precisión de ± 25 g. Se determinó el sexo y la fase de madurez mediante observación de las características macroscópicas de los ovarios y testículos, se adaptó la tabla de criterios propuestas por Sokolov y Wong (1973) y Finucane y Collins (1984); para confirmar la fase de madurez se realizó la observación del grado de inflamación del orificio urogenital. Se calculó la proporción de sexos de los organismos en fases I a VI, separando los datos por mes y dividiendo el número de machos entre el número de hembras. Para conocer la distribución de frecuencia de longitud por mes y por sexo se agruparon los datos por intervalos de un centímetro. Se estimó la talla de primera

madurez a partir de los datos de los organismos en fases II a VI, agrupándolos en intervalos de clase de dos centímetros; se obtuvo la frecuencia porcentual acumulada en cada talla y se consideró como talla de primera madurez ($L_{50\%M}$) la que correspondió a 50% de frecuencia acumulada. Se realizó otra estimación por el método de King (1995), que es un modelo sigmoideal para ajustar los datos y cuya ecuación es la siguiente:

$$P = 1/1+\exp (-r (LF-L_m))$$

Dónde:

LF = Longitud furcal.

p = proporción de organismos maduros a la longitud furcal.

r = pendiente de la curva.

L_m = Longitud que corresponde a una proporción de 0.5 o 50% en condición reproductiva.

Primero se obtuvo el número de organismos maduros, utilizando las frecuencias de tallas; también se sacó su proporción y, con base en ella, se ajustaron los observados al modelo sigmoideal antes mencionado. Por el método de mínimos cuadrados, se obtuvo la talla de primera madurez. Para determinar la época de reproducción se utilizaron los datos de hembras y machos por separado, en fases de madurez desde I hasta VI; se calculó el porcentaje correspondiente a cada fase por mes y se consideró como época de reproducción el periodo con mayor porcentaje de organismos en fases IV y V (maduros y en desove).

Resultados y discusión

En 63 muestreos a lo largo del año se obtuvieron datos de 5245 organismos capturados con palangre, la distribución de tallas por trimestre se presenta en la Figura 1, en donde se observa que la estructura de tallas es muy semejante durante los tres primeros trimestres y durante el cuarto trimestre la distribución se modifica notablemente, primero las tallas están entre los 39 y 49 cm de LF, mientras que en el cuarto trimestre la distribución es multimodal con máximos en 29, 34, 48 y 49 cm de LF. La talla promedio observada fue de 45.5 cm, la mínima de 21.0 cm y la máxima de 78.5 cm de LF, con una desviación estándar de ± 10.1 del promedio.

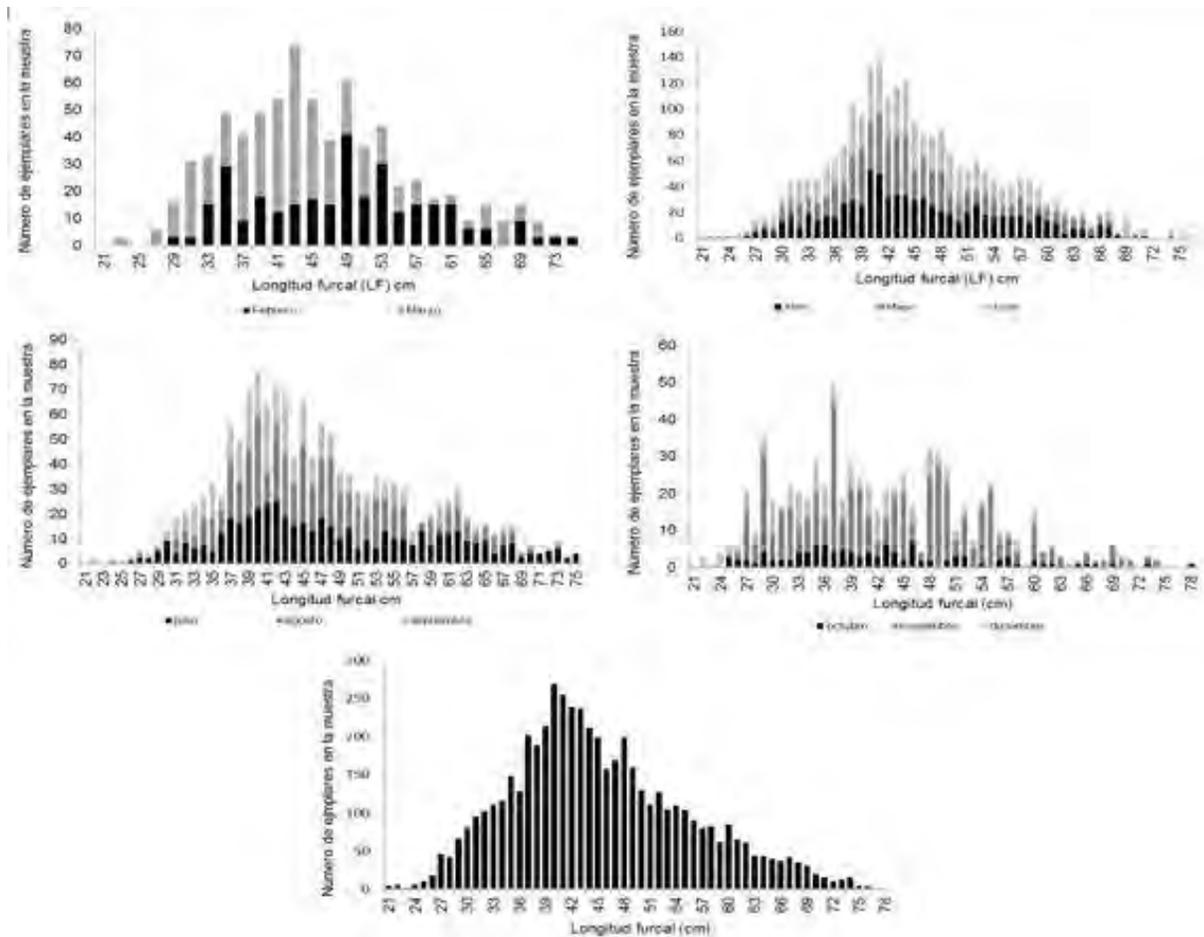


Figura 1. Distribución de tallas palangre de huachinango *Lutjanus campechanus* sur de Campeche 2015.

De la muestra obtenida, 3081 huachinangos fueron machos (62.4%), 1860 hembras (37.6%) y 304 no se identificó el sexo (5.8%). La proporción de machos: hembras (M:H) global varió en el año de 0.87:1 en marzo a 2.2:1 en agosto (Cuadro 1); los machos predominaron sobre las hembras en una proporción promedio de 1.66:1. El intervalo de talla del total de los organismos recolectados durante el año de muestreo fue de 21 a 78.5 cm LF y el peso eviscerado varió entre 174 y 8 042 g. La hembra más pequeña observada midió 21.7 cm LF en marzo y la de mayor tamaño 78.5 cm LF en octubre, el promedio anual fue de 45.1 cm LF (± 11.1 DE); el macho más pequeño observado midió 22.4 cm LF en septiembre, mientras que el de mayor tamaño fue de 76.3 cm LF en junio y el promedio anual fue de 46.3 cm LF (± 9.5 DE). La proporción entre sexos fue diferente entre los meses, en febrero, de mayo a septiembre y en diciembre fue alrededor de 2, en abril, octubre y noviembre fue alrededor de 1.4 y la más baja fue en marzo de 0.87.

Cuadro 1. Relación mensual de machos y hembras de huachinango *Lutjanus campechanus*, en el sudeste de Campeche durante 2015.

Mes	Hembras	Machos	Proporción M:H	Longitud furcal promedio (cm)		Desviación estándar de LF±	
				Machos	Hembras	Machos	Hembras
Febrero	89	192	2.20:1	48.9	49.0	10.5	9.9
Marzo	206	181	0.88:1	45.0	41.3	10.4	9.5
Abril	332	408	1.20:1	46.3	45.6	9.7	8.9
Mayo	247	471	1.90:1	45.6	44.6	10.1	8.4
Junio	261	508	1.90:1	45.8	47.5	12.7	8.5
Julio	168	304	1.80:1	49.3	48.3	13.0	10.5
Agosto	161	359	2.20:1	47.2	47.7	9.5	9.2
Septiembre	120	241	2.00:1	46.1	42.7	10.3	9.0
Octubre	43	53	1.20:1	44.0	42.1	12.1	11.0
Noviembre	174	251	1.40:1	44.7	42.8	9.7	11.1
Diciembre	59	113	1.90:1	42.9	37.7	11.2	9.9
Anual	1860	3081	1.66:1	46.3	45.1	11.1	9.5

La talla de primera madurez ($L_{50\%M}$) en las hembras fue 42.0 cm LF y en los machos 44.0 cm LF, y ambos 43.0 cm de LF tomando como base las proporciones acumuladas Figura 2, y 46.9 cm LF para ambos sexos por el método de King (1995), Figura 3. La hembra en fase IV más pequeña fue de 26.5 cm LF y el macho de 24.5 cm LF. Se encontró por el método de frecuencia acumulada que el 44.8% de los organismos muestreados están por debajo de ($L_{50\%M}$) y por el método de King 60.1%. Esta información fue similar a la obtenida en investigaciones realizadas en otros años ($L_{50\%M}$) 43 cm de LF en 1998, aunque difiere de la obtenida en 2015 ($L_{50\%M}$) 39 cm de LF. La diferencia entre los métodos puede deberse a la propia naturaleza del método, el método de King (1955) da los valores con mayor exactitud, debido a que hace un ajuste de los valores observados.

Durante los muestreos de *L. campechanus* en el sur de Campeche se encontró actividad reproductiva de la fase II a la IV de febrero a diciembre, la proporción de organismos maduros se incrementó a partir de mayo, alcanzó el máximo en junio, seguido de tres meses abundantes julio a septiembre y terminó en diciembre (Figuras 4 y 5). Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores que mencionan que la actividad reproductiva va de abril a octubre (González-y-De-La-Rosa, 1988), Camber (1955), la registró de junio a septiembre en Texas y en el banco de Campeche, mientras que Bradley y Bryan (1975), mencionan un segundo período reproductivo en otoño de menor intensidad, al encontrar en

su investigación organismos en proceso de maduración en noviembre en el noroeste del Golfo de México.

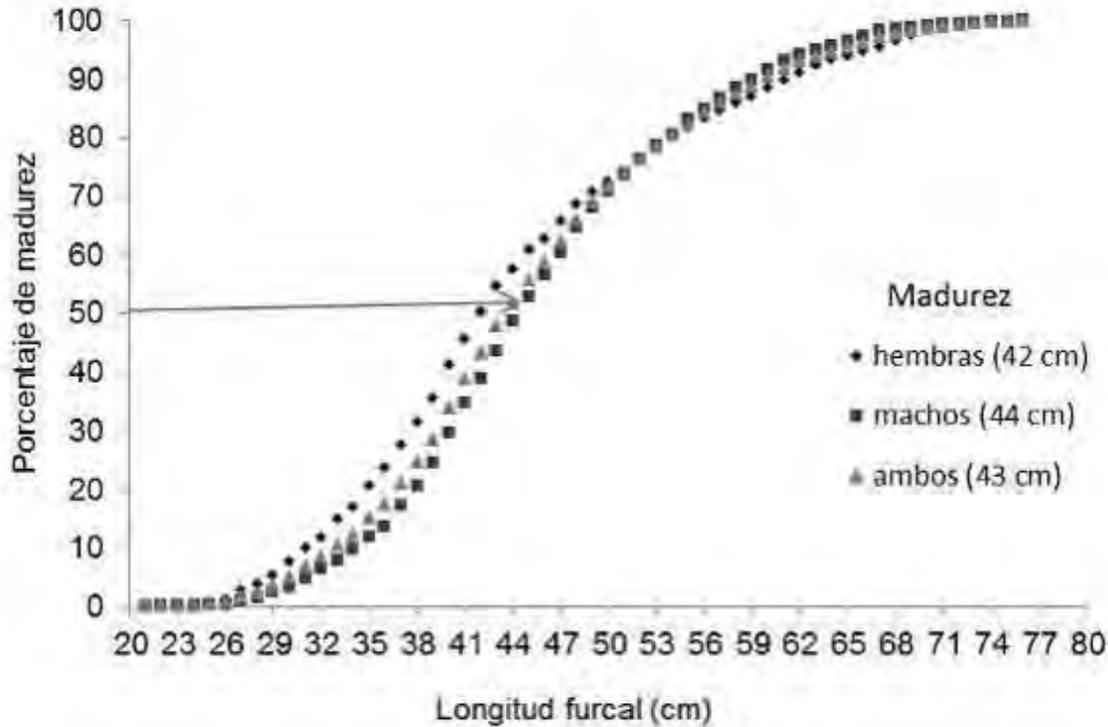


Figura 2. $L_{50\%M}$ de madurez para *Lutjanus campechanus* en el sur de Campeche 2015.

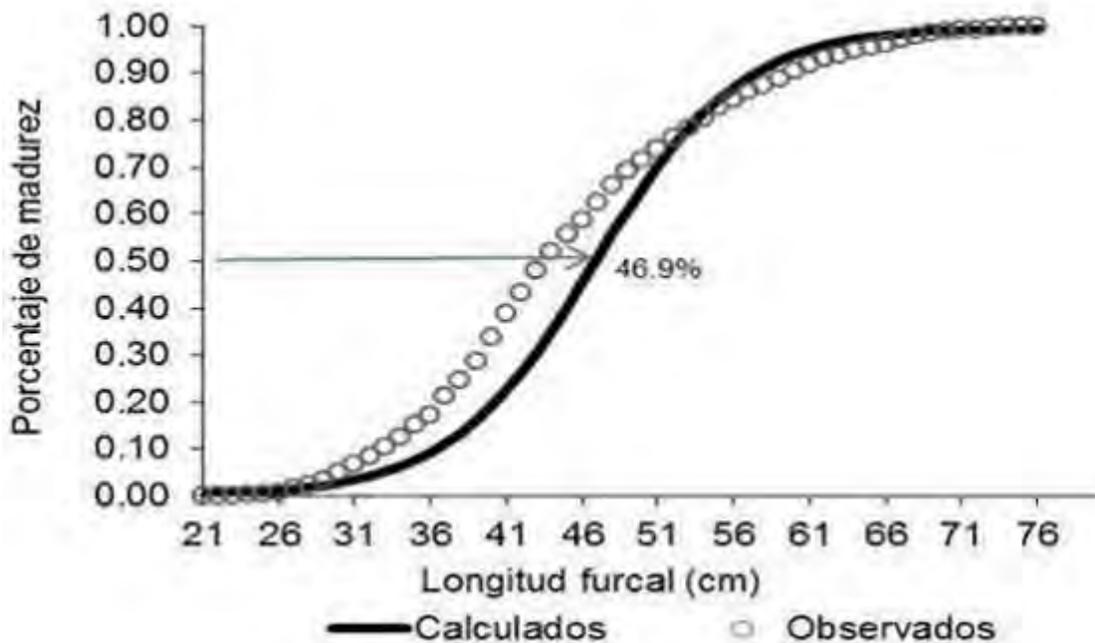


Figura 3. $L_{50\%M}$ de madurez para *Lutjanus campechanus* en el sur de Campeche 2015.

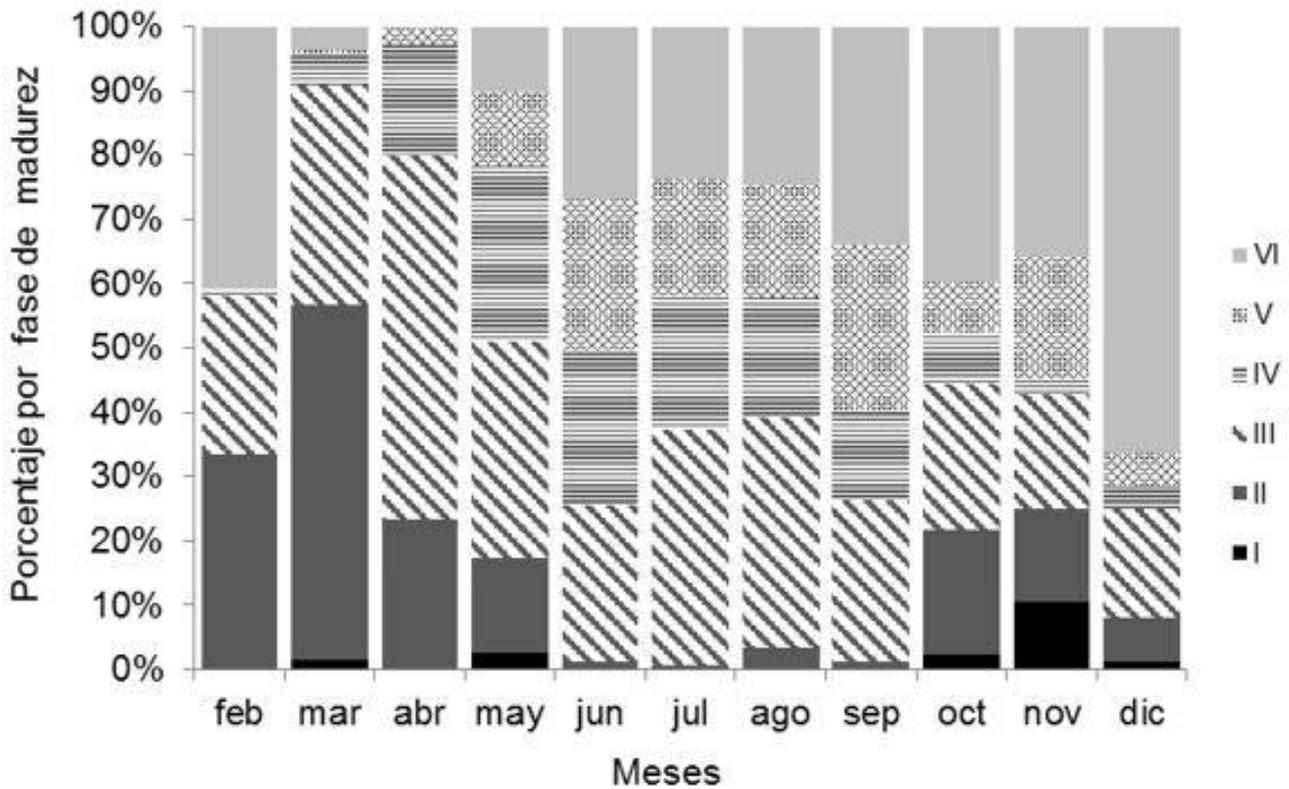


Figura 4. Actividad reproductiva de huachinango *Lutjanus campechanus* en el sur de Campeche 2015.

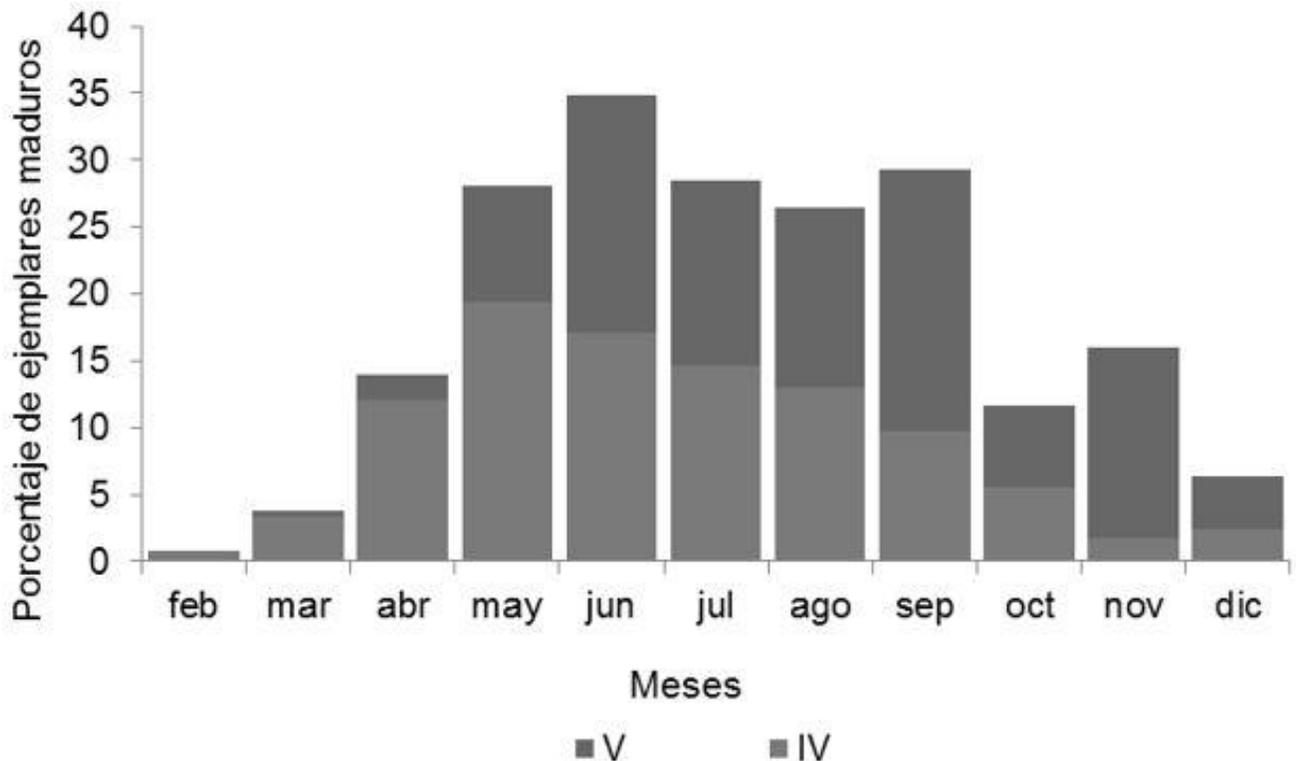


Figura 5. Época de reproducción de huachinango *Lutjanus campechanus* en el sur de Campeche 2015.

Conclusiones

1. La talla de primera madurez de *L. campechanus* bajo estudio fue de 43.0 cm de LF por frecuencia acumulada y de 46.9 por el modelo de King, 1995, es importante que se capturen organismos desde 43 cm de LF en adelante y buscar mecanismos para reducir de manera sostenida la captura organismos maduros de tallas pequeñas, ya que esto podría redundar en un incremento de la captura en los siguientes años.
2. Se observó actividad reproductiva de febrero a diciembre, con un máximo de mayo a agosto, es importante proteger a *Lutjanus campechanus* huachinango entre julio y agosto de cada año.

Literatura citada

Bradley, E. and E. Bryan C. 1975. Life history and fishery of the red snapper (*Lutjanus campechanus*) in the Northwestern Gulf of Mexico: 1970-1974. Proc. 27The Gulf Caribb. Fish. Inst. 77-106.

Caballero-Chávez, V., L. F. Peña D., J. F. Echavarría V., O. Jiménez M. y J. A. Zamora. 1998. Determinación de las épocas de reproducción de las especies guachinango, bandera, robalo y lisa, en la zona sudoeste de Campeche. Informe de investigación del proyecto SAGARPA-INAPESCA 1998. Centro Regional de Investigación Pesquera Cd. del Carmen, Camp., México. 55 p.

Caballero-Chávez, V., J. F. Echavarría V., O. Jiménez M. y J. A. Zamora. 2001 Evaluación de la situación de la pesca ribereña de escama en el sudoeste de del estado de Campeche 2000 Informe de investigación del proyecto SAGARPA-INAPESCA 1998. Centro Regional de Investigación Pesquera Cd. del Carmen, Camp., México. 93 p.

Caballero-Chávez, V. 2015. Análisis de la pesquería y determinación de parámetros poblacionales e índices pesqueros del huachinango *Lutjanus campechanus*, en Campeche. Informe de investigación del proyecto SAGARPA-INAPESCA 1998. Centro Regional de Investigación Pesquera Cd. del Carmen, Camp., México. 29 p.

Camber, I. C. 1955. A survey of the red snapper fishery of the Gulf of Mexico, with special reference to the Campeche Bank. Florida State Board of Conservation Technical Series No. 12.

CONAPESCA (Comisión Nacional de acuicultura y Pesca). 2014. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura. SAGARPA. México. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca [consultado en línea]

Finucane, J. H. y L. A. Collins. 1984. Reproductive biology of cero, *Scomberomorus regalis*, from the coastal waters of south Florida. *Northeast Gulf Sci* 7:01-107.

DOF. 2012. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. 24 de agosto 2012.

King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Blackwell Science, Ltd. 341 p.

González-y-De-La-Rosa. M. E. 1988. Estudio de la pesquería de huachinango (*Lutjanus campechanus* Poey) del Banco de Campeche. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de estudios Avanzados Unidad Mérida del IPN. Mérida, Yuc. México. 66 p.

González-y-De-La-Rosa, M. E. y C. Ré-Regis. 2001. Aspectos de la reproducción de *Lutjanus campechanus* en Campeche, México. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.

Smith, k., L. F. Peña D., J. A. Zamora, H. Borges C. y J. F. Echevarría V. 1988. Contribución al conocimiento de la captura comercial de la región costera Campeche – Tabasco: Especies. Temporadas. Reclutamiento y Reproducción. Informe de investigación del proyecto SAGARPA-INAPESCA 1998. Centro Regional de Investigación Pesquera Cd. del Carmen, Camp., México. 30 p.

Leonce, V. C. y O. Defeo. 1997. Evaluación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento en peces tropicales. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida. A.P. 73 Mérida, Yuc., México.

Sokolov, V. A. y M. Wong R. 1973. Programa general para las investigaciones de peces pelágicos. Contribución al estudio de las pesquerías en México/PNDUD/FAO, 1-51 p.

VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONDICIÓN DE *Dormitator maculatus* (BLOCH, 1792) EN LA LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ

Claudia Araceli Dávila Camacho^{348*}, Itzel Galaviz Villa³⁴⁸, Fabiola Lango Reynoso³⁴⁸, María del Refugio Castañeda Chávez³⁴⁸, Cecilia Quiroga Brahm³⁴⁹ y Jesús Montoya Mendoza³⁴⁸

Resumen

El factor de condición de Fulton (K) es un indicador estándar utilizado en la gestión de pesca y estudios sobre la biología de las especies. Es usado como proxy del estado general de salud "bienestar o condición" de un pez o población. De esta forma se puede determinar el funcionamiento de las poblaciones en condiciones de vida en el medio ambiente natural. Este trabajo tuvo el objetivo de estimar el factor de condición de la naca (*Dormitator maculatus*) y dar seguimiento a su variación durante el ciclo reproductivo, en su ambiente natural. Fueron colectados 657 organismos en diferentes puntos de la Laguna de Alvarado Veracruz, entre agosto 2016 y junio 2017. Se estimó el factor de condición de Fulton (K), se obtuvieron valores máximos en septiembre y octubre de 1.5 para ambos sexos, seguido por un marcado descenso durante el mes de noviembre con valores mínimos de 0.90 para las hembras y 0.92 para los machos, estas variaciones en el factor de condición muestran una relación estrecha con su ciclo reproductivo, los factores de condición más alto coinciden con la temporada reproductiva de la naca. La menor condición corporal (K) registrada durante febrero se debe a que durante este mes la longitud de tallas fue menor que en el resto del año. Por lo tanto, se puede concluir que el factor de condición está asociado al ciclo de reproducción y el descenso de K en el mes de febrero, se atribuye que la estructura de tallas está representada por un mayor número de organismos juveniles, con tallas menores a ocho centímetros.

Palabras clave: factor de Fulton, índice K, peces nativos, naca

³⁴⁸ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), *Autor de correspondencia: clauadavila@yahoo.com.mx

³⁴⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).

Introducción

El factor de condición de Fulton (K), es un indicador estándar que es utilizado frecuentemente en estudios de biológico-pesqueros, y de manera indirecta en la gestión de la pesca. Es un proxy útil que expresa el estado general de salud "bienestar o condición" de un pez o población para determinar su funcionamiento en condiciones naturales (Froese, 2006; Rennie y Verdon, 2008; McPherson et al., 2011; Cifuentes et al., 2012; Leyton et al., 2015). Este índice está dado por la relación entre el peso y la longitud (Froese, 2006; Nash et al., 2006). La interpretación del índice de condición varía según la época del año, se basa en factores fisiológicos (ciclo reproductivo) de la especie y factores ecológicos (disponibilidad de alimento). En general, las condiciones de nutrición son moduladas por la estacionalidad y otros factores del medio ambiente (Fulton, 1904 en Nash et al., 2006; Rennie y Verdon, 2008). Por otro lado, se ha descrito que la variación del factor de condición está influenciada por el desarrollo gonadal en la época reproductiva y el desove. Además, puede indicar el estado de salud o bienestar del organismo cuando aumenta el valor de K, lo cual se ha asociado con una mayor disponibilidad de alimento, y durante el periodo de desarrollo reproductivo en el que se encuentre (Rodríguez-Gutiérrez y Marañón-Herrera, 1993). Diferentes autores recomiendan que este índice sea complementado con el análisis de actividad gonadosomática, seguimiento de cohortes y cambios térmicos estacionales (Froese, 2006; McPherson et al., 2011).

La naca *Dormitator maculatus* (Bloch, 1792) pertenece a la familia Eleotridae, es una especie demersal, omnívora, posee amplia tolerancia a parámetros ambientales (Froese y Pauly, 2015); y es nativa del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Se considera un recurso de alto valor comercial por el valor gastronómico de su gónada o hueva (Flores-Coto y Zavala-García, 1981). Se pesca artesanalmente en septiembre y octubre, justo en temporada reproductiva (Schmitter-Soto, 1996).

En el presente estudio fue estimado el factor de condición de la naca durante un ciclo anual en el Sistema Laguna de Alvarado. Lo anterior, como una estrategia en la generación de conocimiento biológico de línea de base, que sirva en el futuro para el desarrollo del paquete tecnológico del cultivo de la especie.

Material y métodos

Mensualmente, durante el periodo agosto 2016 a mayo 2017, fueron recolectados 60 organismos de la especie *D. maculatus* en el sistema lagunar de Alvarado Veracruz, el cual

se localiza en la zona costera central del estado de Veracruz, al suroeste del Golfo de México (Figura 1). Durante los meses de septiembre y octubre del 2016 los ejemplares fueron capturados en la desembocadura de la laguna de Alvarado hacia el Golfo de México; con una red tipo cuchara con luz de malla de 0.5 cm. El resto de los meses fueron separados de la fauna de acompañamiento de la pesca artesanal de camarón, realizada con nasa, en la desembocadura del río Papaloapan hacia la laguna de Alvarado.

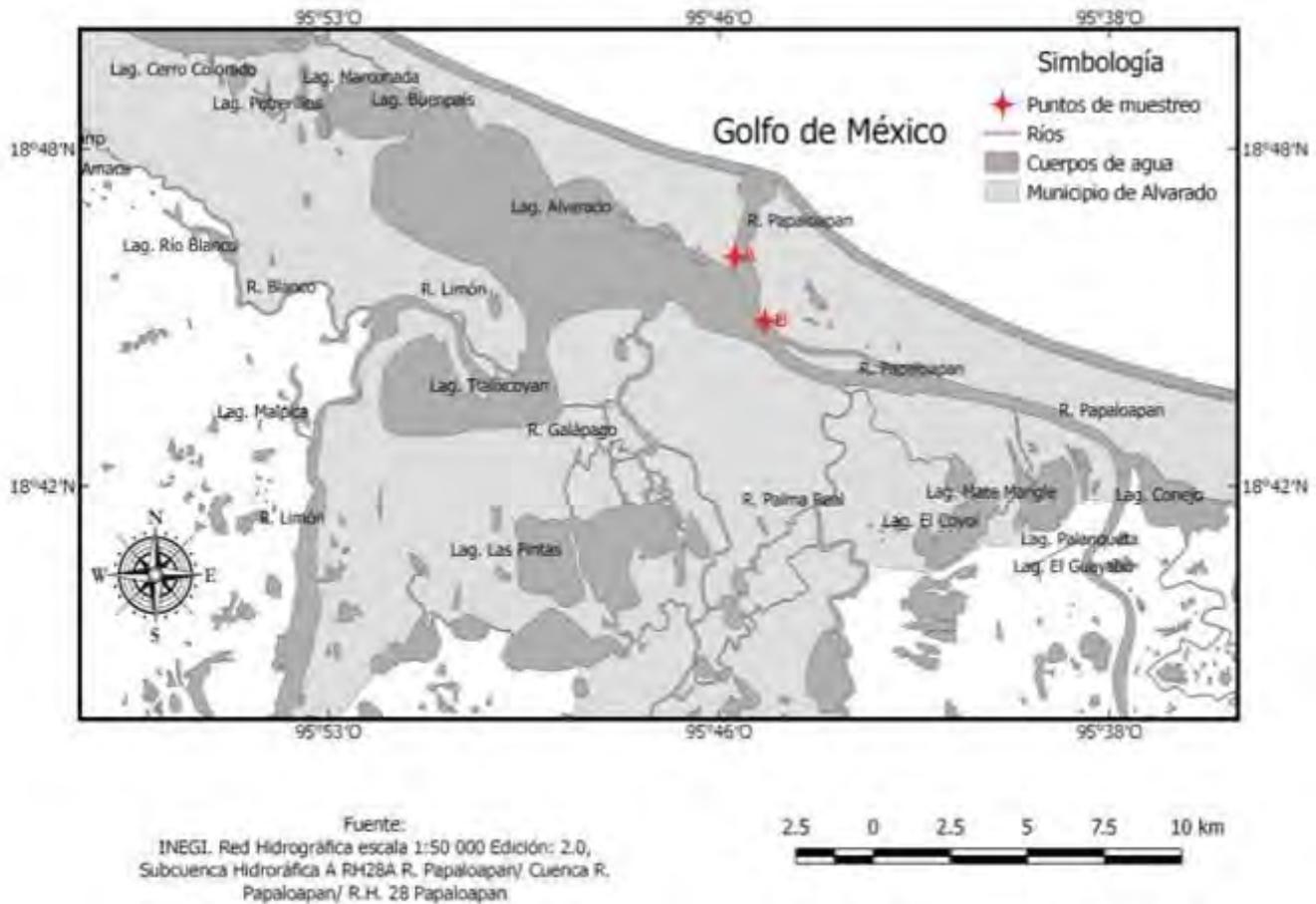


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en la laguna de Alvarado Veracruz. A: desembocadura de la laguna de Alvarado hacia el Golfo de México. B: desembocadura del río Papaloapan hacia la laguna de Alvarado.

Los especímenes fueron transportados vivos al laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA) del Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), en un contenedor de plástico con agua, hielo y unas gotas de esencia de clavo como anestésico. A cada organismo se le determinó el sexo, longitud total y peso total. Para establecer el grado de bienestar de los organismos se estimó la relación talla-peso. Factor de Condición (K) descrita por Fulton (1904) y modificada por Ricker (1975; Nahs et al., 2006). De acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K = \frac{W_t}{L^3} \times 100$$

Dónde: K = factor de condición de Fulton, W_t = peso total del organismo (g), L = longitud total del pez (cm), elevada al cubo y el factor 100 se utiliza para llevar a K a la próxima unidad (Froese, 2006; Leyton et al., 2015).

Resultados y discusión

Durante el periodo de estudio este índice presentó marcadas variaciones, con valores máximos de $K= 1.5$ para sexos combinados, y valores mínimos de $K= 0.90$ para machos y $K= 0.92$ para hembras. El valor máximo fue observado en septiembre y octubre para sexos combinados, seguido por un descenso marcado en el mes de noviembre. Posteriormente, se observa una recuperación de forma gradual hasta el mes de enero. En marzo, los machos muestran un ligero aumento en su condición corporal, con una tendencia a disminuir hasta el mes de junio (Figura 2).

El análisis de la distribución mensual de tallas de machos y hembras (Figura 3), muestra que durante el mes febrero la longitud de tallas es menor con respecto al resto de los meses, lo cual coincide con la menor condición corporal (K) de la naca durante el mismo mes.

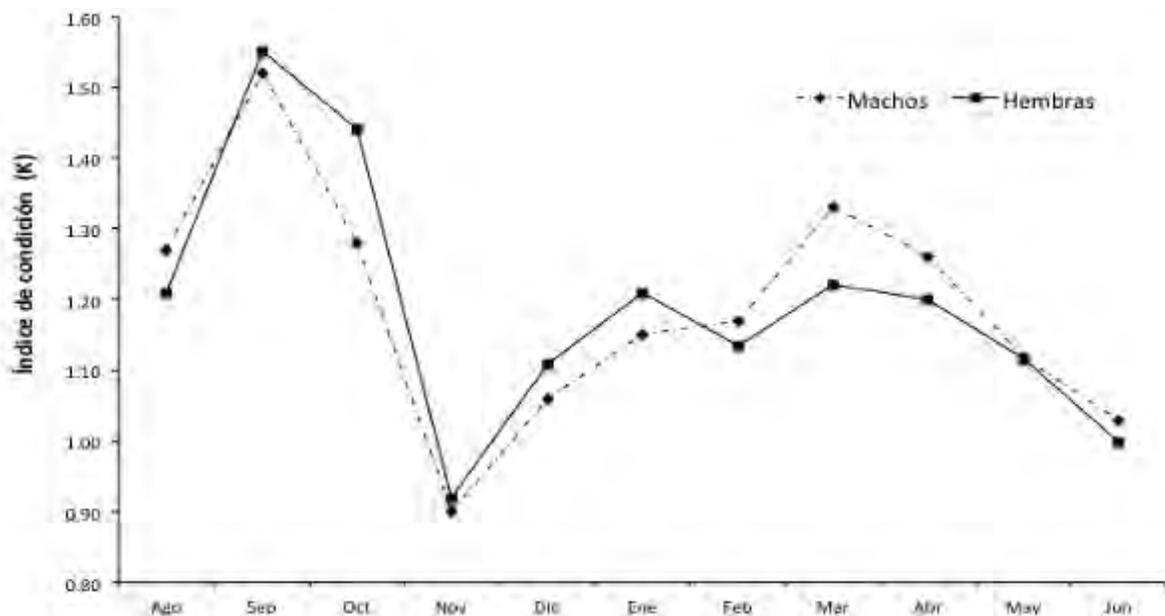


Figura 2. Variación mensual de los valores promedio del índice Factor de Condición de Fulton (K) de *D. maculatus* del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, entre agosto 2016 a mayo 2017.

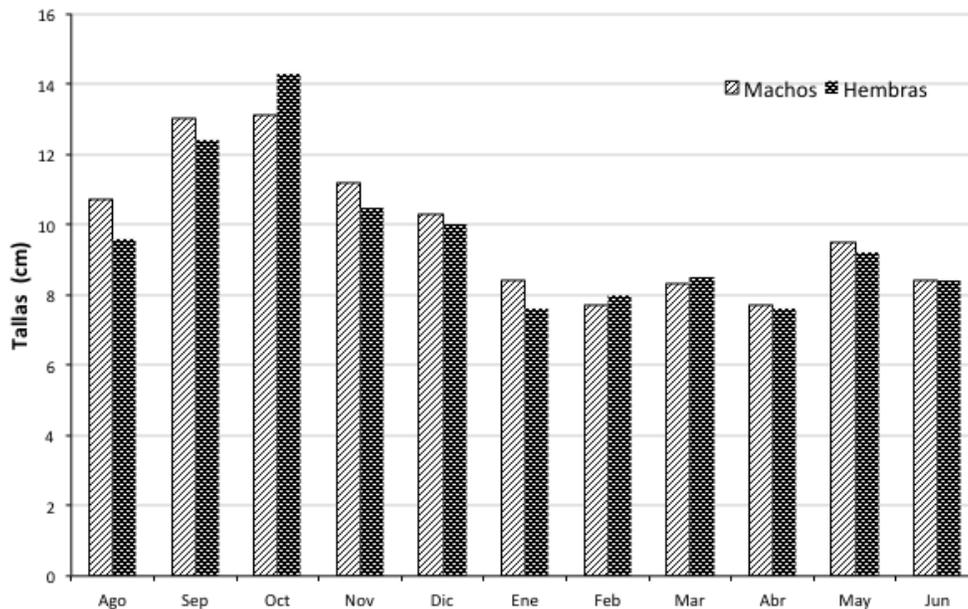


Figura 3. Distribución mensual de tallas en machos y hembras de *D. maculatus* de la laguna de Alvarado, Veracruz.

Al analizar las variaciones mensuales del factor de condición de *D. maculatus* de la laguna de Alvarado, fue observado que los valores máximos corresponden a los meses de septiembre y octubre, lo cual puede estar relacionado directamente con la temporada reproductiva de la especie, de acuerdo al grado de madurez gonadal que describen Ré-Regis y Estrada-García (1992) para esos mismos meses. A su vez, ellos afirman que la época reproductiva está asociada al periodo de lluvias. Arellano-Martínez et al. (2001), cuando describe el ciclo reproductivo del pargo lunajero *Lutjanus guttatus* y evalúan el índice de condición corporal, observaron que la mayor condición corporal (K) de los organismos coincide con el periodo de desove de la especie. En el caso de la naca este fenómeno ocurre en el mes de septiembre cuando se presenta la mayor parte del desove, y posteriormente se presenta un marcado descenso del índice de condición en el mes de noviembre. La menor condición corporal de los individuos pudiera ser reflejo de la época de pos-desove, lo cual puede ser interpretado como una baja en las reservas energéticas, puesto que la reproducción implica un elevado gasto energético que el organismo obtiene de su alimento. En términos generales, la disminución del factor de condición se presenta mientras transcurre el ciclo reproductivo; consecuencia del alto costo energético que demanda la actividad reproductiva.

Así mismo, el análisis mensual de la estructura de tallas, tanto de machos como de hembras, muestra una relación estrecha entre la talla, factor de condición y madurez de los individuos. La menor condición corporal de los organismos identificada durante el mes de febrero, coincide con las tallas menores de los individuos registrados durante el periodo de estudio, las cuales corresponde a organismos juveniles e inmaduros. Por lo tanto, se puede decir, que

la talla y condición corporal, son directamente proporcionales al grado de madurez sexual de los organismos; relación reportada con anterioridad por otros autores (Márcano et al., 2002; Cifuentes et al., 2012).

Conclusiones

1. El factor de condición está claramente asociado a la dinámica del ciclo de reproducción de *D. maculatus*.
2. El descenso del factor de condición observado en el mes de febrero, se puede atribuir a una mayor presencia de organismos juveniles con tallas menores a 8 cm.
3. El análisis del factor de condición requiere ser complementado con el uso de otras aproximaciones como: índice gonadosomático y hepatosomático, fotoperiodo y estado nutricional; para describir con mayor detalle la dinámica del ciclo reproductivo.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México (TecNM), quien a través de la Convocatoria de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica otorgó el financiamiento para el Proyecto de Investigación Caracterización biológica y bioquímica de *Dormitator maculatus* (Bloch, 1792) de la laguna de Alvarado, Ver., adscrito al Instituto Tecnológico de Boca del Río, del Tecnológico Nacional de México. Asimismo, al CONACYT por el apoyo de beca doctoral 269154 otorgada al primer autor de este trabajo.

Literatura citada

Arellano-Martínez, M., A. Rojas-Herrera, F. García-Domínguez, B.P. Ceballos-Vázquez, M. Villalejo-Fuerte. 2001. Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36(1):1.

Cifuentes, R., J. González, G. Montoya, A. Jara, N. Ortíz, P. Piedra y E. Habit. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (Cuenca del río Valdivia, Chile), *Guayana especial* 75(2):101-110. doi.org/10.4067/65382012000100009. ISSN 0717-6538

- Flores-Coto C. y F. Zavala-García. 1981. Descripción de huevos y larvas de *Dormitator maculatus* (Bloch) de la laguna de Alvarado, Veracruz (Pisces: Gobiidae), Anales del Instituto de Ciencias Marinas del Mar y Limnología UNAM. 279. <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1982-1/articulo134.html>
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol* 22:241-253.
- Froese, R. y D. Pauly. 2015. FishBase. Base de datos. World Wide Web electronic. <http://www.fishbase.org/search.php>
- Leyton, F.S.A., E. Muñoz, M. Gordillo S., G.C. Sánchez G., L.A. Muñoz y A. Soto D. 2015. Estimation of Fulton's Condition Factor (K) and Length-Weight relationship of three fish species present in sector Subjected to environmental stress factors in high Cauca river basin. *Rev. Asoc. Colombiana de Ciencias Biológicas (Col.)* 27:24-31.
- Márcano, L., J. Alió, D. Altuve. 2002. Biometry and size of first maturity of sea trout, *Cynoscion jamaicensis*, in the northern coast of Paria peninsula, Sucre state, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 20(1):83-109.
- McPherson, L.R., A. Slotte, C. Kvamme, S. Meier and C.T. Marshall. 2011. Inconsistences in measurement of fish condition: a comparison of four indices of fat reserves for Atlantic herring (*Clupea harengus*). *ICES Journal Marine Science* 68:52-60. doi.org/10.1093/icesjms/fsq148
- Nash, R, A. Valencia, A.J. Geffen. 2006. The Origin of Fulton's Condition Factor-Setting the Record Straight. *Fisheries History* 31(5):236-238.
- Ré-Regis, Ma. C. y J. Estrada-García. 1992. Determinación de las fases de desarrollo gonádico de la "Naca" *Dormitator maculatus*. III Congreso Nacional de Ictiología, Oaxtepec, Morelos. 24 p.
- Rennie, M.D. y Verdon, R. 2008. Development and evaluation of condition indices for the lake whitefish. *North American Journal of Fisheries Management*. 28(4):1270-1293. [doi: 10.1577/M06-258.1](https://doi.org/10.1577/M06-258.1)
- Rodríguez Gutiérrez, M. y S. Marañón-Herrera. 1993. Relación del factor de condición múltiple con la reproducción de machos en la carpa *Cyprinus Carpio*. Anales del Instituto de Ciencias Mar Limnología, UNAM. México. 20(1):105-113.
- Schmitter, Soto J., 1996. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. Museum of Zoology. Division of Fisher. p. 150-151.

INDICADORES DE LA PESQUERÍA DE PETO, *Scomberomorus cavalla* (PISCES: SCOMBRIDAE) DE LA COSTA DE TABASCO

Ana G. Díaz-Álvarez^{350*}, Raúl E. Lara-Mendoza³⁵⁰ y Luis A. Guerra-Jiménez³⁵¹

Resumen

La pesquería de peto, *Scomberomorus cavalla* en la costa de Tabasco representa uno de los recursos de mayor importancia comercial debido a su abundancia estacional y el aporte a la economía local y regional. Este trabajo es resultado de las evaluaciones realizadas por el programa integral de seguimiento e investigación biológica, pesquera y tecnológica para definir el estado actual de las pesquerías de escama marina en la costa de Tabasco, con el fin de realizar propuestas de regulación para su aprovechamiento como recursos sustentables. Durante marzo de 2016 a mayo de 2017 se realizaron muestreos mensuales en las principales localidades pesqueras en donde se desembarca peto capturado principalmente por la pesquería con curricán y, en otras en donde se captura incidentalmente con redes de enmalle. Se registraron 1,000 organismos cuya estructura de tallas fue de 28.5-02.7 cm de longitud furcal (LF) y una media de 55.1 cm, mientras que, los parámetros de la relación peso-longitud fueron $b= 3.03$ y $a= 0.007$, los cuales definen un crecimiento de tipo isométrico para la especie. Los parámetros de crecimiento individual obtenidos a partir del análisis de frecuencia de tallas obtuvieron una $L_{\infty}= 109.2$ cm, $k= 0.13$ año⁻¹ y $t_0= -0.93$ años. La CPUE estimada a partir de la pesquería dirigida con curricán osciló entre 2–225 kg/día y media de 66.24 kg/día, las tasas de mortalidad total fue $Z= 2.69$ año⁻¹, natural $M= 0.32$ año⁻¹, por pesca $F= 2.37$ año⁻¹ y la tasa de explotación correspondió a $E= 0.88$ año⁻¹. La cuasi-renta (Q-R) promedio anual fue positiva y presentó variaciones mensuales debido a la disponibilidad del recurso en cada mes, por lo que la Q-R mensual osciló entre los -\$1,560 y \$7,340, con promedio de \$1,426. El peto capturado en Tabasco presenta un aparente estado de sobreexplotación, por lo que se sugiere seguir realizando estudios para obtener estimadores robustos de la pesquería a nivel regional de esta especie altamente migratoria.

Palabras clave: pesquería artesanal, CPUE, Golfo de México

³⁵⁰Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. CRIP Ciudad del Carmen. Av. Héroes del 21 de Abril, No 26, Col. Playa Norte. Ciudad del Carmen, Campeche C.P 24100. *Autor de correspondencia: ana.diaz@inapesca.gob.mx

³⁵¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar.

Introducción

En el Golfo de México el peto o carito (*Scomberomorus cavalla*) y la sierra (*Scomberomorus maculatus*) son especies importantes en la pesquería artesanal. Estos tienen una gran aceptación entre las comunidades debido a su bajo precio y su consumo se remonta a épocas prehispánicas.

El peto y la sierra se caracterizan por ser especies altamente migratorias, cuya migración la realizan de sur a norte durante la primavera-verano y de manera inversa durante otoño-invierno, a lo largo del Atlántico y dentro del Golfo de México (GDM), las capturas de peto son más abundantes cuando temperaturas son frías (Dzul, 2014). Son organismos con una longevidad máxima reportada a nivel mundial de 14 años, aunque para zona del GDM se han reportado hasta 7 años (Zetina et al., 1995), presentando tallas entre los 45–115 cm de longitud total (LT), una talla máxima reportada de 184 cm y un peso de hasta 45 kg (Collete y Nauen, 1983).

El peto representa una pesquería importante en el GDM, principalmente en los estados de Veracruz y Tabasco que en conjunto han aportado más del 70% de la producción promedio registrado en los últimos cinco años (CONAPESCA, 2014). En la Carta Nacional Pesquera (CNP), la pesquería sierra (*S. maculatus*) y peto (*S. cavalla*) se manejan en una misma ficha técnica con toda la información biológica, pesquera y socioeconómica de cada especie, en la que se hacen recomendaciones para su manejo a nivel regional GDM y MC (INAPESCA, 2000); dicho instrumento administrativo, destaca la información y evaluaciones pesqueras que se han realizado para el recurso en los demás estados, y es Tabasco, la única entidad federativa para la cual no existe información disponible para realizar recomendaciones en términos de manejo.

Debido a la importancia comercial y pesquera que representa el peto en el Golfo de México y su comportamiento altamente migratorio entre los estados (incluido Tabasco) y países que comparten este recurso en Golfo de México y mar Caribe, es necesario realizar evaluaciones poblacionales y pesqueras que permitan delinear las estrategias adecuadas para su manejo en esta región. Por lo que el presente estudio, aporta información acerca de la tendencia de su captura, indicadores biológicos y pesqueros de esta especie que se captura en la costa de Tabasco.

Material y métodos

Durante marzo de 2016 a mayo de 2017 se realizaron muestreos mensuales en las principales localidades pesqueras del litoral de Tabasco (Figura 1). Los muestreos se

enfocaron en la pesquería dirigida al peto, la cual se realiza principalmente en embarcaciones menores de fibra de vidrio (7-9 m de eslora), con motor fuera borda (60 hp - 75 hp), utilizando el arte de pesca denominado como curricán, aunque su captura también se registró en pesquerías que operan con redes de enmalle con diferente abertura de malla (8.26–15.24 cm) sobre la superficie. La zona de pesca se encuentra entre los 2 y 59 km de profundidad y a distancias de entre 4 y 46 km de la costa y cuya flota pesquera opera principalmente en la superficie.

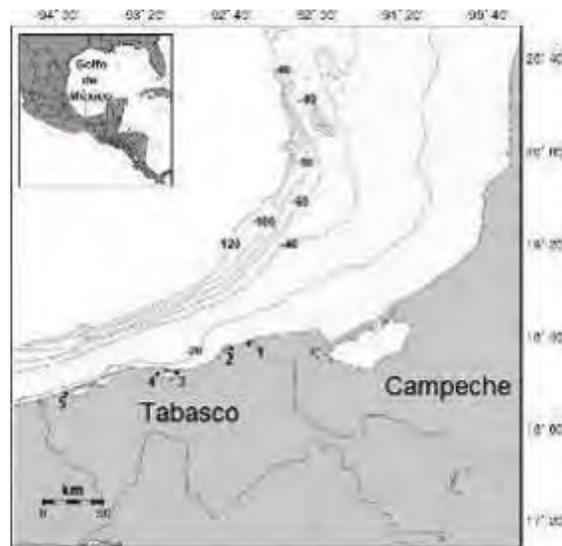


Figura. 1. Principales localidades de desembarque de peto en el litoral de Tabasco: San Pedro (1), Frontera (2), Chiltepec (3), Torno Largo (4) y Sánchez Magallanes (5). Las isobatas están en números negativos y se acotan hasta los 120 metros.

Durante los muestreos en campo, se registró información de la captura (kg), esfuerzo pesquero (días de pesca, número de curricanes, número de pescadores, número de paños), información socioeconómica (precios, gastos operativos, etc.). Además, se registró la información biológica de cada organismo, tales como la longitud total (LT, cm), la longitud furcal (LF, cm), el peso total (PT, g).

Tendencia de la captura

Se recopiló información histórica de la captura de esta especie con la finalidad de analizar su tendencia de producción mensual e interanual, así como, conocer el estatus actual de su producción a partir de los datos reportados en los anuarios estadísticos de pesca, avisos de arribo de la Subdelegación de Pesca y de las libretas de pesca de los principales centros de acopio de recursos pesqueros.

Indicadores biológicos

Estructura de tallas: la estructura de tallas (LF, cm) de los ejemplares capturados de *S. cavalla* fue analizada a través de un histograma de frecuencias y se obtuvieron las tallas mínimas, máximo, promedio y desviación estándar.

Relación peso-longitud: la relación peso-longitud (PT-LF) fue descrita a través de un modelo potencial (Ricker, 1975), el cual se representa con la siguiente ecuación:

$$PT = a(LF)^b$$

Dónde PT es el peso total, LF longitud furcal, a es el intercepto y b es el coeficiente de alometría.

Para conocer el tipo de crecimiento que presenta la especie *S. cavalla* se comparó el exponente de la relación LF-PT contra un valor de $b=3$ mediante una prueba t de student.

Parámetros de crecimiento: los parámetros de crecimiento individual fueron estimados por medio del análisis de frecuencia de tallas (método indirecto) incluidos en la rutina de ELEFAN I del software FiSAT II (Gayanillo et al., 2005). Una vez obtenidos los parámetros de crecimiento, las tallas y pesos fueron convertidos a grupo de edad para poder realizar otras estimaciones de su dinámica poblacional.

Indicadores pesqueros

Mortalidad y tasa de explotación: la tasa de mortalidad total (Z) fue estimada a través de la curva a la edad linealizada de acuerdo a la propuesta de Ricker (1975), mientras que la tasa de mortalidad natural (M) fue estimada utilizando la ecuación empírica de Pauly (1982), la diferencia entre ambas tasas (Z - M) representa la mortalidad por pesca (F). La tasa de explotación (E) se estimó de acuerdo a Sparre y Venema (1997).

Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE): la CPUE fue estimada a partir de la información derivada de las entrevistas, de las libretas de pesca de las principales bodegas de acopio de recursos pesqueros del litoral de Tabasco y de los avisos de arribo. Su estimación es el resultado del cociente de la captura (kg) entre por los días efectivos de pesca.

Cuasi-renta (QR): para estimar la cuasi-renta (QR), primero se calcularon los retornos totales (RT), los cuales representan el producto del volumen de la captura de cada embarcación (kg) multiplicado por el precio (\$ pesos mexicanos) que pagan al pescador por cada kilogramo de peto, esto es, el precio de playa. También se estimaron los costos de operación (CO) por viaje de pesca de cada embarcación, el cual es la suma de los gastos de avituallamiento (combustible, aceite, alimentos, hielo, etc.). Entonces de acuerdo a Seijo et al. (1997), la QR es el resultado de la sustracción entre RT y CO.

Resultados y discusión

Tendencia de la captura

Captura interanual: la tendencia histórica de captura del peto en el litoral de Tabasco ha oscilado entre las 69 y 2,300 t, con un incremento marcado a partir del año 2000, un máximo histórico durante 2004 (2,300 t), una disminución paulatina durante 2009-2012, y una ligera recuperación en 2013, la captura promedio anual es de 1,150 t.

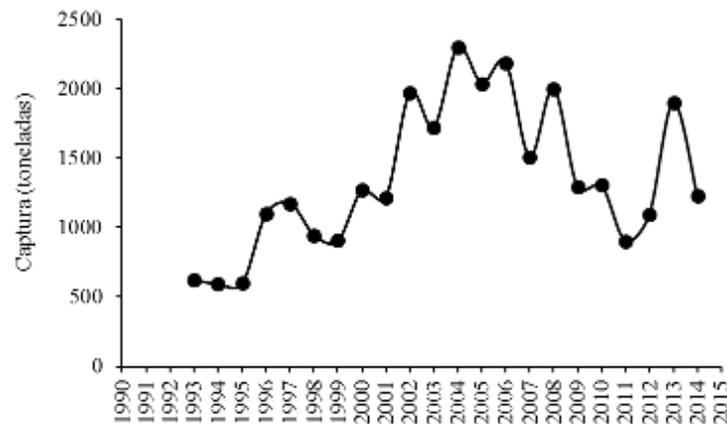


Figura 2. Tendencia histórica de la captura de sierra y peto en el litoral de Tabasco durante 1990-2015 (tomado de los anuarios estadísticos de pesca).

Captura mensual: la captura promedio mensual de peto en el periodo 2004-2016 ha oscilado entre 10.6 y 47.8 t, con las mayores capturas durante los meses de diciembre a mayo, y una disminución paulatinamente conforme el transcurso de los meses. Las mayores capturas promedio se presentan durante el mes de febrero (47.8 t), mientras las capturas más bajas (10.6 t) durante los meses de octubre y noviembre (Figura 3).

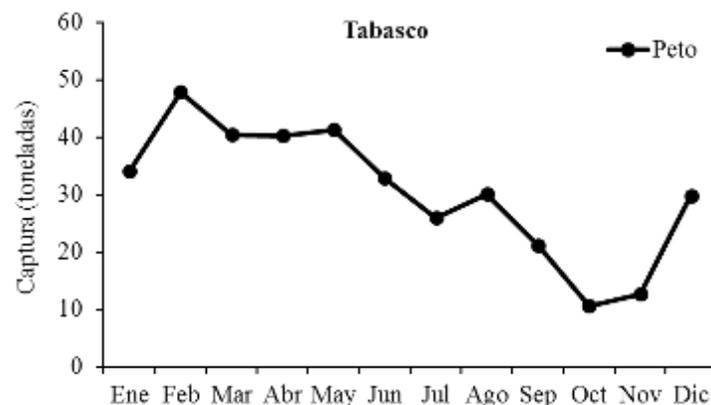


Figura 3. Tendencia mensual de la captura promedio de peto desembarcado en el litoral de Tabasco durante el periodo 2006-2014.

Indicadores biológicos

Distribución de tallas: la distribución de tallas (longitud furcal, LF) de los organismos capturados fue obtenida a partir de la biometría de 1000 organismos, el intervalo de tallas de los organismos medidos osciló entre 28.5 y 102.7 cm, con una talla promedio de 55.1 cm (DE= 14.7 cm). Dicha talla promedio es aparente menor respecto a estudios realizados en años anteriores en otros estados del Golfo de México y Mar Caribe, para los cuales se han reportado tallas promedio de 62.4–70.9 cm LF (INAPESCA, 2000).

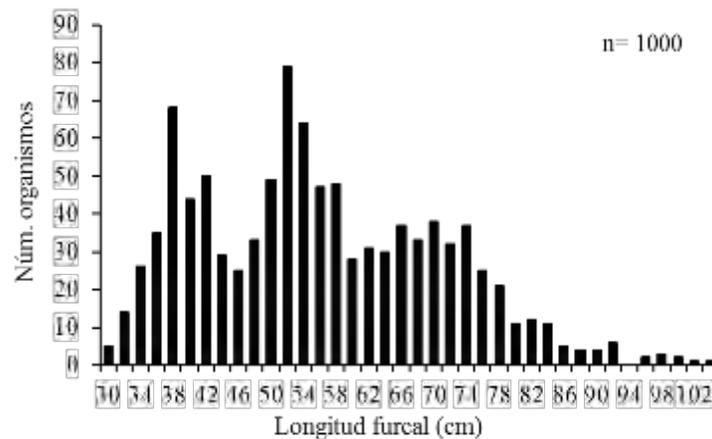


Figura 4. Distribución de tallas (LF) de peto *Scomberomorus cavalla* desembarcado en la costa de Tabasco durante el periodo 2016-2017.

Relación peso-longitud: esta relación presentó un crecimiento de tipo isométrico (Figura 5) al mostrar una pendiente $b = 3.03$, la cual no fue estadísticamente diferente al valor teórico de isometría ($t = 0.22$, $p > 0.05$).

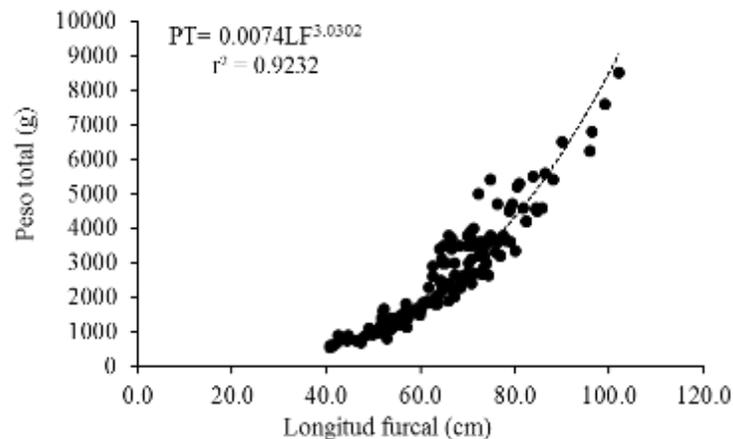


Figura 5. Relación peso-longitud del peto, *Scomberomorus cavalla* capturado en el litoral de Tabasco.

Crecimiento individual: los parámetros de crecimiento individual estimados para sexos combinados a partir de métodos indirectos fueron: L_{∞} = 109.2 cm, k = 0.13 año⁻¹ y t_0 = -0.93 años. Dichos parámetros son menores a los reportados para otras localidades del Golfo de México y mar Caribe (Cabrera, 1986; Vasconcelos et al., 1986; Aguilar et al., 1990; Arreguín-Sánchez et al., 1994), lo cual pudiera indicar variaciones espaciales en los parámetros de crecimiento individual de la especie.

Indicadores pesqueros

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE): la CPUE estimada a partir de los registros directos de la pesquería dirigida de peto osciló entre 2–225 kg/día de pesca y un promedio de 66.24 kg/día de pesca. De acuerdo a la Carta Nacional Pesquera esta pesquería en el GDM y MC no existe una estrategia de manejo enfocada en la CPUE, la cual permitiría tener información enfocada directamente a esta especie y observar las tendencias interanuales de esta pesquería.

Mortalidad y tasa de explotación: la tasa de mortalidad total (Z) se estimó en 2.69 año⁻¹, la mortalidad natural (M) en 0.32 año⁻¹ y la mortalidad por pesca (F) de 2.37 año⁻¹, por lo que la tasa de explotación correspondió a una E = 0.88 año⁻¹. Los valores estimados en el presente estudio muestran aparentemente una elevada mortalidad por pesca y tasa de explotación respecto a estudios realizados en los años 90's en el GDM y MC (INAPESCA, 2000), es recomendable que este tipo de estudios se sigan realizando con el objeto de contar con estimadores más robustos de la pesquería a nivel regional.

Cuasi-renta de la pesquería: La cuasi-renta promedio anual de la pesquería de peto en el litoral de Tabasco fue positiva y presentó variaciones mensuales debido a la disponibilidad del recurso en cada mes, por lo que la QR mensual osciló entre los -\$1,560 y \$7,340, con promedio de \$1,426.

Conclusiones

1. Sobre la base de los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa que el crecimiento individual del peto en el Golfo de México y Mar Caribe ha disminuido a través del tiempo.
2. El peto presenta migraciones muy marcadas a través del año, comportamiento que afecta notablemente su captura, son los meses de diciembre a febrero cuando son más vulnerables a la pesca por la flota que incide sobre este recurso.
3. La pesquería dirigida a peto presenta una cuasi-renta positiva anual, indicando una pesquería aun rentable, principalmente en los meses diciembre-febrero.

4. El peto capturado en Tabasco presenta un aparente estado de sobreexplotación de acuerdo a los indicadores estimados para el GDM y MC en estudios previos, comparados con las estimaciones de la CPUE, a las tasas de mortalidad total (Z), por pesca (F) y a la tasa de explotación pesquera (E) del presente estudio.

Agradecimientos

Al sector pesquero de las localidades de San Pedro, Frontera, Chiltepec, Torno Largo, Puerto Ceiba y Sánchez Magallanes, Tabasco por permitirnos obtener información derivada de su actividad productiva. Al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, a través del Programa de Escama Marina del Golfo de México y Mar Caribe.

Literatura citada

Aguilar, S. F. y J. D. Martínez. 1987. Informe anual de actividades. Est. de Inv. Pesq. Isla Mujeres, Q. Roo. Instituto Nacional de la Pesca, SEPESCA. México.

Aguilar, S. F., S. Salas M., M. A. Cabrera V. y J. D. Martínez. 1990. Crecimiento y mortalidad del carito *Scomberomorus cavalla*, en la costa norte de la Península de Yucatán. *Ciencia Pesquera* 8:71-87.

Arreguín-Sánchez, F., M. A. Cabrera and F.A Aguilar. 1995 Population dynamics of the king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) of the Campeche Bank, Mexico. *EPOMEX México* No 231.

Cabrera, V. M. A. 1986. Contribución al conocimiento de la pesquería del carito (*Scomberomorus cavalla*) Cuvier, 1829, en la Península de Yucatán. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. ENEP-Iztacala. México.

Collette, B. B. and C. E. Nauen. 1983. *FAO Species Catalogue*. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. Rome: FAO. *FAO Fish. Synop.* 125(2):137.

CONAPESCA. 2014. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. SAGARPA. 295 p.

- Dzul, M. F. 2014. Captura de *Scomberomorus cavalla* y *S. maculatus* (Pisces: perciformes) y su relación con la temperatura superficial del mar (1998-2009) en el litoral veracruzano, Golfo de México. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Campus Veracruz. Boca del Río, Veracruz. 107 p.
- Gayanillo, F. C. Jr., P. Sparre and D. Pauly. 2005 Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, FAO. Rome, 2005. 163 p.
- INAPESCA. 2000. Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo. Instituto Nacional de Pesca. 1042 p.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191:382.
- Seijo, J. C., O. Defeo y S. Salas. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 368. Roma, Italia. 176 p.
- Sparre, P. and S. Venema. 1997. Introduction to tropical fish stock assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fish. Tech. Pap. (306/1). Roma, Italia. 337 p.
- Zetina, C. E., G. V. Ríos y L. F. Aguilar. 1995. Método de estimación del número de individuos por edad a partir de frecuencias de longitud. Análisis de la bondad en muestras de carito o peto (*Scomberomorus cavalla*) del Golfo de México. INP. SEMARNAP. México. Ciencia Pesquera No.11. Nueva Época: 5 p.

FLUCTUACIÓN EN LA ABUNDANCIA DEL CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC

Alejandro Llaguno Aguiñaga^{352*}, Pedro Cervantes Hernández³⁵³, Sebastián Ramos-Cruz³⁵⁴, Rafaela Mendoza García³⁵², Jasiel Valdivia Sánchez³⁵²

Resumen

Con base en una matriz de abundancia virtual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, se obtuvieron los índices asociados a la fuerza de reclutamiento (FR) y la densidad de adultos (DA). Éstos se correlacionaron con respecto al índice Multivariado de “El Niño/La Niña” Oscilación del Sur (IME), la temperatura superficial del mar (TSM) y el esfuerzo de pesca (fi). Entre el IME y la DA se obtuvo un $R = -0.3282$, $p < 0.05$, entre IME y FR se obtuvo un $R = -0.4532$, $p < 0.05$, mientras que entre la TSM y FR se obtuvo un $R = -0.4506$, $p < 0.05$. Las cohortes más abundantes de la DA se observaron en septiembre (entre 28.96°C y 30.50°C), a menores temperaturas que para FR (entre 29.33 y 30.71°C), observadas en julio. De acuerdo con los resultados obtenidos, se observó que los eventos “El Niño” y “La Niña”, ejercieron un impacto importante sobre el ambiente y la población del camarón blanco *L. vannamei* en el Golfo de Tehuantepec entre 1992 - 1998.

Palabras clave: pesquerías, *Litopenaeus vannamei*, imágenes satelitales, “El Niño”

Introducción

En el Golfo de Tehuantepec, el camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) y el blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) son las especies de camarones más importantes por su volumen de captura y demanda comercial. Las tendencias de las capturas de ambas especies se han reportado en descenso. El camarón blanco ha tenido máximos históricos de 3800 toneladas promedio entre los años 1994 a 1996, y mínimos durante el año 2000 de 450 toneladas. Durante el 2014 se reportaron 1287 toneladas al desembarco (CONAPESCA, 2015).

³⁵² Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Campus Tezonapa. *Autor de correspondencia: llaguno_agronomo@itszongolica.edu.mx

³⁵³ Universidad del Mar - Puerto

³⁵⁴ Centro Regional de Investigación Pesquera - Salina Cruz.

Chávez (1979), remarcó la importancia de establecer la relación entre reproductores y reclutas en las poblaciones de camarones. Álvarez et al. (1987) afirman que los efectos ambientales, normalmente interactúan con un periodo de retraso sobre la densidad de organismos de una población y sobre el crecimiento individual. Medina-Reyna et al. (1998) señalan que el reclutamiento de *Litopenaeus vannamei* en el Golfo de Tehuantepec presenta dos máximos definidos (junio-septiembre y octubre-febrero) y que el reclutamiento puede ser de dos tipos: a) lagunar o estuarino y b) litoral. Los trabajos de Gonzalez-Silveira et al. (2004), han contribuido a caracterizar la periodicidad y magnitud de las surgencias, así como su interrelación con el evento interanual de “El Niño” en el Pacífico tropical oriental. (Cervantes-Hernández et al., 2008 b) estudió el efecto de “El Niño” sobre el camarón café *F. californiensis* del Golfo de Tehuantepec, encontrando que las correlaciones entre los índices de abundancia poblacional fueron significativas respecto a la TSM. En tanto que Pérez-Marrero et al. (1999) asignaron profundidades sensibles a las observaciones remotas de la TSM.

En este trabajo se aborda el análisis de las fluctuaciones de abundancia de adultos reproductores y reclutas del camarón blanco *L. vannamei* del Golfo de Tehuantepec, en relación con el Índice Multivariado de “El Niño Oscilación del Sur” (IME) y la temperatura superficial del mar (TSM) considerando el efecto por pesca, durante el periodo 1992-1998, con el fin de conocer las causas que afectan la población de dichos organismos y que se refleja en fluctuaciones importantes en las capturas a cada temporada.

Materiales y Métodos

EL Golfo de Tehuantepec se localiza en la costa sur del Istmo de Tehuantepec, al sur de México entre los 14° 30'-16° 20' LN y 92° 46'-96° 16' LO, pertenece a la región oceanográfica del Pacífico Tropical Oriental (PTO). El flujo de masas de agua más importante es la Contracorriente Norecuatorial (CCNE). Los vientos alisios en la región, generan dos temporadas climáticas, la de lluvias de abril a octubre y la de secas de noviembre a marzo. La topografía regional genera vientos intensos durante los meses de octubre - abril, conocidos como “Tehuano”. Los Tehuanos en la línea de costa desplazan las masas superficiales de agua, generando que las aguas costeras de los extremos y del fondo, fluyan para restituir el agua que está siendo arrastrada; este mecanismo se denomina surgencia (Transviña-Castro y Barton, 1997). El oriente del Golfo es somero y de extensa plataforma continental. El área de captura de camarón es la zona 90, subdividida en cinco subzonas: 91, 92, 93, 94, 95, desde la Bahía de Chipehua, Oaxaca hasta Puerto Madero, Chiapas. La captura del camarón blanco se realiza entre las tres y 20 brazas (5.5-36.4 m), mientras que la

del camarón café es de 15 a 40 brazas (27.3-72.8 m). En la línea de costa se encuentran marismas y lagunas costeras, destacando el Sistema Lagunar Huave en Oaxaca y el Mar Muerto, compartido entre Oaxaca y Chiapas (Medina-Reyna et al., 1998).

Chávez et al. (1999), sugieren que la variación climática interanual esta determinada por los eventos del tipo Evento el Niño Oscilación del Sur (ENOS), el cual disminuye la biomasa fitoplanctónica por el retraso en los eventos de surgencia, aunado a la temperatura superficial del mar, que es la más alta de Pacífico Tropical Oriental (28-30°C), a diferencia de la época de “Tehuano” con temperaturas menores (18 a 19°C).

Los registros históricos del esfuerzo de pesca y maquila comercial de camarón blanco fueron proporcionados por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Salina Cruz (CRIP-SC), Oaxaca; esta base de datos de 1992 a 1998 contiene los únicos registros de este tipo, para esta especie en la región y se obtuvieron bajo el convenio CRIP-UMAR: 2IR0403.

Se utilizó la matriz de abundancia virtual por grupos de edad de camarón blanco obtenida por Cervantes-Hernández et al. (2008a) empleando la tasa de mortalidad natural (M) estimada en 0.20 mensual por Ramos-Cruz et al. (2006). A partir de la matriz de abundancia virtual, denominada X'_{APV} (68 cohortes x 16 grupos de edad) y de acuerdo con Cervantes-Hernández (2008) se identificaron: la fuerza del reclutamiento (FR) basado en la edad de cuatro meses y la densidad de adultos reproductores (DA) que es el compuesto de las edades desde la primera maduración -siete meses-, hasta la edad de extinción -aproximadamente dieciséis meses.

Los valores de TSM se extrajeron de imágenes AVHRR en compuestos mensuales L₃ GAC, obteniendo la media de los valores de esa variable. Las imágenes fueron recopiladas de los registros históricos de la NASA (NASA, 2017). Los valores digitales (VD) en cada imagen AVHRR fueron reclasificados a valores TSM (°C) empleado el algoritmo para la serie NOAA - AVHRR “Pathfinder”:

$$^{\circ}C = (VD - 3.0) * 0.15 \quad (1)$$

A los compuestos mensuales de TSM, se eliminaron los efectos continentales, de nubosidad y lagunares mediante el programa WimSoft, versión 3.2 con el siguiente proceso:

- 1.- Se acotó el área de estudio entre las coordenadas: 14° 16' 55" - 16° 12' 54" LN, 92° 31' 42" - 95° 51' 18" LO.
- 2.- En las imágenes de TSM el intervalo considerado fue de 17 a 38°C.
- 3.- Para ecualizar las imágenes se emplearon las paletas de color pig. lut (mg m⁻³ Cl a) y de temperatura sst. lut (°C) proporcionadas por la Universidad del Mar, Puerto Ángel.
- 4.- Al conjunto de las imágenes en escala verdadera, se les aplicó un filtro de pases bajos (median) para resaltar la variable de interés.

Los compuestos mensuales de las imágenes de TSM se calibraron mediante la distribución de χ^2 con relación a la serie TSM obtenida mediante la combinación de lecturas de barcos y

boyas oceanográficas corregida mediante imágenes satelitales. En esta prueba estadística, la TSM de las imágenes AVHRR se consideró como la variable observada, mientras que la serie obtenida de la página del Boletín Integrado de Productos, Servicios y Sistemas Oceánico Globales (IGOSS, por sus siglas en inglés) operó como la serie esperada, con $n = 65$ datos (IRI/LDEO, 2017).

Para detectar la variabilidad interanual debida al evento “El Niño”, se empleó el índice multivariado del ENOS (IME) descrito por Wolter y Timlin (1998). El IME considera dentro de su análisis a seis variables: presión a nivel del mar meridional y zonal, componente del viento superficial, temperatura del aire, temperatura superficial del mar y la fracción total de nubosidad en el cielo. El índice es calculado bimestralmente con base en la técnica de componentes principales (ACP). En la fase cálida del ENOS se modela con base en valores de anomalía IME mayores a 0; mientras que la fase fría del ENOS, se asocia a valores menores a 0. Entre 0 y 1 el ENOS se considera de baja magnitud, entre 1 y 2 de magnitud media y mayor a 2 de magnitud fuerte. La misma interpretación se considera en la escala negativa para modelar la “La Niña”. La serie IME para el periodo de estudio se obtuvo de los registros históricos del Climate Diagnostic Center of the National Oceanography and Atmospheric Administration (NOAA, 2017).

Se generó la matriz de correlación para el periodo de estudio 1992-1998, con el siguiente grupo de variables a través del Programa Statistica 5.1 (StataSoft, 1997):

- Fuerza de reclutamiento (FR) (N° organismos)
- Densidad de adultos (DA) (N° organismos)
- Esfuerzo de pesca (fi) (N° de viajes)
- Temperatura superficial del mar (TSM) (°C)
- Índice multivariado del ENOS (IME)

Resultados y discusión

La variabilidad interanual entre los índices poblacionales asociados a la densidad de adultos reproductores (DA) y la fuerza de reclutamiento (FR) de *L. vannamei* resultó en una correlación directamente proporcional y significativa ($R_{DA-FR} = 0.7372$, $p < 0.05$), explicable ya que están ligados por una relación paternidad-progenie (Cuadro 1).

Respecto a la evolución del esfuerzo de pesca, los índices no se correlacionaron significativamente; se puede inferir que es debido a que la flota camaronera orienta en primer lugar el esfuerzo al camarón blanco, (por estar más cerca de la costa y a menor profundidad) para dirigirse posteriormente al camarón café.

Cuadro 1. Matriz de correlación de las variables analizadas, del periodo 1992-1998, ($\alpha < 0.05$, $n = 65$).

	DA	FR	TSM	Fi
FR	0.7372			
	p= 0.000			
TSM	0.0098	-0.4506		
	p= 0.938	p= 0.000		
Fi	-0.0701	0.1326	-0.6007	
	p= 0.579	p= 0.292	p= 0.000	
IME	-0.3282	-0.4532	0.3779	-0.0563
	p= 0.008	p= 0.000	p= 0.002	p= 0.656

En la Figura 1 se observan las seis temporadas de captura que abarca este trabajo y sus respectivas temporadas de veda en alta mar. El esfuerzo de pesca en el periodo de 1992-1998 se mantuvo entre los 50 y 196 viajes mensuales. Así mismo se ejemplifica la evolución de los índices DA y FR, con tendencia a la baja en ambos casos. Puede observarse que el periodo de veda (en altamar) protege los máximos del índice FR (junio-julio), mientras que la temporada de captura permite la explotación de los máximos del índice DA (septiembre-octubre y enero), desprotegiendo a los potenciales reproductores de la especie y esta situación puede ser uno de los factores que está influyendo en su decadencia; lo anterior concuerda con lo observado por Cervantes-Hernández et al. (2008a) en el sentido de que se están sobre-explotando los reproductores.

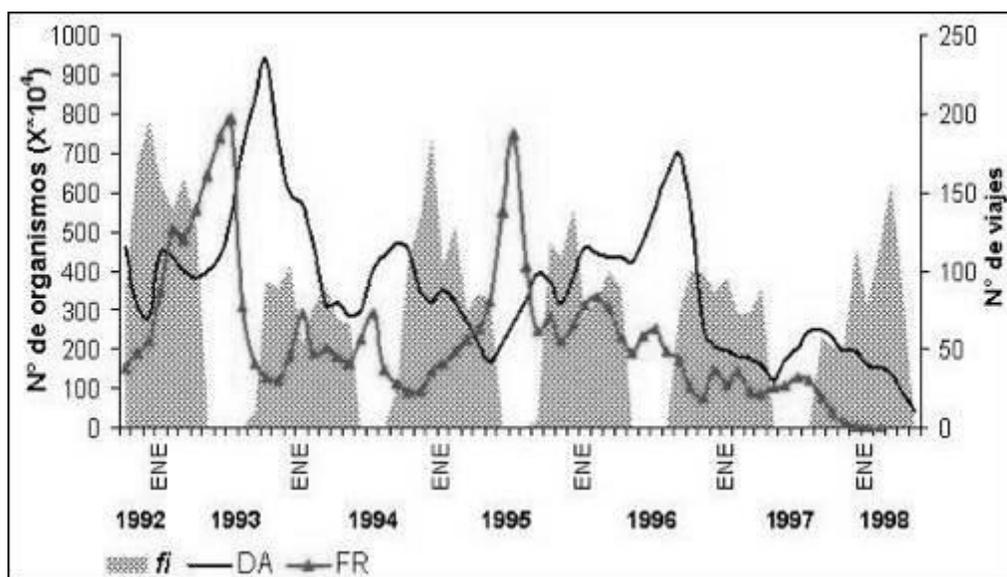


Figura 1. Variación interanual de los índices de abundancia poblacional DA, FR y de fi durante 1992-1998 (las temporadas de captura se indican en sombreado).

Correlación del índice multivariado del ENOS (IME) con los índices DA y FR

La correlación entre los índices DA, FR e IME: ($R_{\text{IME-DA}} = -0.3282$, $p < 0.05$; $R_{\text{IME-FR}} = -0.4532$, $p < 0.05$) (Cuadro 1), fue inversamente proporcional y significativa. En la figura 2 en las fases iniciales o finales de las anomalías, cuando se suponen niveles débiles de “El Niño” o “La Niña”, estos coincidieron con los valores altos de los respectivos índices poblacionales, esto puede deberse a la readecuación de las condiciones físico-químico-biológicas, que organismos como el camarón aprovechan eficientemente para desarrollarse, en concordancia con su estrategia de sobrevivencia (las hembras fecundadas llegan a poner hasta 1'000,000 de huevos, Sierra (1993). “La Niña” promovió indirectamente las surgencias y las lluvias en su temporada de agosto del 1995 a febrero de 1997, exhibiéndose con graduación débil (valores de 0 a 0.6 en el índice IME). La temperatura coincidió con incrementos positivos de los índices poblacionales de camarón, que alcanzaron un máximo de 6 millones de organismos en septiembre de 1996. En este mes se abrió la temporada de captura lográndose el máximo histórico de capturas totales de camarón, con más de 5,000 toneladas reportadas de captura en la zona.

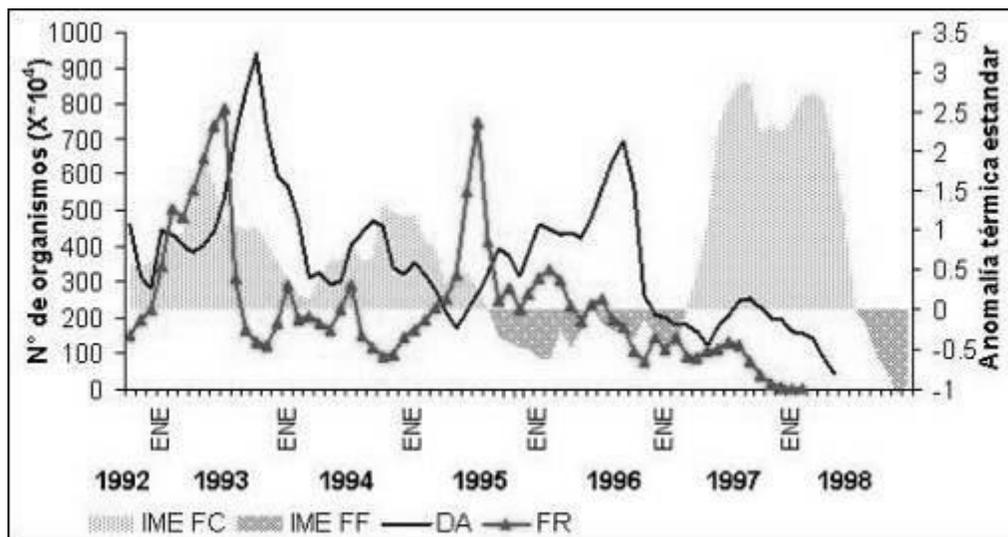


Figura 2. Variación interanual de los índices DA y FR respecto al IME, en sus fases cálidas (FC) y fases frías (FF) durante 1992-1998.

Muy probablemente existió sobre-pesca de los reproductores y los índices decrecieron fuertemente de enero a abril de 1997. El año de 1997 inició con fuertes surgencias y para julio-agosto de 1997 los índices empiezan a aumentar su valor, cuando había iniciado el evento “El Niño” 1997-1998. A diferencia de los dos Niños anteriores, el tercer evento fue de mayor duración e intensidad (mayo de 1997 a junio de 1998 y anomalía térmica máxima de 2.8, Figura 2). En septiembre, con los máximos valores del índice DA se esperaba uno de los máximos en reproducción; sin embargo, el 7 de octubre de 1997 tocó tierra el huracán

Paulina y el área de mayor impacto fue la región oeste del Golfo de Tehuantepec. Cushing (1982) sugiere que los fuertes cambios interanuales que se observen en una población sujeta a pesca, depende, parcialmente, de las diferencias en la fuerza y dirección de los vientos, dado que las larvas podrían ser arrastradas lejos de las regiones de alimentación.

El prolongado decremento en la productividad primaria, aunado a la apertura de la temporada de pesca en septiembre y el posible arrastre de larvas a inicio de octubre debieron afectar fuertemente a la población de camarón blanco ya que los índices de abundancia poblacional alcanzaron el mínimo histórico del periodo de estudio (marzo-mayo de 1998).

Correlación de la temperatura superficial del mar (TSM) con los índices DA y FR

La correlación fue no significativa entre la TSM y DA, y significativa e inversamente proporcional de la TSM respecto al índice FR ($R_{TSM-DA} = 0.0098$, $p > 0.05$). Uno de los indicadores para salir de las lagunas es el descenso de la temperatura del agua, siendo relevante para los reclutas que son organismos que están incorporándose al mar desde la zona nerítica o cuerpos lagunares. Los valores de TSM obtenidos de las imágenes, comparados con la serie obtenida del Boletín IGOSS, fueron estadísticamente iguales (χ^2 calculada = 4.74, χ^2 de tablas = 83.67, gl = 64, $p = 0.05$). La relación de la TMS con las cohortes más numerosas, obtenidas por promedios mensuales de los índices DA y FR, se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Temperaturas (°C) y fecha aproximada en que se presentaron las cohortes más numerosas de *L. vannamei* en el Golfo de Tehuantepec.

Temperaturas para FR (°C)	Mes-año	Temperaturas para FR (°C)	Mes-año
30.60	Julio-1993	29.93	Septiembre-1993
30.71	Julio-1994	30.50	Septiembre-1994
29.33	Julio-1995	28.96	Septiembre-1995
30.57	Julio-1996	30.33	Septiembre-1996
30.78	Julio-1997	30.89	Septiembre-1997

Los máximos del índice FR ocurrieron en el mes de julio de cada año, cuando la temperatura superficial del mar fluctó entre 29.33 y 30.71°C, temperaturas ligeramente superiores (excepto en 1997, Cuadro 2) a aquellas en que ocurrieron los máximos de la DA, en el mes de septiembre de cada año (entre 28.96 y 30.50°C). Lo anterior sugiere que los reclutas se ven beneficiados por el aumento en la temperatura, siendo un factor para llegar pronto a la talla de madurez, en tanto los adultos aprovechan la creciente disponibilidad de alimento, relacionada con bajas temperaturas, para reproducirse.

Correlación entre el IME, la TSM y el fi

Se obtuvo una correlación directa proporcional y estadísticamente significativa entre los valores del índice IME con los valores de TSM ($R_{\text{IME-TSM}} = 0.3779$, $p < 0.05$), debido a que la temperatura superficial del mar es una de las variables que se incorporan para obtener el IME. Entre la TSM y el fi la correlación fue inversamente proporcional y significativa ($R_{\text{TSM-fi}} = -0.6007$, $p < 0.05$). Lo anterior se debió a que los meses en que se abre la temporada de captura, coinciden con aquellos en que se enfría la superficie del mar por el efecto de los "Tehuano". La correlación entre el IME y fi fue no significativa.

Conclusiones

1. Las correlaciones observadas entre el índice IME con los índices poblacionales, indican que para este periodo los eventos atmosféricos y oceánicos sucesivos afectaron a la población de *L. vannamei*, que muestra además un efecto de carácter administrativo; por lo tanto, con el fin de promover que se recupere la población de *L. vannamei*, el periodo de veda debe extenderse al menos a todo el mes de septiembre, para aprovechar la disponibilidad de alimento.
2. El uso de imágenes satelitales es una herramienta valiosa para el análisis de la población virtual de camarón blanco en su ambiente. Sin embargo, es necesario incorporar mayor información en análisis futuros, con el fin de no obtener interpretaciones parciales y lineales sobre problemas que por naturaleza son complejos.

Literatura citada

Álvarez, F., A. Gracia y L. A. Soto. 1987. Crecimiento y mortalidad de las fases estuarinas del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* Burkeroad, en la Laguna de Términos, Campeche. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Universidad Nacional Autónoma de México 14(2):207-220.

Cervantes-Hernández P. 2008. Method to obtain indices of abundance in the population of brown shrimp from the Gulf of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(1):111-119.

Cervantes-Hernández P., B. Sánchez-Meraz, S.J. Serrano-Guzmán, A. Frías-Velasco, S. Ramos-Cruz y A. Gracia. 2008 b. Variación interanual de la abundancia de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) en el Golfo de Tehuantepec. Hidrobiológica 18(3):215-226.

Cervantes-Hernández P., M.I. Gallardo-Berumen, S. Ramos-Cruz, M.A. Gómez-Ponce y A. Gracia. 2008 a. Análisis de las temporadas de veda en la explotación marina de camarones del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(2):285-294.

Chávez, E. A. 1979. Diagnóstico de la pesquería de camarón del Golfo de Tehuantepec, pacífico sur de México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. 6(2):7-14.

Chávez, F. P. P. G. Strutton, G. E. Friederich, R. A. Feely, G. C. Feldman, D. G. Foley, M. J. McPhaden. 1999. Biological and Chemical Response of the Equatorial Pacific Ocean to the 1997-98 El Niño. 286 (5447): 2126-2131

CONAPESCA. 2015. Bases de datos de producción, Anuario 2014. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Sagarpa, México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.

Cushing, D. H. 1982. *Climate and fisheries*. Academic Press. London-New York. 373 p.

Gonzalez-Silveira, A., E. Santamaria-del-Angel, R. Millan-Nuñez and H. Manzo-Monroy. 2004. Satellite observations of mesoscale eddies in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo (Eastern Tropical Pacific). *Deep-Sea Research Part II* 51(6):587-600.

IRI/LDEO. 2017. Biblioteca de Datos Climáticos. http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/nmc/.Reyn_SmithOlv1/.monthly/.sst/

Medina-Reyna, C. E., O. Morales-Pacheco y H. T. Salinas-Orta. 1998. El reclutamiento de las postlarvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en el Golfo de Tehuantepec: Una revisión. *Ciencia y Mar* 5:33-44.

NASA.2017. Physical Oceanography Distributed Active Archive. <https://podaac.jpl.nasa.gov/>

NOAA, 2017. Climate Diagnostic Center of the National Oceanography and Atmospheric Administration. <http://www.cdc.noaa.gov/people/klau.wolter/MEI/table.html>.

Pérez-Marrero, J., A. Cianca, R. Santana, E. Pérez-Martell, M.J. Rueda y O. Llinás. 1999. Asignación de profundidad significativa a las observaciones remotas de la temperatura superficial del mar. *Revista de Teledetección* 12:85-88.

Ramos-Cruz, S., B. Sánchez-Meraz, F. Carrasco-Ayuso y P. Cervantes-Hernández. 2006. Estimación de la tasa de mortalidad natural de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931), en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 41(2):221-229.

Sierra, R. P. 1993. Abundancia estacional de postlarvas de *P. vannamei* en la bocabarra de Tonalá Chiapas (Investigaciones del CRIP Salina Cruz, 1990-1992). Doc. Téc. CRIP Salina Cruz. Salina Cruz, Oaxaca (inédito). 3 p.

StataSoft, 1997. Statistica for Windows (v. 5.1). Tulsa, Oklahoma, USA.

Trasviña Castro, A., y E. D. Barton, E. D. 1997. Los “Nortes” del Golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. Cap. 2. p. 25-46. In: Lavín M. F. (ed.). Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía Núm. 3. (ID: 2214).

Wolter, K. and M. S. Timlin. 1998. Measuring the strength of ENSO events. How does 1997/98 rank? *Weather*. 53(9):315-323.

HELMINTOS PARÁSITOS DE LA MOJARRA BLANCA, *Diapterus auratus* (Ranzani, 1842) DEL ARROYO MORENO, BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

Gilberto Muñoz Nieto³⁵⁵, Jesús Montoya Mendoza^{355*}, Edgar F. Mendoza Franco³⁵⁶, María del Refugio Castañeda Chávez³⁵⁵ y Jesús Herrera Triana³⁵⁵

Resumen

Se realizó examen helmintológico a 35 peces de *Diapterus auratus* del Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz, México. 14 especies de helmintos parásitos fueron recuperados, 10 especies son nuevos registro de hospedero y 3 son nuevos registros de localidad. El 71.5% de las especies son endoparásitos e infectan al hospedero por la vía digestiva y 28.5% son ectoparásitos. La especie con mayor prevalencia fue el trematodo endoparásito *Crassicutis marina* (51.6%), seguida por los monogéneos *Diplectanum mexicanum* (48.5%) y *Diplectanum* sp. (48.5%). Se aumenta a 22 especies de helmintos parásitos en el litoral de México en el sureste del Golfo de México. No se registró riesgo zoonótico para el consumo humano *D. auratus*.

Palabras clave: helmintos, ectoparásitos, endoparásitos, *Diapterus auratus*, Veracruz

Introducción

Los ambientes costeros generan una gran variedad de bienes, servicios, usos y funciones de valor para la sociedad, la flora y fauna silvestre, así como para el mantenimiento de sistemas y procesos naturales. Estos ambientes juegan un papel muy importante como hábitats únicos que albergan una amplia variedad de flora y fauna silvestres, incluyendo especies de importancia comercial, puesto que un alto porcentaje de los mariscos que consumimos, provienen de las lagunas costeras, esteros y de la zona costera adyacente como el ostión, camarón, jaiba, almejas y una gran cantidad de peces. Por otro lado, los esteros como ambientes costeros son áreas utilizadas comúnmente para protección, alimentación y

³⁵⁵ Laboratorio de Investigación Acuícola Aplicada. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. *Autor de correspondencia: jesusmontoya@itboca.edu.mx.

³⁵⁶ Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.

reproducción de muchos organismos marinos, por lo que gran número de pesquerías litorales dependen de la conservación de la salud de estos ecosistemas (Ruiz y López-Portillo, 2014). Por otro lado, los peces como muchas especies dependen de estos tipos de humedales para completar su ciclo de vida o al menos una parte del mismo, entre ellos se señalan a los gerridos, como un importante recurso pesquero de estos sistemas (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia, 1986).

Los peces, como otros componentes de la estructura de la comunidad estuarina, no están libres de agentes patógenos y están infectados por helmintos. Los registros de la helmintofauna de hospederos de la Familia Gerridae no es amplia, particularmente de *Diapterus auratus*, se cuenta con los registros de *Crassicutis cichlasomae*, *Homalometron pallidum* y *Strigeidae* sp. (Pérez-Ponce de León et al., 2007), *Caballerorhynchus lamothei*, *Dollfusentis chandleri* y *Pomphorhynchus bulbocolli* (García-Prieto et al., 2010), *Aristocleidus hastatus* y *A. lamothei* (Mendoza-Franco et al., 2009), *Microcotyle atriobursata* y *Microcotyle tampicensis* (Kohn et al., 2006), por lo que el presente trabajo propone señalar los parámetros parasitarios de las especies de helmintos y el riesgo zoonótico por el consumo humano de *D. auratus* del Arroyo Moreno, Veracruz.

Materiales y métodos

Los peces estudiados fueron capturados por los pescadores locales con atarraya de 1.0 pulgadas de luz de malla y 3.5 m de diámetro, en el Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz. Se examinaron 35 para estudio helmintológico de marzo a junio de 2017. Los peces fueron trasladados en contenedores de plástico con hielo al Laboratorio de Investigación Acuícola Aplicada (LIAA) del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA). Se tomaron datos morfométricos y se aplicó examen helmintológico interno y externo, que incluyó todos los tejidos excepto sangre y huesos siguiendo los criterios de Lamothe-Argumedo (1997). Los helmintos encontrados se separaron en cajas Petri con solución salina al 0.65%, se fijaron con formalina al 4% caliente, se preservaron en frascos viales con alcohol al 70% para ser teñidos con Carmín de Mayer o Paracarmín, se deshidrataron con alcohol y se aclararon con aceite de clavo, se elaboraron preparaciones totales con Bálsamo de Canadá, los nemátodos fueron montados en preparaciones temporales y aclarados con glicerina pura (Vidal-Martínez et al., 2001). Posteriormente se procedió al estudio morfológico e identificación de los parásitos mediante las claves correspondientes y se calcularon prevalencia e intensidad promedio siguiendo los criterios de Bush et al. (1997).

Resultados y discusión

Se examinaron 35 especímenes (11 machos y 24 hembras) con longitud total (cm) de 9.9 ± 2.3 (5.9-19) y con peso (g) de 32.1 ± 15.4 (7-73). En total, se colectaron 380 helmintos distribuidos en 14 especies ubicadas en cuatro de los cinco grupos de helmintos: Tremátodos 6 (4 adultos, 2 metacercarias), Monogéneos 4 sp., Céstodos 1 sp. (Larva), Nemátodos 3 sp. (1 adulto, 2 larvas). La mayor prevalencia fue para el tremátodo *Crassicutis marina* (51.6%) y los monogéneos *Diplectanum mexicanum* (48.5%) y *Diplectanum sp.* (48.5%); la mayor intensidad promedio fue para *C. marina* (9.1 ± 17.2) y *Aristocleidus hastatus* (8.2 ± 8.9) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prevalencia e intensidad promedio de helmintos parásitos de *Diapterus auratus* del Arroyo Moreno, Boca del Río, Veracruz, México. B, Branquias; A, aletas; I, Intestino; n (P %), Prevalencia; IP, Intensidad promedio, *, nuevo registro de hospedero; †, nuevo registro de localidad.

Especie	sitio	n (P %)	IP (\pm sd)	mín-máx
MONOGÉNEOS				
<i>Aristocleidus hastatus</i>	B	5 (14.2)	8.2 ± 8.9	1-12
<i>Diplectanum mexicanum</i>	B	17 (48.5)	6.2 ± 4.3	1-17
<i>Octouncuhaptor eugerrei</i> *†	B	7 (20)	2 ± 1.8	1-6
<i>Diplectanum sp.</i> *	B	17 (48.5)	4.5 ± 3.4	1-12
TREMÁTODOS				
<i>Crassicutis marina</i> *†	I	16 (51.6)	9.1 ± 17.2	1-72
<i>Aponurus sp.</i> *	I	3 (8.5)	1 ± 0	1-1
<i>Homalometron sp.</i> †	I	2 (5.7)	7 ± 7.1	2-12
<i>Lecithochirium sp.</i> *	I	1 (2.8)	$2 \pm -$	2
<i>Stephanostomum sp.</i> ^m *	I	1 (2.8)	$1 \pm -$	1
Trematoda ^m	A	11 (31.4)	2.8 ± 1.9	1-7
CÉSTODOS				
<i>Tetraphyllidea</i> *	I	5 (14.2)	1.6 ± 0.5	1-2
NEMÁTODOS				
<i>Cucullanus sp.</i> *	I	1 (2.8)	$1 \pm -$	1
<i>Hysterothylacium sp.</i> *	I	1 (3.2)	2 ± 1.4	1-3
Capillariidae*	I	1 (2.8)	$1 \pm -$	1

El 57.1% de las especies de parásitos tienen a *D. auratus* como hospedero definitivo, que se infecta de forma directa por los monogéneos y por consumo de hospederos intermediarios

que contienen las etapas larvianas de los parásitos tremátodos, cestodos y nemátodos. Los grupos de helmintos fueron similares a las otros gerridos. Sin embargo, se observan diferencias en la helmintofauna de especies simpátricas de *D. auratus*, debido a las condiciones ambientales de donde se capturó, dado que los registros previos en su mayoría fueron de especímenes capturados en condiciones más dulceacuícolas (Pérez-Ponce de León et al., 2007; García-Prieto et al., 2010). En cambio, *D. auratus* del presente trabajo fue de condiciones estuarinas y los endoparásitos de hospedero que hacen incursiones del medio marino al estuarino y a su vez al dulceacuícola, son sustituidos (Montoya-Mendoza et al., 2015).

Por otro lado, se registraron 14 especies de las cuales 10 corresponden a nuevo registro de hospedero y 3 son nuevo registro de localidad para el litoral de México correspondiente al sureste del Golfo de México, aumentando a 22 especies de helmintos (Tabla 1). No se observó correlación entre la talla y el número de especies de helmintos ($r^2 = 0.009$) ni entre la talla y el número de helmintos ($r^2 = 0.044$). Tampoco se observó riesgo zoonótico por el consumo esa especie de hospedero al no registrar larvas enquistadas de *Anisakis* sp., *Gnathostoma* sp., en tejidos del hospedero como ocurre con otras especies de peces marinos, estuarinas o dulceacuícolas.

Conclusiones

1. Se aportó registro parasitario de 14 especies de helmintos para *Diapterus auratus*, con 10 nuevos registros de hospedero y 3 nuevos registros para el sureste del Golfo de México.
2. Los tremátodos y monogéneos son las especies con mayor prevalencia e intensidad promedio.
3. Para el 64.2 % de las especies de parásitos de la mojarra blanca es hospedero definitivo.
4. El trematodo *C. marina* es el parásito más prevalente y con mayor intensidad promedio.
5. No hay riesgo zoonótico por el consumo humano de esta especie de pez.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por Tecnológico Nacional de México, clave: TNM-6031.17-P.

Literatura citada

- Aguirre-León, A. y A. Yáñez-Arancibia. 1986. Las mojarra de la Laguna de Términos, Campeche: Taxonomía, biología, ecología y dinámica trófica (Pisces: Gerreidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM 13:369-444.
- Bush, A.O., K.D. Lafferty, J. M. Lotz and A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology oits own terms: Margolis et al. revisited. J. Parasitol. 83:575-583.
- García-Prieto, L., M. Gracia-Varela, B. Mendoza-Garfias and G. Pérez-Ponce de León. 2010. Checklist of the Acanthocephala in wildlife vertebrates of Mexico. Zootaxa 2419:1-50.
- Lamothe-Argumedo, R. 1997. Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. AGT Editor, México, D. F. 43 p.
- Kohn, A., S.C. Cohen and G Salgado-Maldonado. 2006. Checklist of Monogenea parasites of freshwater and marine fishes, amphibians and reptiles from Mexico, Central America and Caribbean. Zootaxa 1289:1–114.
- Mendoza Franco, E.F., J. Violante-González and D.G. Roche. 2009. Interoceanic occurrence of species of *Aristocleidus* Mueller, 1936 (Monogenoidea: Dactylogyridae) parasitizing the gills of gerreid fishes in the Neotropics. Parasitology Research, 105:703–708.
- Montoya-Mendoza, J., M.R. Castañeda-Chávez and F. Lango-Reynoso. 2015. Helminths of Sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae) from Alvarado, Veracruz. Mexico” Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences 4(2):45-47.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto and B. Mendoza-Garfias. 2007. Trematode parasites (Platyhelminthes) of wildlife vertebrates in Mexico. Zootaxa 1534:1-247.
- Ruiz, M. and J. López-Portillo. 2014. Variación espacio-temporal de la comunidad de macroinvertebrados epibiontes en las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en la laguna costera de La Mancha, Veracruz, México. Revista de Biología Tropical 62(4):1309-1330.
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís and E. Mendoza-Franco. 2001. Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico. Academia, Praga. 185 p.

ASPECTOS POBLACIONALES Y PESQUERÍA DEL PEZ SIERRA *Scomberomorus maculatus* (MITCHILL, 1815) EN COSTAS DE VERACRUZ

González Ramos Ofelia^{357*}, Adaline Xocoyotzi Chevez Manzo³⁵⁷, Karla Campos Chablét³⁵⁷,
Jesús Castro Campa³⁵⁷, Yair Alexis del Ángel Rosas³⁵⁷ y Patricia Astrid Luna Ortiz³⁵⁷

Resumen

El estado de Veracruz, primer productor pesquero de la región del Golfo de México y Caribe y quinto a nivel nacional. Entre las especies de peces marinos capturadas que tienen mayor peso en la economía de la entidad se encuentran los peces pelágicos costeros migratorios denominados pequeños túnidos, de amplia distribución conocidos en costas del estado de Veracruz como: sierra *Scomberomorus maculatus* (Mitchill, 1815); Peto *S. cavalla* (Cuvier, 1829). Peto y Sierra por ser migratorios en el Golfo de México son recursos compartidos con EUA lo que les da mayor importancia. Por muchos años el estado de Veracruz fue el principal productor de sierra en el Golfo de México, más en años recientes, la mayor captura le corresponde a Campeche, Veracruz, Tamaulipas y Tabasco en orden de importancia. Su pesca se efectúa con: redes agalleras y chinchorro playero. Conocer el estado actual del recurso pesquero sierra *Scomberomorus maculatus* es el objetivo primordial de este estudio. Durante el período 2007-2017 se han realizado muestreos de la captura comercial en Antón Lizardo, Veracruz, registro de datos de longitudes y pesos, aunado a la compilación de esfuerzo pesquero en campo y estadísticas de captura oficiales son la base de este estudio. Se han determinado los parámetros poblacionales básicos: estructura de la población, edad y crecimiento en longitud y peso, talla y peso promedio de captura, relaciones biométricas; talla de reclutamiento, entre otros; con apoyo del Programa FISATII. El gráfico del análisis de tallas para sierra indicó una talla promedio de captura entre 40 y 47 cm, que corresponden a edades de IV y V años, y peso promedio entre 300 y 600 g, talla máxima de 68 cm con peso de 1,800 g. Se hace un análisis de la variación de esta pesquería a lo largo del tiempo, se comparan resultados con otros autores.

Palabras clave: *Scomberomorus maculatus*, escómbridos, pelágicos, pesquería, migratorios

³⁵⁷ Instituto Tecnológico de Boca del Río. * Autor de correspondencia: gonzalez_ofe@hotmail.com

Introducción

El estado de Veracruz, primer productor pesquero de la región del Golfo de México y Caribe y quinto a nivel nacional. Su producción osciló alrededor de 150 000 toneladas en la década de los años noventa, en 1996 se registraron 157,520 t, la producción inició una tendencia a disminuir. En 1999 fue de 136,328 t, 2002 registró 105,691 t. La serie histórica de la producción pesquera en Veracruz muestra la disminución de la captura de sierra en el período 2004 - 2013 (CONAPESCA, 2013). Para el año 2015 la producción pesquera y acuícola fue de 71,000 t en promedio, la pesca de captura representó 56.6% y la acuicultura el 43.4% con un valor de 1,185 millones de pesos.

Entre las especies de peces pelágicos costeros migratorios marinos capturados con mayor importancia comercial en la entidad se encuentran los escómbridos sierra, peto, y bonito denominados pequeños túnidos; en el período 2004-2013, la producción pesquera promedio de la sierra *Scomberomorus maculatus* (Mitchill, 1815) para el estado de Veracruz fue de 1,764 toneladas, en el mismo periodo le correspondió a Campeche una producción de 1,966 t; Tamaulipas 1,031 t y Tabasco con 942 t lo que indica que el estado de Veracruz ocupa el segundo lugar en la producción de Sierra en el Golfo de México y Caribe.

Dentro del Golfo de México, los movimientos migratorios se realizan a lo largo del año: de sur a norte durante primavera-verano y en sentido inverso en otoño o-invierno (Mendoza, 1968).

El pez marino denominado sierra es un recurso pesquero de importancia comercial, de la familia Scombridae, de nombre común sierra, macarela española o Spanish mackerel, y de nombre científico *Scomberomorus maculatus* (Mitchill, 1815) (Figura 1).

La sierra se distribuye en el oeste del Océano Atlántico, desde el sur de Massachusetts a lo largo de la costa de E.U., Golfo de México hasta la Península de Yucatán, México.

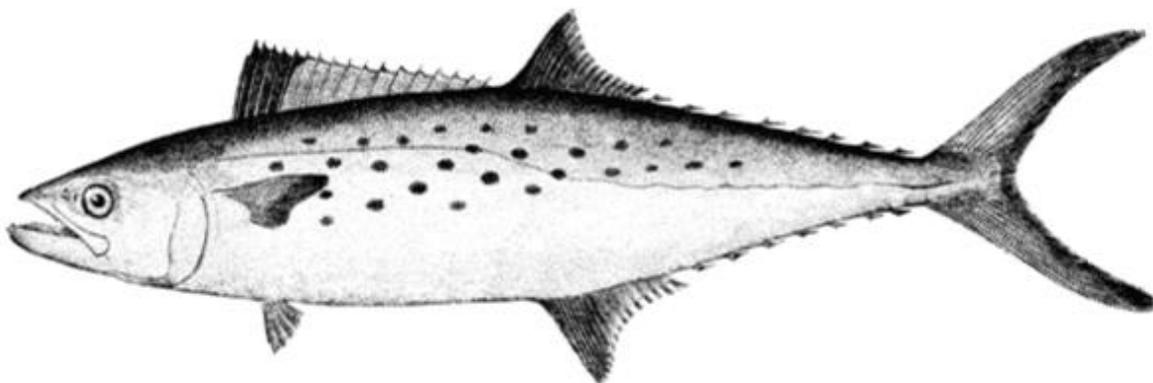


Figura 1. Sierra *Scomberomorus maculatus* (Mitchill, 1815).

Fuente: Collette, and Nauen, (1983)

Diagnóstico de especie

El dorso es de color azul verdoso iridiscente y los costados del cuerpo plateado con numerosas manchas redondas amarillas o bronceadas; el tercio anterior de la primera dorsal es negro. Cuerpo alargado, fusiforme y comprimido, completamente cubierto de pequeñas escamas rudimentarias. Hocico mucho más corto que el resto de la cabeza. Parte posterior del maxilar, expuesta. Branquiespinas en el primer arco: 1-4 en el limbo superior; de 8-13 en el limbo inferior; 10-16 en total. Dos aletas dorsales poco separadas. Primera dorsal con 17-19 espinas. Segunda dorsal con 17-20 (en general 18 o más), seguidas de 7-9 pínulas. Aleta anal con 17-20 radios, seguidos de 7-10 pínulas. Aleta pectoral con 20-23 radios (en general, 21). Línea lateral que se curva gradualmente hacia abajo, en dirección al pedúnculo caudal. Proceso interpélvico pequeño y bifido. Aletas pélvicas relativamente largas. Morfología interna_ Carece de vejiga natatoria. Vértebras: 51-53. Intestino con dos pliegues y 3 limbos. (Collette and Russo, 1984). Se comercializa localmente entero fresco y enhielado para su transportación a diferentes centros de abasto: una pequeña parte se vende ahumado.

La comunidad de Antón Lizardo Municipio de Alvarado, Veracruz es netamente pesquera, la extracción de recursos pesqueros es la principal actividad económica, se caracteriza por la pesca ribereña de escama en la que destacan: peces pelágicos costeros, peces pelágicos migratorios, y peces de fondo blandos y rocosos asociados al sistema arrecifal; además de captura de pulpo y caracol, entre otros; está considerada Región Marina Prioritaria de Estudio no. 49 por la Comisión Nacional de la Biodiversidad por su importancia pesquera y diversidad biológica. - Parte de su área está dentro del Área Natural Protegida: Parque Marino Nacional del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV). - La zona de Antón Lizardo es la principal población pesquera dentro del Sistema SAV; aquí, se mantienen activas diversas pesquerías, y uno de los sitios de desembarco de la flota artesanal palangrera-tiburonera y pesca ribereña multiespecífica, en cuya playa arriban las embarcaciones dedicadas a la pesca de captura marina. La Sierra *S. maculatus* por ser migratorio es un recurso compartido en el Golfo de México con el país vecino los EUA, según los estudios de mercado realizados por el INP de México y el NMFS de EUA, período 1975-1980 (Sutherland and Fable, 1980). Con lo anterior mencionado, se hace necesario conocer el estado actual del recurso pesquero *Sierra Scomberomorus maculatus* en relación a su estructura poblacional, edad y crecimiento entre otros y aspectos de su pesquería que es el objetivo primordial de este estudio.

Materiales y métodos

Los muestreos fueron realizados durante el período 2007–2016 en plantas receptoras, sociedades cooperativas y lugares de desembarco del producto en Antón Lizardo, Veracruz. Se realizó un muestreo masivo, a los ejemplares capturados se registraron las medidas: longitud total (LT), longitud furcal (LF), longitud patrón o estándar (LP) en cm. Para ello fue diseñado un lictiómetro de madera, y se registró el peso total. Con claves taxonómicas específicas para la familia Scombridae se identificó y describió esta especie. Se determinó la estructura de la población en espacio y tiempo, en talla o longitud y en peso, ambos sexos, por muestreo y localidad para cada uno se elaboró el gráfico de distribución de frecuencias con datos agrupados en intervalos de 3 cm.

Determinación de edad. Para la separación de grupos de edad o cohortes se recurrió a la aplicación de métodos indirectos basados en el análisis de tallas o longitudes como el método de Bhattacharya (1973), incluido en el Programa FISAT II.

Determinación de crecimiento

Para el análisis de poblaciones conviene expresar el crecimiento de los organismos en forma de una expresión matemática. Uno de los modelos matemáticos de crecimiento, mejor conocidos es el propuesto por Von Bertalanffy (1938), que satisface dos criterios importantes: se ajusta a la mayoría de los datos observados de crecimiento de peces y puede incorporarse fácilmente a modelos para evaluación de poblaciones. Está basado en observaciones fisiológicas, pues el consideró que el crecimiento en peso era el resultado de la diferencia entre factores anabólicos y catabólicos considerados como proporcionales a la superficie de absorción y al peso del organismo, respectivamente (Gulland, 1971). Por lo tanto, en este trabajo se utilizará este modelo matemático de crecimiento. Crecimiento en Longitud, expresado por la ecuación: $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$ Donde: L_t = Longitud del pez a la edad t . L_∞ = Longitud teórica promedio máxima que puede alcanzar el pez o longitud asintótica. K = Constante catabólica. t_0 = Longitud del pez a la edad hipotética $t=0$. Existen varios procedimientos para la determinación de los parámetros L_∞ , k y t_0 . Los parámetros L_∞ , k y t_0 de esta ecuación se determinarán por medio de la regresión por mínimos cuadrados de las longitudes observadas a cada grupo de edad. Donde: $k = -\ln b$ $a = 1 - b$ El valor del parámetro t_0 se estima indirectamente de la ecuación de crecimiento, para ello se tiene $t_0 = t + \frac{1}{k} \ln \frac{L_\infty - L_t}{L_\infty}$

Crecimiento en peso se obtuvo aplicando la ecuación: $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$. Los valores de W_∞ y b se obtienen de la regresión peso longitud. Así para una L_∞ determinada, tenemos el

valor de W_{∞} y b es igual al exponencial de la misma. Los valores de $-k$ y t_0 son los que se presentan para el crecimiento en longitud (Pauly, 1984).

Relaciones Biométricas: Relación Longitud Total–Longitud Furcal y LT-LP ya que siguen un comportamiento lineal se recurre a la expresión lineal: $Y=a+bX$ Donde: Y =Variable dependiente, a =ordenada al origen, b =Pendiente, X =variable independiente.

Relación Peso - Longitud. Ya que en peces un diagrama de dispersión de datos comprueba un comportamiento exponencial y además que en peces existe una relación cúbica entre la longitud y el peso se recurre a la expresión exponencial: $W=aL^b$. Dónde: W = peso, a = ordenada al origen, L = Longitud y b =pendiente (tipo de crecimiento) (Weatherley and Gill, 1987).

Evaluación de las pesquerías

Existen diversos modelos matemáticos que se adaptan para la evaluación de poblaciones pesqueras en este caso se recurrió al que más se adapta para peces con apoyo del programa computarizado FISAT II. También es necesaria la información de estadísticas pesqueras en los últimos años, así como datos de esfuerzo de pesca, captura por unidad de pesca.

Resultados y discusión

Estructura de la población

En longitud total (cm) y en peso entero (g). Los resultados se obtuvieron por medio del NORMSEP incluido en el programa FISAT II. En el 2007 y 2008 fueron muestreados un total de 456 organismos con una talla promedio de captura entre 43 y 47 cm en LT con un peso promedio entre 600 y 700 g., para ambos sexos. Solo se presentan los meses marzo y abril por ser un pelágico migratorio que representa su captura para esta entidad en la región centro. En el Cuadro 1 se observa la composición de la población en el periodo 2007-2017 con tallas promedio de captura entre 43 y 48 cm en LT, el 2014 represento a las sierras más pequeñas durante este período la talla mínima 15 cm, aunque un 20% de la población presentó un promedio de 17 cm, el 45% presento talla promedio de 31 cm la talla máxima 47 cm solo lo anterior para el 2014. Las tallas más grandes entre 60 y 68 cm corresponden al 2007 y 2008 con peso medio de 1400 g, durante 2011 y 2017 la talla promedio de captura fue de 42.5 cm con talla mínima de 35 cm y la máxima entre 52 y 57 cm se presentaron y peso mínimo de 250 g y 1800 g de peso máximo, y peso promedio entre 600 y 700 g.

Cuadro 1. Composición de la población de Sierra Scomberomorus maculatus en LT (cm) y peso entero (g). Antón Lizardo, Veracruz. 2007-2017.

LT(cm)	2007		2007	2008	2011	2014	2017
Peso (g)	Marzo	Abril	M-A	Abril	Octubre	M-A	Abril
Talla mínima	39	38	37	35	37	15	35
Talla media	43.5	45.4	48.2	46.8	42.55	31	42.38
Talla máxima	68	59	67	62	57	47	51.9
Peso mínimo	250	-	250	260	500	215	359
Peso medio	712	-	712	620	600	606-	970
Peso máximo	1800	-	1800	1400	1300	840	1802
N	154	125	179	177	47	150	176

En los últimos años la talla promedio de captura es de 42 cm, con talla mínima de captura promedio es de 37 cm y peso promedio de captura de 650 g; los meses de mayor captura en esta localidad marzo y abril, en el 2014 se capturaron tallas muy pequeñas con 31 cm en promedio y mínima de 15 cm y en 2017 la talla promedio fue de 42 cm aunque la talla máxima fue de 52 cm. Los meses de captura restantes coinciden con la temporada de nortes repercutiendo en su baja o nula captura.

Mendizábal (1987), para el estado de Veracruz reporta que la mayor frecuencia de captura se da de los 38 a los 46 cm; la talla más pequeña es de 17 cm y la más grande es 69 cm. (Becerril, 2014), menciona que la captura de sierra más numerosa para la región centro representa solo una captura del 2,28% y pertenece a ejemplares con tallas mínimas de 35 cm y máximas de 62 cm. Lo reportado por los autores mencionados coincide con los resultados del presente estudio.

Relaciones biométricas

Se muestran las gráficas de las regresiones del año 2008 en ellas se utilizaron datos de 177 organismos y Programa FISAT II que incluye el análisis de regresión, las demás relaciones biométricas correspondientes a los otros años se muestran en el Cuadro 2.

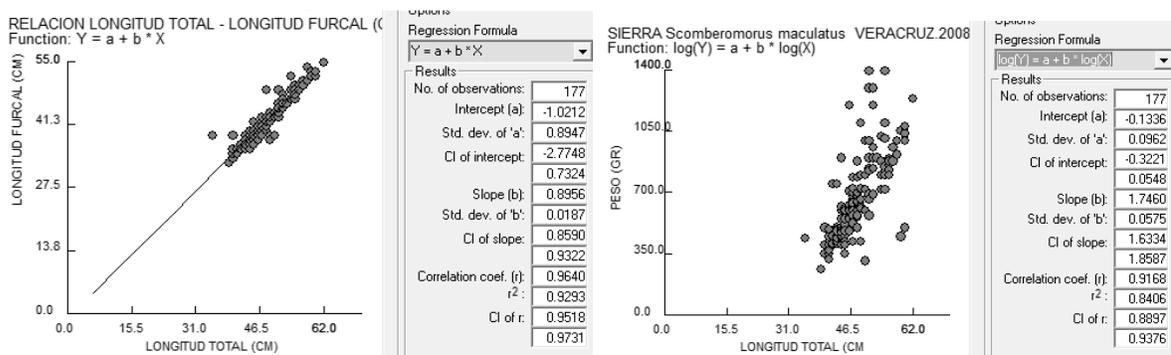
Relación LT vs LF. (cm). Expresada por la ecuación $LF = -1.0212 + 0.8956LT$ y $r = 0.9640$ Fig.2. Regresión LT- LP (cm). Expresada por la ecuación: $LP = -1.8776 + 0.8489 LT$ con un coeficiente de correlación: $r = 0.9583$.

Regresión Peso – LT. Queda expresada por la ecuación: $W = 0.2594 LT^{1.9985}$ $r = 0.9658$ Fig. 3.

Cuadro 2. Expresiones matemáticas entre las variables de longitud (cm) y peso (g) en Sierra *Scomberomorus maculatus* en costas de Veracruz. 2007-2017.

AÑO / REGRESION	LT - LF	LT - LP	LT - PESO
2007 n=154	LF= -1.27+0.90LT r = 0.9552	LP = -1.10+0.83LT r = 0.861	----
2008 n = 177	LF=-1.012+0.895LT r = 0.9640	LP = 1.78+0.77LT r = 0.88	W = -0.1336LT^{1.7460} r=0.9168
2011 n = 47	LF=-0.284+0.872LT r = 0.9916	----	W= -0.0161LT^{1.7037} r = 0.9815
2014 n = 75	LF= 2.648+1.005LT	LP=-3.3825+0.9899LT r = 0.9965	W= 0.4920LT^{1.540} r = 0.9550
2017 n= 177	----	LP= -5.3091+0.9975LT r = 0.9901	W = 0.2594 LT^{1.9985} con r = 0.9658

Es notorio el comportamiento exponencial de los datos en la relación Peso- LT donde el valor de a nos indica el factor de condición del organismo a lo largo del tiempo y el valor de b nos indica el tipo de crecimiento. Otras estimaciones de los parámetros de la relación longitud-peso para esta especie en el estado fueron: Mendoza (1968), (ambos sexos, $P = 0.0061 * L^{3.002}$) y Mendizábal (1987). ($P = 0.0067 * L^{2.974}$) (Figuras 2 y 3).



Figuras 2 y 3. Relaciones LT-LF (cm) y LT (cm) –Peso (g) *S. maculatus* Antón Lizardo, Ver. 2008.

Determinación de edad

Fue determinada inicialmente por el método de Bhattacharya través del programa FISAT II, los datos fueron agrupados en intervalos de 3cm. con su respectiva frecuencia, por muestreo y año. Los promedios de longitud a cada edad obtenidos, fueron distribuidos en base a tallas y repetición de estas medias, los mismos fueron utilizados para determinar crecimiento. El año mejor representado para determinar crecimiento fue 2014 ya que se presentaron las tallas más pequeñas mas no hubo tallas grandes, por ello para cálculo de crecimiento se obtuvo sacando promedios a los grupos correspondientes por grupo de edad mismos que se utilizaron para determinar crecimiento y se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Promedios en LT (cm) a cada edad obtenidos por método Bhattacharya FISAT
II. Sierra *Scomberomorus maculatus*. Antón Lizardo, Veracruz. 2007-2017.

Edad/ Año	2007	2008	2011	2014	2017	
	M-A	Abril	Octubre	M-A	Abril	Global
I	---	---	---	17.0	----	17
II	---	---	---	26.0	---	26
III	---	---	40.82	39.2	39.46	40
IV	45.22	44.58	47.12	43.0	46.58	45
V	51.91	50.05	----	---	---	51
VI	59.5	----	----	---	---	59.5

En relación al último año, se realizaron tres muestreos en abril del 2017, siendo un total de 176 organismos, se presentaron dos grupos de edad: edad I-43.5, y II-53.5 cm de LT.

Determinación de Crecimiento

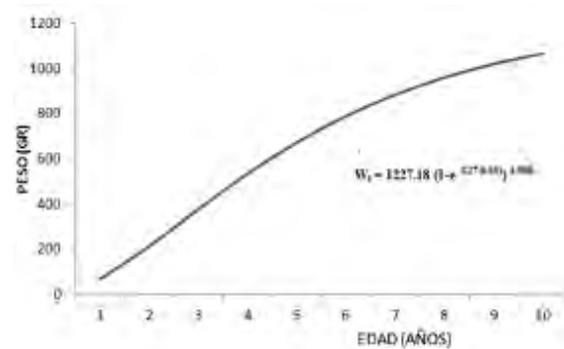
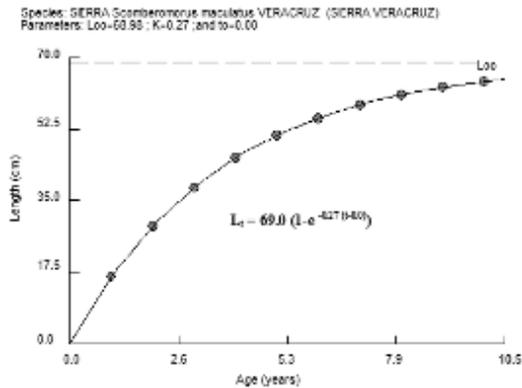
Crecimiento en Longitud. Se determinó crecimiento por el modelo de Von Bertalanffy. Se aplicaron varios métodos para el cálculo de los parámetros de crecimiento entre ellos el grafico de Von Bertalanffy utilizando para su realización 179 datos que corresponden al año 2014. Considerando de entrada una ele infinita de 61.cm en LT. $t_0 = -a/b = 0.54/0.78$ $t_0 = -0.69$ $K=b$ K es la pendiente $K=0.78$ la ecuación de crecimiento en LT: $L_t = 61(1 - e^{-0.78(t + 0.69)})$. El crecimiento en peso (g) quedó expresado en la ecuación: $W_t = 1036.95 [1 - e^{-0.78(t + 0.69)}]^{2.456}$

Debido a que los parámetros ele y peso infinito son bajos por muestreo sesgado y como ya se mencionó anteriormente en el cuadro 3 que muestran los promedios de longitud a cada edad se sacó un promedio global con ellos que son los que se utilizaron para determinar las ecuaciones de crecimiento en longitud y peso definitivas. La curva de crecimiento obtenidas por FISAT II en LT (cm) para la sierra *S. maculatus* queda expresada por la ecuación $L_t = 69.0 (1 - e^{-0.27(t-0.0)})$ se aprecia en la Figura 4.

Crecimiento en peso. En base a la relación peso (g) longitud total (cm) obtenida con datos de 171 organismos del año 2017 expresada en la ecuación: $W = 0.2594 LT^{1.9985}$ con $r = 0.9658$ se obtuvo el peso infinito igual a 1227.18 g para 69 cm que corresponden a la ele infinita o longitud máxima teórica que puede alcanzar el organismo en este caso la sierra. La curva de crecimiento en Peso (g) para la sierra *S. maculatus* en costas de Veracruz: $W_t = 1227.18 (1 - e^{-0.27(t-0.0)})^{1.9985}$ (Figura 5).

El Cuadro 4 muestra la Clave Edad – Longitud Total producto de desarrollar ambas ecuaciones de crecimiento reflejadas en los gráficos de las curvas de crecimiento.

Longevidad de la sierra *Scomberomorus maculatus* = $3/K$ $3 / 0.27 = 11.11$ igual a once años.



Figuras 4 y 5. Curvas de crecimiento en longitud total (cm) y peso (g) de sierra *Scomberomorus maculatus* en costas de Veracruz 2017.

La talla promedio de captura para la sierra en costas de Veracruz es de 42 cm con edad promedio de 4.3 años con rango entre 40 y 47 cm y peso entre 350 y 675 g con edad entre III-V años. Mendoza (1968), indica la edad III como la mejor representada, siguiendo la IV en abundancia. Se encuentra que la captura más abundante corresponde a las edades II y III con longitudes promedio de 30.96 y 25.08 cm. Mendizábal (1987), para la misma zona reporta la talla más pequeña 17 cm y la más grande 69 cm. Mendizábal (1979), obtuvo $L_{\infty}=58.28$, $K=0.648$ y $t_0 = 0.298$.

Cuadro 4. Clave Edad-LT (cm) – Peso (g) de sierra *Scomberomorus maculatus* en costas de Veracruz.

Edad	LT obs.	LT (cm)	Peso (g)
I	17	16.35	68.85
II	26	28.84	213.93
III	40	38.30	378.53
IV	45	45.56	535.55
V	51	51.11	673.68
VI	59.5	55.34	789.78
VII		58.57	884.62
VIII		61.04	960.62
IX		62.92	1020.75
X		64.36	1067.18

Conclusiones

1. Se conocen los parámetros poblacionales básicos de *S. maculatus* en costas de Veracruz: estructura de la población: la talla más pequeña fue de 15 cm igual 1 año y la máxima 68 cm en LT, la captura se presenta en tallas entre 40 y 47 cm con peso entre 350 y 675 g. La talla promedio de captura para la sierra en costas de Veracruz es de 42 cm con edad promedio de 4.3 años. Se presentan dos grupos de edad por temporada la edad III y V al pasar por costas de Veracruz. La relación peso – longitud es igual a: $W = 0.2594 LT^{1.9985}$. El crecimiento en longitud queda expresado por la ecuación $L_t = 69.0 (1 - e^{-0.27(t-0.0)})$ y el crecimiento en peso: $W_t = 1227.18 (1 - e^{-0.27(t-0.0)})^{1.9985}$.
2. Con lo anterior aunados al de otras entidades mexicanas permitirán aplicar un modelo de evaluación acorde a este recurso migratorio. La revisión de estadísticas de captura nos indica que el estado de Veracruz actualmente ocupa el segundo lugar en producción de sierra después de Campeche en el Golfo de México.

Literatura citada

- Bhattacharya, C. G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23:115-135.
- Becerril, E. Y. 2014. Caracterización de Pesca ribereña de escama marina en el litoral Veracruzano INP. Titulación: Memoria de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz.
- Collette, B.B. and C.E. Nauen, 1983. FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop. (125) 2: 137 p.
- Collette, B. B. and J. L. Russo. 1984. Morphology, systematics, and biology of the Spanish mackerels (*Scomberomorus*: Scombridae). *Fish. Bull.* 82(4):545-692.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). 2013. Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca. SAGARPA.
- Gulland. J. A. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las poblaciones de Peces. FAO Edit. Acribia, España 165 p.
- Mendizábal O. D. 1987. Análisis preliminar del estado de la población de sierra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), del Golfo de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Mendoza N. A. 1968. Consideraciones sobre la biología pesquera de la sierra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), en el estado de Veracruz. Bios. 1(2):11-22.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM. Contribution No.143.

Sutherland, D. F. and W. A. Fable Jr. 1980. Results of a king mackerel (*Scomberomorus cavalla* and Atlantic Spanish mackerel *Scomberomorus maculatus*) migration study, 1975-1979. U.S. Dep. Comm., NOAA, Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-12.

Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). Human Biology 10(2):181-213.

Weatherley, A. H. and H. S. Gill. 1987. The biology of fish growth. Academic Press. London. p. 14-21.

LA ESTRUCTURA SOCIAL DE LOS PESCADORES DE LA COMUNIDAD DE BAHÍA CHIEPUEVA, EN LA REGION DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC OAXACA

Enrique Jarquin-Raymundo^{358*}, Nimcy Arellanes-Cancino³⁵⁸ y María del Refugio Castañeda-Chávez³⁵⁹

Resumen

Este trabajo aborda el tema de los pescadores artesanales, sus características sociales y el problema de la apropiación y administración de los recursos pesqueros. Se toma como estudio a los pescadores de Bahía Chiepueva, ubicada en el municipio de Santo Domingo Tehuantepec en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, que corresponde al Océano Pacífico. Se trata del análisis de los recursos pesqueros, de lo cual depende su preservación, así como las características culturales, sus relaciones sociales y las interacciones con el contexto en que se desarrollan. Los resultados muestran que Bahía Chiepueva es una comunidad dedicada a la pesca, alternando con otras actividades económicas; pertenecen al grupo cultural de los zapotecas y mantienen lazos muy fuertes entre ellos, evidenciando un arraigo cultural.

Palabras Clave: pesca artesanal, cultura, zapotecas

Introducción

En México existen entre 300 000 y 350 000 pescadores, de los cuales 90% son pescadores artesanales. Una de las características más importantes de este tipo de pescadores es que recurren a la delimitación y apropiación de espacios de pesca, manejados mediante arreglos comunitarios. Los pescadores artesanales, ribereños o de pequeña escala, son aquellos que tienen como actividad primordial la pesca realizada en aguas costeras, lagunas y ríos, que utilizan embarcaciones menores equipadas con distinto desarrollo tecnológico pero exclusivamente diseñadas para la captura y no para la conservación. Estas poseen pocas horas de autonomía para la navegación, por lo que diariamente desembarcan su producto en diversos puntos del litoral. De esto se debe destacar la importancia de la fuerza de trabajo

³⁵⁸ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Oaxaca. *Autor de correspondencia: txs_chicapala@hotmail.com

³⁵⁹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río.

sobre la inversión de capital, la tendencia a mantener una pesquería diversificada en especies y la plurifuncionalidad de la labor del pescador (Alcalá, 1999). Aunado a ello, en las comunidades pesqueras los procesos de captura y comercialización se encuentran fuertemente impregnados por aspectos sociales y culturales. Por ejemplo, inciden en los patrones de reclutamiento de los miembros que conforman los grupos de pesca, en el manejo de la información relacionada con la disponibilidad de los recursos marinos, en la regulación del acceso a los campos de pesca, en el manejo del capital comúnmente en manos de la empresa familiar, y en las estrategias de comercialización del pescado (McGoodwin, 2002).

En este trabajo tiene el propósito de conocer la estructura social de los pescadores artesanales de Bahía Chipehua, así como identificar las características de los equipos de pesca, artes de pesca y las formas de realización de la actividad pesquera. En esta comunidad no se han realizado estudios de carácter social al sector pesquero, es fundamental conocer esta información para entender las actividades realizadas en esta comunidad en estado de Oaxaca.

Materiales y métodos

Área de estudio

La región del Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca se caracteriza por la realización investigaciones multidisciplinarias debido a su gran cantidad de recursos naturales, cuya apropiación y explotación son para beneficios económicos, por lo que se encuentran en el centro de la discusión actual (Villagómez-Velázquez, 2004) (Figura1).

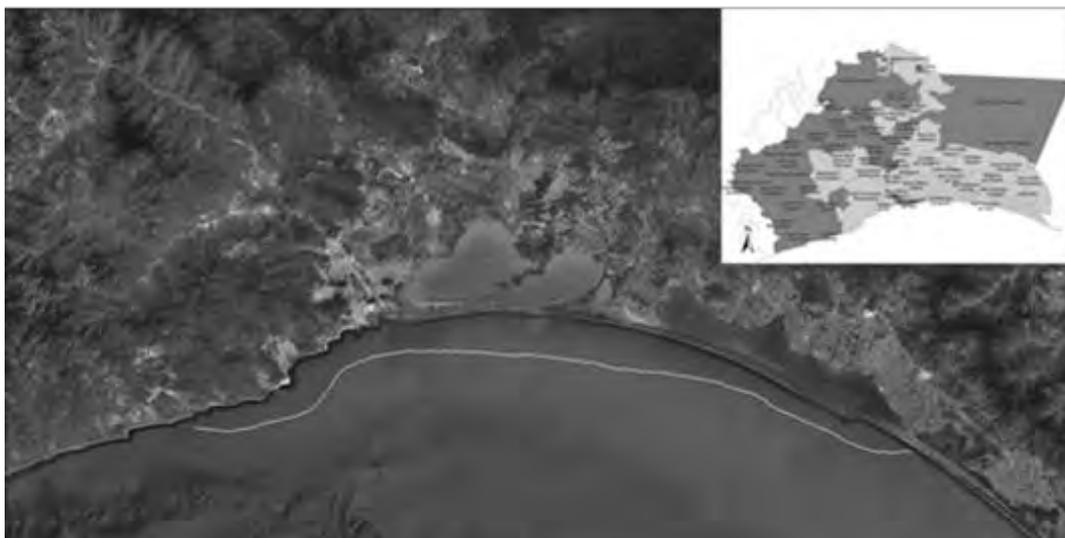


Figura1. Área de estudio de la región del Istmo de Tehuantepec y su ubicación costera.

En la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, el clima se presenta en períodos diferentes, las lluvias en los meses de mayo a octubre y las épocas de estiaje o secas del mes de noviembre al mes de abril. La temperatura anual promedio predominate es de 26°C con fluctuaciones según los periodos antes mencionados.

Las afectaciones climáticas en la región son fundamentalmente por dos fenómenos meteorológicos recurrentes; el primero, las tormentas tropicales y huracanes debido a su ubicación en una de las áreas de mayor perturbación climáticas en el mundo, la segunda, los nortes denominados en la región como “Tehuanos” que llegan ser vientos de hasta 120 km/h que recorren la región entre los meses de octubre a febrero por lapso de tres a cinco días continuos. Otros efectos que influyen en la región son los eólicos y los oceanográficos regionales que intervienen en los procesos internos del Golfo de Tehuantepec, así como también definen los recambios de agua, tasas de evaporación y los reclutamientos de organismos (Espinoza, 2014)

La comunidad intervenida en esta región es Bahía Chipehua, perteneciente a la agencia municipal de Santa Gertrudis Miramar y se ubica a 50 km de la cabecera municipal de Santo Domingo Tehuantepec (Figura 2).



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio Bahía Chipehua.

Trabajo de campo

Se realizó la aplicación del método etnográfico siguiendo la metodología de Gómez-Aguirre y Turbay, (2015) que nos permitió el conocimiento de las comunidades de estudio, en este caso, la comunidad pesquera de Bahía Chipehua y la identificación de las variables objeto de interés; se realizó el análisis de aspectos cualitativos dados por los comportamientos de los individuos, sus relaciones sociales y de las interacciones con el contexto en que se desarrollan. Se utilizó un enfoque no experimental dado que en el espacio muestral no se pueden controlar las variables de estudio.

Para ello se utilizó el siguiente instrumento de investigación: se identificaron las poblaciones a observar, para recabar la información necesaria para identificar al informante principal, quien actuó como el guía y ayudó a identificar y dar respuesta a nuestras interrogantes de mayor importancia para la investigación.

Entrevistas. Se realizaron entrevistas abiertas (pilotos) y semi-estructuradas, es decir, conversaciones con 20 pescadores saliendo de mar y con otros 10 que se encontraban en descanso después de su actividad de pesca en los días de entrevista, con el fin de recabar información y obtener datos cualitativos relacionados a las actividades de pesca en esta comunidad de Bahía Chipehua, perteneciente a la región del Istmo de Tehuantepec, las entrevistas se llevaron a cabo durante el mes de abril del año 2017.

Resultados y discusión

La comunidad de Bahía Chipehua cuenta con una estructura social dedicada a la pesca, por lo que esta actividad es la principal fuente de empleo, pertenece al grupo cultural Zapoteca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca; sin embargo, no hablan esa lengua. Algunos pescadores mencionaron que sus antepasados (abuelos, tatarabuelos) hablaron la lengua chontal debido a su cercanía con este grupo cultural.

Las especies capturadas en Bahía Chipehua se clasifican según su el tipo de producto capturado, en donde la pesca de escama es el principal producto pesquero en esta comunidad (Cuadro 1 y Figura 3).

Cuadro 1. Especies capturadas en Bahía Chipehua, agencia municipal de Santa Gertrudis Miramar, Oaxaca.

Bahía Chipehua			
Escama	Elasmobranquios	Moluscos	Crustaceos
Barrilete	Cazon	Ostion	Langosta azul y verde
Sierra	Tiburones	pulpo	
Huachinango	Rayas		
Pargo			
Jurel			
Bagre			
Cocinero			
Ojoton			
cochinilla			
Auja			
Lisa			

■ Escama 39% ■ Elasmobranquios 27% ■ Moluscos 18% ■ Crustaceos 18%

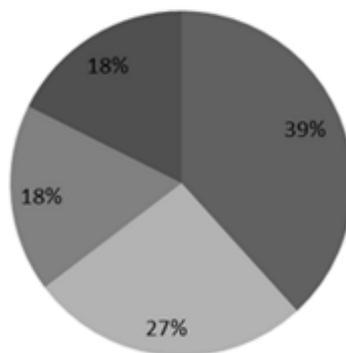


Figura 3. Porcentaje de especies capturadas en Bahía Chipehua, agencia municipal de Santa Gertrudis Miramar, Oaxaca.

Pesca con redes

Las redes son utilizadas en la pesca en la región del Istmo de Tehuantepec en especies de escama, en Bahía Chipehua se realiza en su mayoría con redes agalleras (trasmallos, almadrabas, arrastre), las cuales son elaboradas por los propios pescadores. En la actualidad, para la elaboración de las artes de pescas se compra la materia prima, que son

los hilos de nylon, polietileno, y el mismo grupo de pescadores fabrican sus propias redes por las tardes (Figura 4).



Figura 4. Pescadores de Bahía Chipehua limpian su red después de la pesca.
Fuente: Foto tomada por Enrique Jarquin Raymundo (2017).

Pesca con palangres

El palangre es otro arte de pesca utilizado en la temporada de pesca de tiburón entre los meses de marzo a agosto en Bahía Chipehua, este tipo red es colocado en mar abierto, dejándola con señalamiento, que bien pueden ser boyas, ánforas etc., esto para al regresar a recoger el arte de pesca se conozca su ubicación.

Horarios de pesca

Los horarios de pesca no son complejos debido que en ocasiones alterna la actividad de pesca con otras actividades, como es el caso de la agricultura o la ganadería. No obstante, ellos pescan todos los días del año excepto cuando existe mal tiempo y en ocasiones los días domingos, los horarios en que salen a la pesca son en las mañanas; las salidas las hacen aproximadamente a las 5 o 6 am regresando entre las 10 y 11 am. En ocasiones salen de nuevo en las tardes entre las 3 y 4 pm tratando de regresar antes que se oculte la luz de sol, simbargo, en ocasiones por el tipo de arte de pesca simplemente salen a instalar las redes, dejándolas toda una noche para que al siguiente día se recojan con la captura, como en el caso de los palangres.

Mercados

Los mercados donde se comercializan los productos pesqueros capturados en Bahía Chipehua suelen ser locales y regionales, siendo el principal punto de venta el puerto de

Salina Cruz, seguido de Tehuantepec, esto para los pescadores cercanos a esta area, sin embargo, la mayoría de veces es a través de los revendedores (coyotes) quienes realizan la comercialización de las capturas. A continuación se presenta un esquema del desarrollo de la venta de los productos pesqueros obtenidos en Bahía Chipehua (Figura 5).

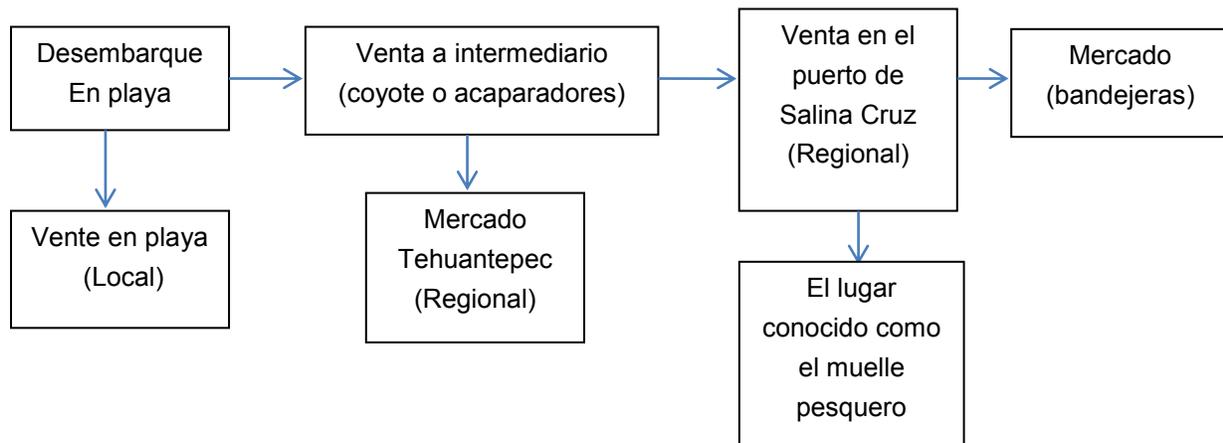


Figura 5. Forma de comercialización de la pesca en Bahía Chipehua.

Estructura social de los pescadores de Bahía Chipehua

Los pescadores mantienen lazos muy fuertes entre ellos, que no se aprecian a simple vista, sin embargo, que para ellos son muy comunes. La colaboración entre ellos es de suma importancia, las ganancias de la pesca es dividida en 40% para el dueño del equipo de pesca y 60% para todos los pescadores y demás personas que se involucran en el trabajo, como es el caso de la “lonchera”, quien es la persona encargada de recoger en cada una de las casa de los pescadores su lonche (almuerzo) para llevarlo y entregar en la playa; la característica de este personaje es que debe ser una mujer, quien por lo regular es una viuda o mujer sola, que necesite ayuda para obtener el sustento para su casa. También existe los limpiadores de la lancha, ellos entran en función en cuanto los pescadores comienzan a desayunar.

En esta comunidad pesquera perteneciente a la región del Istmo de Tehuantepec, se mantienen lazos fuertes entre ellos que se derivan a través del tiempo, uno de ellos es la distribución de las ganancias, que concuerda con lo dicho por Marín (2007) sobre el “sistema de partes”, el cual consiste en restar del valor de la captura los gastos comunes así como la depreciación del equipo y dividir lo que sobra entre cada uno de los participantes, este es un sistema vigente que existe en los pescadores propietarios de los equipos de pesca.

La formación en el camino de la pesca comienza desde pequeños, la forma de comenzar es ayudando a desembarcar los productos pesqueros, esta forma de comenzar en la actividad de pesca es conocida en la comunidad como los “mapacheros”, quienes son los niños que se emplean en el momento en que una embarcación arriba a la playa y ayudan a desembarcar el producto, ellos reciben una gratificación que es dos a tres pescados dependiendo el monto

de captura. Son los fines de semana cuando aparecen más los “mapacheros” ya que llegan todos los niños que van a la escuela.

En el camino del aprendizaje de la pesca concuerda con el sistema sociológico vinculado como lo define. Estos procesos de aprendizaje y adaptación por parte de pescadores y el sentido dado al contexto social de defensa de los recursos condicionan positivamente cambios en la cotidianidad al tiempo que posibilita procesos de diferenciación territorial en playas y sectores aledaños. Por todo lo anterior la sociedad de Bahía Chipehua, es considerada una comunidad pesquera, debido a sus formas de vidas relacionadas con la pesca y su subsistencia a través de una tradición pesquera.

Conclusiones

1. La comunidad de Bahía Chipehua pertenece a la cultura zapoteca y es considerada como una comunidad pesquera por la tradición de generación en generación.
2. Suelen pescar la mayor parte del año, solo en mal tiempo (fenómenos naturales) no salen a pescar, así como los días domingo ya que algunos los toman como días de descanso.
3. Los pobladores son capaces de alternar la pesca con otras actividades económicas, pero sin dejar de ser su actividad principal.
4. Todos son pescadores libres, sin embargo, ellos se organizan en grupos para salir a pescar y elaborar sus propias artes de pesca, entre las cuales las más utilizadas son redes y palangres.
5. La comercialización de los productos pesqueros se realiza de manera local a pie de playa por los propios pescadores y de manera regional a través de los acaparadores o revendedores.

Literatura citada

Alcalá Moya, G. 1999. Con el agua hasta los aparejos. Pescadores y pesquerías en El Soconusco, Chiapas, México. UNICACH. CIAD. CIESAS.

Espinoza A. 2014. La diversidad étnica como factor de planeación pesquera artesanal: chontales, huaves y zapotecas del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Villahermosa, México.

Berkes, F. y N. Turner 2005. Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los sistemas socioecológicos. *Gaceta Ecológica* 77:5-17.

Gómez Aguirre, A. M. y Turbay, S. 2016. Relación de una comunidad de pescadores del Golfo de Urabá (Colombia) con los ecosistemas de manglar y su conservación. Revista de Estudios Sociales, (55). DOI: <http://dx.doi.org/10.7440/res55.2016.07>

Marín, G. G. 2007. Pesca artesanal, comunidad y administración de recursos pesqueros. Experiencias en la costa de Michoacán, México. Gaceta de Antropología. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS). Mérida, Yuc., México.

Marín, W. 2007. Caleta Los Bronces, Cambio de una Cultura Competitiva Extractiva a una Sustentable Asociativa. Tesis para obtener el grado de Magíster en Antropología y Desarrollo, Departamento de Antropología, Universidad de Chile, Santiago.

McGoodwin, J. R. 2002. Comprender las culturas de las comunidades pesqueras. Clave para la ordenación pesquera y la seguridad alimentaria. Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Documento técnico de pesca 401.

http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y1290S/Y1290S00.HTM

Villagómez-Velázquez, Yanga. 2004. Diversidad étnica e identidad en la llanura costera del istmo oaxaqueño. Mundo Agrario. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina 4(8).

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIONES DE TALLAS DE SARDINA MONTERREY Y ANCHOVETA MEDIANTE ESTIMADORES DE DENSIDAD POR KERNEL

Oswaldo Gutiérrez-Benítez^{360*}, Gabriela Galindo-Cortes³⁶⁰ y Enriqueta Velarde-González³⁶⁰

Resumen

Las distribuciones de tallas comúnmente son analizadas mediante histogramas y polígonos de frecuencia. Los métodos que no dependen del origen pueden facilitar la selección del intervalo e identificar la multimodalidad. Se analizaron las distribuciones de frecuencias de tallas de sardina Monterrey y de anchoveta de 1990 a 2013 capturadas por dos aves marinas: el charrán elegante y la gaviota ploma durante su anidación en Isla Rasa en el Golfo de California, con el objetivo de identificar grupos modales los cuales pueden ser considerados organismos de la misma edad. Para alcanzar este objetivo se utilizaron los estimadores de densidad por Kernel (EDK) usando la función ponderal gaussiana y la amplitud de banda bootstrap. Se registraron un total de 2063 mediciones de L_p para anchoveta y 620 mediciones de L_p de sardina Monterrey a lo largo del periodo de estudio. Los EDK revelaron de 1 a 3 grupos modales para la anchoveta. Los años mejor representados fueron 1991, 1993, 2002 y 2013. La amplitud de banda para la construcción de los EDK'S para anchoveta varió entre 3.0-9.4 mm, con un ancho de banda promedio de 5.0 mm. Para la sardina Monterrey se observaron de 1 a 4 grupos modales. Los años mejor representados fueron 1995, 1998 y 2008. La amplitud de banda varió entre 3.8-25.6 mm, con un ancho de banda promedio de 8.2 mm. El uso de los EDK es un método robusto para la identificación de multimodalidad en una distribución de frecuencia de tallas y se elimina la subjetividad que implica el uso de histogramas tradicionales.

Palabras clave: peces pelágicos menores, estimadores de densidad por Kernel, Golfo de California

³⁶⁰Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. *Autor de correspondencia: ogutierrezbenitez@gmail.com

Introducción

En los últimos años se han utilizado los métodos basados en análisis de distribuciones de tallas para evaluar las poblaciones de peces de importancia comercial (Gulland y Rosenberg, 1992). Su utilización sigue vigente al considerarse más prácticos y económicos para resolver los problemas enfocados principalmente en la estimación de la edad en peces tropicales, donde no existe una marcada estacionalidad, aumentan las variaciones anuales en el reclutamiento y la variabilidad individual del crecimiento, haciendo difícil distinguir los anillos de crecimiento y por ende la interpretación de grupos modales (Morales-Nin, 1991)

Las distribuciones de tallas son analizadas mediante histogramas y polígonos de frecuencia. La mayoría de las veces en estos procedimientos gráficos el eje de las ordenadas “y” representa la frecuencia o número de veces en que se observó el tamaño de un organismo (Salgado-Ugarte et al., 2005). La selección del tamaño o intervalo de clase en el cual se van a agrupar las observaciones de tallas es arbitrario o se emplean métodos estadísticas para determinar un intervalo por ejemplo la regla Sturges (1926), no obstante estas aproximaciones presentan dificultades para establecer intervalos óptimos con tamaños de muestras mayores a 200 observaciones (Hyndman, 1995).

Sumado a estos problemas, estos procedimientos presentan dependencia del origen, amplitud y número de intervalos, discontinuidad y amplitud fija de intervalos (Salgado-Ugarte et al., 1993). Se han planteado varios procedimientos para resolver estos problemas. Los estimadores de densidad por Kernel (EDK's) no dependen del origen y los valores estimados son continuos, facilitan la selección del ancho del intervalo, e identificar la multimodalidad presentes en una distribución de frecuencias de tallas (Salgado-Ugarte et al., 2000). En este estudio se presenta el uso de estimadores de densidad por Kernel para analizar la distribución de frecuencia de tallas para el caso de dos especies de peces pelágicos menores: sardina Monterrey *Sardinops sagax* y anchoveta *Engraulis mordax* las cuales juegan un rol importante en la cadena trófica de los ecosistemas (Fréon et al., 2005), al ser consumidos por especies carnívoras de niveles tróficos superiores como peces, mamíferos marinos y aves marinas (Cury et al., 2000).

Estas especies de peces pelágicos menores, soportan pesquerías a escala mundial, presentan varios desoves al año, responden de manera sensible a los cambios inducidos por la temperatura, derivadas principalmente de anomalías ambientales, tales como El Niño-Oscilación del Sur en sus dos fases (anomalías de temperatura superficial del mar cálidas y frías), las cuales generan amplias y prolongadas variaciones en la productividad marina, lo que propicia cambios en la abundancia y distribución de algunas especies de pelágicos menores (Chávez y Chávez, 2013).

Material y métodos

Se realizaron colectas de 1990 a 2013 de regurgitaciones del contenido del buche de la gaviota ploma (*Larus heermanni*) y el charrán elegante (*Thalasseus elegans*) durante el periodo reproductivo de estas especies de marzo a junio en Isla Rasa en la región de las Grandes Islas en el Golfo de California (GC) (Figura 1). En esta región el forzamiento atmosférico es caracterizado por vientos débiles del sureste en verano (Bernal, 2003) y vientos con mayor intensidad del noroeste en otoño e invierno, que al contacto con la capa superficial del océano la desplaza y genera surgencias en las costas oeste y este del GC, respectivamente (Bernal et al., 2001). La manera en que se capturaron las aves y se obtuvieron las regurgitaciones frescas se describe en Velarde et al. (1994). Posterior a la colecta, cada muestra de alimento fue analizada y en cada una se separaron los organismos por especie. A cada presa de cada muestra se le registró la longitud patrón (L_P), para establecer el número grupos modales.



Figura 1. Ubicación de Isla Rasa en el Golfo de California (Modificado de Velarde et al., 2013).

Para analizar las distribuciones de frecuencia de tallas para cada año de estudio, se utilizaron los estimadores de densidad por kernel (EDK). Este método estadístico fue propuesto por Rosenblatt (1956) y se define como:

$$f(x) = \frac{1}{hn} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad \text{Ec. 1}$$

donde $f(x)$ es la estimación de la densidad de la variable x , n es el número de observaciones, h amplitud de la banda (intervalo) o parámetro de suavización, X_i es la longitud del i -ésimo espécimen (pez), K es la función ponderal Kernel.

Aplicando la función Kernel Gaussiana:

$$K(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde, $z = \frac{(x - X_i)}{h}$

La elección de la amplitud del intervalo fue llevada a cabo con base en las reglas de amplitud de Silverman (1986) y Scott (1992):

$$h = \frac{0.9 A}{n^{1/5}} \quad \text{Donde, } A = \left[\left(\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right)^{1/2}, \left(\frac{H \text{dispersión}}{1.349} \right) \right] \quad \text{Ec. 3}$$

Para identificar el número de modas en cada distribución y la amplitud del intervalo se utilizaron versiones computarizadas de la prueba de Silverman (1986), sobre la base de un esquema de muestreo con repetición (bootstrap suavizado), descrita para el software estadístico Stata (Stata Corporation, 2005). La identificación de componentes gaussianos se realizó con una versión computarizada del método propuesto por Bhattacharya (1967) incluida en Stata 11.1, el cual se basa en diferencias logarítmicas para identificar componentes gaussianos.

Resultados y discusión

Se registraron un total de 2063 mediciones de L_p para anchoveta y 620 mediciones de L_p de sardina Monterrey a lo largo del periodo de estudio. A través del análisis de los histogramas de talla de anchoveta mediante estimadores de densidad por Kernel (EDK) se observaron de 1 a 3 componentes modales a lo largo de los años de estudio los cuales pueden ser considerados organismos pertenecientes a una misma cohorte. Los años mejor representados fueron 1991, 1993, 2002 y 2013. La amplitud de banda para la construcción

de los EDK'S varió entre 3.0-9.4 mm, con un ancho de banda promedio de 5.0 mm. La talla media y el número de individuos de cada componente se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros estimados (Media±SD) para los componentes Gaussianos de anchoveta para cada año.

Año	1	2	3	Año	1	2	3
1990				2001			
Media±SD	90.8±13.0			Media±SD	91.0±8.9		
n	28			n	153		
1991				2002			
Media±SD	40.3±7.1	56.7±5.7	98.0±12.9	Media±SD	55.1±3.8	83.8±7.7	110.6±3.1
n	2	1	197	n	2	102	2
1992				2005			
Media±SD	96.0±7.6			Media±SD	97.7±6.6	140.4±3.0	
n	40			n	103	1	
1993				2006			
Media±SD	57.8±17.0	96.4±16.7	156.8±10.6	Media±SD	63.1±3.6	89.0±6.1	
n	16	47	16	n	1	34	
1994				2007			
Media±SD	94.7±17.4			Media±SD	46.1±6.5	87.9±6.2	
n	59			n	4	88	
1995				2008			
Media±SD	67.8±16.9	142.5±8.0		Media±SD	81.6±9.8	116.5±4.5	
n	56	1		n	97	2	
1996				2010			
Media±SD	88.2±8.7			Media±SD	96.8±15.5		
n	52			n	39		
1997				2011			
Media±SD	83.5±8.9			Media±SD	88.1±9.5		
n	62			n	66		
1998				2012			
Media±SD	59.1±3.9	93.8±8.2		Media±SD	88.5±9.0		
n	1	123		n	110		
1999				2013			
Media±SD	89.4±9.7	134.4±3.4		Media±SD	81.5±7.0	105.8±5.5	130.7±3.7
n	205	1		n	139	31	1

El análisis de estimadores de densidad por kernel (EDK) para sardina Monterrey mostró de 1 a 4 componentes modales a lo largo de los años de estudio, los cuales pueden ser considerados organismos pertenecientes a una misma cohorte. Los años mejor

representados fueron 1995, 1998 y 2008. La amplitud de banda empelada para la construcción de EDK's varió entre 3.8-25.6 mm, con un ancho de banda promedio de 8.2 mm. La talla media y el número de individuos en cada componente se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros estimados (media±SD) para los componentes Gaussianos de sardina Monterrey para cada año.

Año	1	2	3	4	Año	1	2	3
1990					1998			
Media±SD	95.7±34.0				Media±SD	42.7±15.8	96.8±18.8	196.1±10.9
N	6				n	23	84	1
1993					2001			
Media±SD	90.2±11.1	113.9±7.9			Media±SD	107.2±10.4		
N	6	18			n	19		
1994					2002			
Media±SD	116.6±8.2				Media±SD	116.6±4.8		
N	21				n	8		
1995					2007			
Media±SD	37.7±11.8	102.9±18.3	168.1±13.2	231.0±10.8	Media±SD	69.4±15.0	104.1±12.0	
N	2	56	2	2	n	26	50	
1996					2008			
Media±SD	105.1±8.2				Media±SD	107.0±5.2	127.4±4.3	170.2±30.8
N	79				n	42	2	1
1997					2012			
Media±SD	65.2±7.7	113.4±10.9			Media±SD	104.0±11.7		
N	98				n	7		

En los estudios de pesquerías se ha promovido el uso de las modas en las distribuciones de frecuencia de tallas como una manera de identificar grupos de peces con edad semejante (Gulland y Rosenberg, 1992). Para lo cual los supuestos básicos son que la muestra de tamaños no está sesgada y la especie se reproduce bajo un lapso de tiempo relativamente corto (Salgado-Ugarte et al., 2005). En este sentido las muestras de sardina Monterrey y la anchoveta provienen de las capturas realizadas por el charrán elegante y la gaviota ploma durante su etapa reproductiva (Velarde et al., 1994), las cuales son independientes de la captura comercial y ambas especies de pelágicos menores presentan ciclos de vida cortos y varios desoves al año (Fréon et al., 2005), con lo que se cubren los supuestos para identificar grupos modales a lo largo del tiempo.

Aunque para el estudio de la distribución de tallas se utiliza el histograma, de acuerdo con (Salgado-Ugarte et al., 2005) se presentan cuatro problemas principales: 1) Dependencia del origen; 2) Dependencia de la amplitud y número de intervalos; 3) Discontinuidad; y 4) Amplitud fija de intervalo. En este estudio se utilizaron por primera vez los EDK para darle seguimiento a los grupos modales presentes en la dieta de dos especies de aves marinas que pueden ser considerados como organismos de la misma edad. Tradicionalmente la edad de estas especies de peces se ha estimado a partir de muestras comerciales mediante métodos directos (otolitos). Para sardina Monterrey con la lectura de otolitos se identificaron seis grupos de edad (0 al 5) en el Golfo de California (Névarez-Martínez et al., 1996). Con la lectura de anillos de crecimiento en otolitos Mallicoate y Parrish (1981), definieron de 1-4 grupos de edad en la costa de Monterey y de 1-3 grupos de edad en la costa de San Pedro en California.

Aun cuando las estimaciones de edad fueron establecidas en diferentes áreas, los grupos modales en este estudio son muy similares, lo que permite establecer que aun cuando no se colecten muestras de otolitos, el uso de los EDK puede dar una aproximación robusta del número de modas presentes en una distribución de frecuencia de tallas. Si consideramos que los cambios ambientales derivados de eventos del niño que se han presentado en los años 1992, 1998, 2003 y 2009 (C.B.M., 2017), han presentado diferente intensidad, con ayuda de los EDK se ha logrado ver la presencia de grupos modales que han logrado sobrevivir y que se hacen presentes en la dieta de las aves marinas durante su época de anidación. Finalmente, si consideramos a las aves marinas como monitores del ecosistema marino y que algunos estudios demuestran que los ciclos reproductivos de estas especies se encuentran acoplados a las condiciones oceanográficas locales (Velarde et al., 2004), cualquier cambio que se presente en el ecosistema se verá reflejado en las presas que capturan, las cuales con ayuda de los EDK se puede establecer si son organismos pertenecientes al mismo grupo modal.

Conclusiones

1. Se observaron de uno a tres grupos modales para anchoveta y de uno a cuatro grupos modales para sardina a lo largo del periodo de estudio utilizando estimadores de densidad por Kernel.
2. El uso de los estimadores de densidad por Kernel es un método robusto para identificar multimodalidad en distribuciones de frecuencia de tallas para ambas especies de peces pelágicos menores

3. Con el uso de los estimadores de densidad por Kernel se elimina la subjetividad que se presenta en la selección del origen e intervalo en histogramas tradicionales.

Literatura citada

Bernal, G., P. Ripa y J.C. Herguera. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el bajo Golfo de California: influencias del trópico y Pacífico norte. *Ciencias Marinas*. 4(27):595-617.

Bernal, R. R. G. 2003. Paleoceanografía reciente de alta resolución de los mares de Baja California sur, México. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México. 98 p.

Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components *Biometrics* 1(23):115-135.

Chávez, E. A. y A. Chávez H. 2013. The sardine fishery of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* (54): 205-214.

C.B.M. (Commonwealth Bureau of Meteorology) 2017. ENSO Wrap-Up. <http://www.bom.gov.au/climate/enso/> [consultado el 25 de julio de 2017].

Cury, P., A. Bakun., R. J. Crawford M., A. Jarre., R. Quiñones A., L. Shannon J. et al. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57:603–618.

Fréon, P., P. Cury., L. Shannon y C. Roy. 2005. Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: A review. *Bull. Mar. Sci.* 76(2): 385-462.

Gulland, J. A. y A. A. Rosenberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en La talla para evaluar las poblaciones de peces. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 323. Roma, FAO. 112 p.

Hyndman, R. J. 1995. The problem with Sturges’ rule for constructing histogram. Monash University, www.robjhyndman.com/papers/sturges.pdf [consultado el 24 de julio de 2017].

Mallicoate, D. L y R.H. Parrish. 1981. Seasonal growth patterns of California stock of northern anchovy *Engraulis mordax*, Pacific mackerel, *Scomber japonicus*, and jack mackerel, *Trachurus symmetricus*. *CalCOFI Rep.* (22):69-81.

Morales-Nin, B. 1991. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 322. Roma, FAO. 58 p.

Nevárez-Martínez, M.O., M. A. Cisneros-Mata., G. Montemayor-López y J. P. Santos-Molina. 1996. Estructura por dad, crecimiento de la sardina monterrey (*Sardinops sagax caeruleus*) del Golfo de California, México: Temporada de pesca 1990/1991. *Ciencia Pesquera*. 13:30-36.

Rosenblatt, M. 1956. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *Ann. Math. Statist.* 27:832-837.

Salgado-Ugarte, I. H., J. Martínez R., J. L. Gómez M. y B. Peña M. 2000. Some programs for growth estimation in fisheries biology. *STATA Tech. Bull.* 53:35-47.

Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu y T. Taniuchi. 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *STATA Tech. Bull.* 16:8-19.

Salgado-Ugarte, I.H., J. L. Gómez M. y B. Peña M. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 234 p.

Scott, D.W. 1992. *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization*. John Wiley & Sons, Nueva York. 317 p.

Silverman, B. W. 1986. *Density estimation of statistics and data analysis*. Chapman & Hall, London, UK. 372 p.

Stata Corporation. 2005. *Stata statistical software for windows: release 11.1* College Station, TX: Stata Corporation LP.

Sturges, H. A. 1926. The choice of a class interval. *J. Am. Stat. Assoc.* 153(21):65-66.

Velarde, E., E. Ezcurra y D. W. Anderson. 2013. Seabird diets provide early warning of sardine fishery declines in the Gulf of California. *Sci. Rep.* 3:1-6.

Velarde, E., M. S. Tordesillas, L. Vieyra y R. Esquivel. 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* (35):137-143.

Velarde, E., E. Ezcurra., M. A. Cisneros-Mata y M. F. Lavín. 2004. Seabird ecology, El Niño anomalies, and prediction of sardine fisheries in the Gulf of California. *Ecol. Appl.* 14(2):607-615.

ENSAMBLAJES DE LA ICTIOFAUNA E HIDROLOGÍA EN DOS ESTUARIOS CIEGOS DE LA COSTA VERACRUZANA

Rafael Chávez-López^{361*}, Arturo Rocha-Ramírez³⁶¹, Jesús Montoya Mendoza³⁶² y Ángel Morán Silva³⁶¹

Resumen

Se presenta información de las comunidades de peces y la hidrología de dos estuarios ciegos de Veracruz: Laguna El Llano (LEL) y Laguna El Güiro (LEG). LEL fue muestreada entre mayo 2013 y mayo 2014, LEG de febrero 2015 a abril 2016; en ambas se muestreó y se hizo el mismo procedimiento de análisis de datos, se recolectaron los especímenes con una red tipo chinchorro, las variables hidrológicas medidas fueron salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y pH. Se definió la categoría ecológica y el valor de importancia de las especies de peces, se estimaron mensualmente los parámetros comunitarios abundancia, biomasa, riqueza específica, diversidad y Dominancia. LEL mostró un comportamiento hidrológico de tres fases: de boca cerrada y alta hipersalinidad (76.1 UPS), de dominancia marina (salinidad 35 UPS) y una fase de boca semicerrada con salinidad aproximada a la marina; LEG tuvo un comportamiento oligohalino (1.5 a 6.3 UPS), estas diferencias de salinidad se reflejaron en los ensamblajes; en LEL el ensamblaje de boca cerrada consistió de 4 especies muy tolerantes a la salinidad como *Mugil cephalus* y *Poecilia mexicana*, en dominancia marina se integraron especies marinas migrantes y estuarinas; con base en el VI las dominaron *Anchoa mitchilli*, *Eucinostomus melanopterus* y *M. cephalus*. En LEG las especies dominantes fueron las dulceacuícolas *P. mexicana* y *Oreochromis niloticus*. La diversidad fue más alta en LEL (0.72- 2.13), para LEG fueron bajos (0.14 – 0.82), en ambos casos más relacionados a la riqueza de especies. LEL presentó ensamblajes de peces bien

³⁶¹ Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Veracruz. México.

*Autor correspondiente: rafaelcl@unam.mx

³⁶² Lab. de Investigación Acuícola Aplicada, DEPI. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río.

definidos relacionados a la salinidad, en cambio en LEG hubo un recambio continuo de especies sin asociaciones definidas. La diferencia en la composición de los gremios ecológicos en LEL se debió a las especies marinas migrantes y marinas ocasionales, pero en LEG el gremio dulceacuícola fue el que contribuyó más a pesar de un número mayor de especies marinas.

Palabras clave: peces, laguna El Llano, laguna El Güiro, Golfo de México

Introducción

Los estuarios son de los ecosistemas más productivos de la zona costera, están controlados por procesos hidrológicos, meteorológicos y físicos que varían en diferentes escalas de tiempo en las que se producen condiciones estuarinas particulares que condicionan los patrones biológicos y ecológicos (Taljaard et al., 2009); entonces los estuarios pueden verse como un mosaico de hábitats (Sheaves, 2009) en los que ocurren gradientes ambientales a los que se acoplan los ensamblajes de organismos acuáticos que incluyen a los peces; aún con esta variabilidad ambiental natural, los hábitats estuarinos aportan servicios ecosistémicos prioritarios como áreas de alimentación, crianza y refugio para los animales acuáticos (Whitfield, 2015). Hasta ahora los procesos abióticos y bióticos se han explicado con base en estuarios que tienen una comunicación permanente con el mar, sin considerar que estos procesos son diferentes en los estuarios aislados temporalmente por una barra arenosa; precisamente la dinámica de la apertura y cierre de la boca estuarina se reconoce como otro factor clave que influye en los procesos ecológicos de la biota que los ocupan, porque en los estuarios ciegos los procesos ambientales son más variables e impredecibles lo que dificulta reconocer patrones ecológicos temporales estables (Taljaard et al., 2009); en estos escenarios estuarinos las agrupaciones de peces presentan diferencias temporales respecto a las descritas en estuarios con comunicación permanente al mar (Whitfield, 2015). Hasta ahora, se ha destinado poca atención a los estuarios ciegos y a sus comunidades biológicas en el Golfo de México a pesar que se pueden reconocer por lo menos dos decenas de estos sistemas acuáticos peculiares en el litoral veracruzano, por ejemplo el estuario laguna El Llano junto con laguna La Mancha forman una región marina prioritaria reconocida (Arriaga et al., 1998), que se ha catalogado como una área importante para la Conservación de las Aves (AICAS) (Arizmendi y Márquez-Valdelamar, 2000), pero los peces no se han incluido entre los valores naturales de estos hábitats. En el caso de laguna El Güiro, esta se formó a partir de las inundaciones de 1999 y se desconocen sus procesos biológicos e hidrológicos básicos; por lo anterior, esta contribución describe los ensamblajes

de peces en los estuarios ciegos laguna El Llano y laguna El Güiro, relacionándolos a su dinámica hidrológica.

Materiales y métodos

El estuario Laguna El Llano (ELEL) se localiza en 19°38'25.22 y 19°40'05.41" LN y 96°23'54.44" y 96°24'39.44" LO, en el municipio de Actopan, Veracruz (Figura 1). Es un cuerpo de agua de 226 ha, la profundidad en los márgenes internos es menor a 1 m de profundidad, pero en el canal central alcanza un intervalo de profundidad de 2 a 4 m. El clima de la zona es cálido sub-húmedo con lluvias en verano (Aw2) (García, 2004); la precipitación media anual alcanza 1,286 mm, mientras que la temperatura media anual es de 24°C; Laguna El Güiro se ubica en el municipio de Tecolutla en la coordenada 20° 30'58", 20° 30'09"LN y 97°04'56", 97° 02'39" LO, tiene una superficie de poco más de 90 ha, se formó como resultado de las inundaciones provocadas por la depresión tropical 11 de 1999, es alimentada por corrientes de agua dulce intermitentes derivadas del río Tecolutla, la salinidad procede de dos bocas estuarinas, la de Limas y El Güiro, que abren esporádica e impredeciblemente y conceden el intercambio mareal con el cuerpo de agua; esta región sigue estacionalidad climática, la temporada cálida o de "secas" transcurre entre abril y junio, la temporada de lluvias entre los meses de julio y octubre, mientras que la temporada fría del año sucede entre diciembre y marzo. Los registros hidrológicos y las recolectas de los peces se realizaron con el mismo procedimiento en ambos estuarios, las estaciones de colecta se presentan en la Figura 1, el período de estudio en LEL fue de mayo 2013 a mayo 2014 en ocho sitios de muestreo y en LEG durante febrero 2015 a abril 2016 en seis.

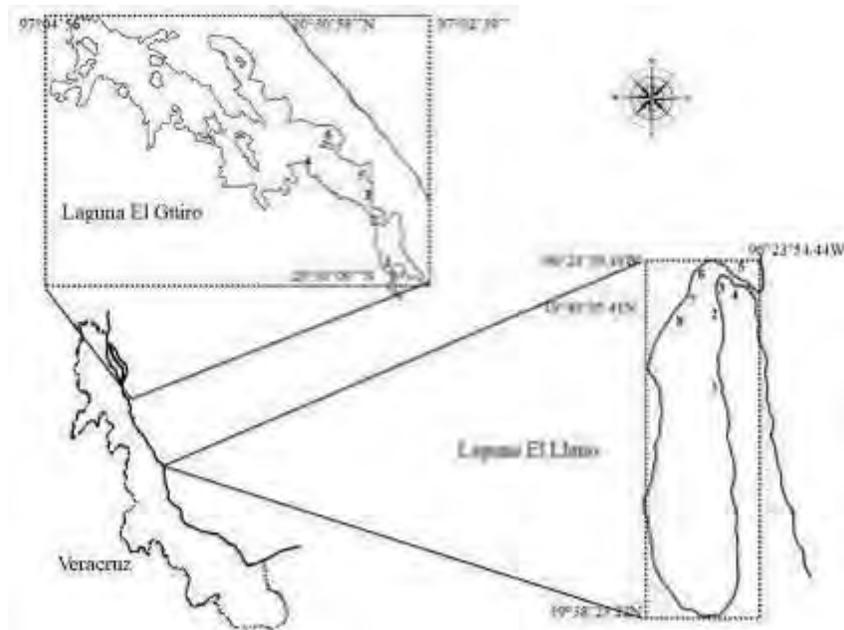


Figura 1. Ubicación geográfica de los estuarios laguna El Güiro y laguna el Llano en el estado de Veracruz; los números señalan la posición de los sitios de muestreo.

Los sitios se ubicaron geográficamente con un GPS, se registró el oxígeno disuelto (mg/L), la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), la salinidad (UPS) con un refractómetro, la turbidez con un turbidímetro (UNT), pH y la profundidad (cm) fue registrada con una sonda.

Los peces fueron colectados con una red tipo chinchorro de 25 m de longitud, por 2 m de alto y luz de malla de 6.35 mm; en cada SM se procuró una superficie de arrastre efectiva de 300 m^2 . Todos los especímenes se colocaron en hielo y se fijaron en etanol al 70%, en el laboratorio se lavaron, se fijaron con formalina al 5% y se almacenaron en etanol al 70%. Los especímenes se identificaron de acuerdo con Castro-Aguirre et al. (1999) y Miller et al. (2005); cada pez se midió con una escala en longitud patrón (LP) hasta 0.01 m; el peso (P) se midió con precisión de 0.01g.

Datos biológicos

Con los registros de las abundancia y biomasa de las especies se estimaron mensualmente los siguientes parámetros ecológicos: Diversidad (H'), según Shannon-Wiener (1963) calculado con logaritmos en base decimal, la riqueza de especies expresada como la cantidad mensual de especies. Para cada especie se estimó la abundancia relativa (AbRel%), la biomasa relativa (BiomRel%) y la frecuencia de ocurrencia (FrecRel%), con la suma de estos tres valores se calculó el índice de valor de importancia (IVI), como medida de la contribución de cada especie a la dominancia comunitaria; se clasificó a las especies por su ocurrencia como permanentes si ocurrieron con más de 75% de FrecRel%, constantes entre 51 a 74 FrecRel%, ocasionales entre 26 y 50 FrecRel% y las raras con menos de 25

FrecRel%; la categoría ecológica de cada especie se definió de acuerdo a Potter et al. (2015), estas fueron: marinas migrantes (MM), marinas ocasionales (MO), especies estuarinas (EE), especies catádromas (EC) y especies dulceacuícolas ocasionales (DO). También se calculó el valor de importancia mensual para cada gremio (VIg), que se estimó a partir de las contribuciones relativas de cada gremio con la fórmula $VIg = 0.33(a + b + c)$, donde: a= porcentaje de especies por gremio, b = porcentaje de abundancia por gremio y c = porcentaje de biomasa por gremio (Harrison y Whitfield, 2008).

Resultados y discusión

Con los registros de las variables hidrológicas se diferenció el comportamiento de los dos estuarios, LEG es un cuerpo de agua oligohalino que no cambia considerablemente la salinidad a lo largo del año las aguas estuvieron oxigenadas, pH alcalino, la turbidez moderada y con temperaturas del agua que varían acordes a la estacionalidad climática. En contraste, en LEL se distinguieron tres fases estuarinas: la de boca cerrada con hipersalinidad, aguas bien oxigenadas, aguas cálidas y baja turbidez; la siguiente fase sucedió entre la temporada seca y de lluvias, en este periodo se encontraron los rasgos más estuarinos en septiembre, con salinidad mesohalina, alta turbidez y valores bajos de oxígeno disuelto; de diciembre 2013 a mayo 2014 a diferencia de años anteriores la boca estuarina no se cerró, un canal de 20 m mantuvo el intercambio mareal con el mar, también sucedieron lluvias que diluyeron la salinidad en septiembre 2013, entre diciembre y mayo de 2014 predominaron salinidades marinas, con aguas bien oxigenadas y turbidez baja, de acuerdo a Snow y Taljaard (2007) este comportamiento corresponde a un estuario parcialmente cerrado y sin una fase de influencia dulceacuícola.

Cuadro 1. Registros de variables hidrológicas en los estuarios ciegos laguna El Güiro y laguna El Llano; se presentan los valores mínimos–máximos y el promedio entre paréntesis; para laguna El Llano se presentan temporalmente de acuerdo a las fases estuarinas identificadas.

	Salinidad	DO ppm	T° C	Turbidez	pH	Fase estuarina
Laguna El Güiro	1.5 -6.3 (4.49)	1.3 - 4 (2.01)	21.3 - 33.9 (29.3)	30.1 - 53.2 (40.4)	8.4 - 8.7 (8.56)	Régimen oligohalino, aguas alcalinas, turbias, oxigenadas
	70 – 76 (73.2)	8.2-10.2 (9.4)	30.2 – 31.9 (31.4)	10.4 – 29.1 17.6	7.6 – 8.5 (7.8)	Boca estuarina cerrada, hipersalinidad
Laguna El Llano	14.9 – 34.9 (29.1)	5.4 – 10.1 (8.8)	26.1 – 33.4 (30.8)	9.1 – 31.6 (20.9)	8.3 -9.8 (8.7)	Secas – Lluvias
	23.3 – 35 (31.4)	8.2 – 15.1 (12.1)	25.8 -27 26.4	9.8 – 23.7 (16.2)	7.4 – 9.9 (8.8)	Nortes – Secas

Los estuarios ciegos pueden estar sujetos a periodos estacionales, intermitentes o prolongados de aislamiento al mar, por ser de superficie pequeña (< 250 ha) sus procesos hidrológicos pueden ser controlados por las fluctuaciones temporales de las mareas y los procesos atmosféricos que influyen en la dinámica de apertura y cierre de la boca estuarina; en LEG se mantuvieron condiciones oligohalinas (<6 UPS), lo que indica poco intercambio con las aguas marinas, solamente la temperatura del agua mostró variaciones estacionales; en LEL, después de un período de boca cerrada e hipersalinidad mayor a 70 UPS, al reiniciarse la comunicación entre el estuario y el mar predominaron las condiciones marinas de aguas bien oxigenadas y turbidez baja que se interrumpieron en temporada de lluvias cuando la salinidad descendió hasta 14 UPS con aguas turbias y menor concentración de oxígeno disuelto.

En LEG se colectaron 1411 organismos de 26 especies, con una biomasa de 4085.5 g, la menor riqueza de especies se colectó en marzo 2015 y la mayor en junio 2015, la diversidad mínima ocurrió en febrero 2015 (0.14), las máximas en febrero y abril 2016 (0.75 y 0.68); las especies con mayor abundancia fueron *Poecilia mexicana* (611) y *Oreochromis niloticus* (318) ambas especies dulceacuícolas, luego *Anchoa mitchilli* (168) especie marina migrante y la estuarina *Dormitator maculatus* (116), las especies con mayor VI tuvieron una frecuencia relativa menor al 50%, esto indica un recambio de especies continuo y los valores de abundancia y biomasa responden a los arribos masivos de las especies más numerosas, como evidencia en esta comunidad ninguna especie ocurrió de forma permanente.

En LEL, los valores de diversidad más altos se registraron en septiembre y marzo, (2.13 y 2.02), en comparación a mayo 2013 con la diversidad más baja (0.72). La diversidad comunitaria alta se relacionó con la mayor riqueza específica, sobre todo en el período de lluvias; este parámetro disminuyó con la colonización de las especies más numerosas en cada muestreo como *A. mitchilli*, *Eucinostomus melanopterus*, *Diapterus rhombeus* y *Polydactilus octonemus* entre diciembre 2013 y febrero 2014. La mayor abundancia se registró en febrero 2014 (1625) y en julio 2013 la menor (122); la mayor biomasa (2 976.6 g) en septiembre 2013 y la menor en mayo 2014 (361.3 g); las especies con mayor número de organismos fueron: *A. mitchilli* (1171), *E. melanopterus* (444), *D. rhombeus* (398) y *M. cephalus* (218). Las especies que contribuyeron con la mayor biomasa fueron: *A. mitchilli* (1290.8 g) seguida de *M. cephalus* (1115.9 g) y con menor biomasa fueron *Symphurus plagiusa* (2.3 g) y *Myrophis punctatus* (0.63 g) especies marinas ocasionales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies recolectadas en LEG y LEL se presentan acomodadas por IVI y por gremio ecológico. Solo se anotan las especies más importantes de las 26 especies de LEG y de las 37 especies de LEL. CE: Categoría Ecológica, MM: Marina Migrante, MO: Marina Ocasional, EE: Especie Estuarina, EC: Especie Catadróma, DO: Dulceacuícola Ocasional; CO: Categoría de

Ocurrencia, P: permanente, C: Constante, O: Ocasional, R: Rara; AbRel%: Abundancia Relativa; BiomRel%: Biomasa Relativa; FrecRel%: Frecuencia Relativa; VI: Valor de Importancia.

Laguna El Güiro Especies	CE	CO	AbRel %	BiomRel %	FrecRel %	VI
Centropomus undecimalis	EC	C	1.51	6.54	57.14	65.19
Centropomus parallelus	EC	O	0.36	0.77	28.57	29.71
Poecilia mexicana	DO	O	43.30	30.66	28.57	102.53
Oreochromis niloticus	DO	O	16.52	8.26	42.86	67.64
Otras 4 Especies	DO	R	2.23	7.75	85.71	95.70
Gobiomorus dormitor	EE	O	0.42	4.84	28.57	33.83
Evorthodus lyricus	EE	O	0.10	0.86	28.57	29.54
Otras 4 especies	EE	R	6.75	3.29	71.43	81.47
Diapterus rhombeus	MM	C	1.14	2.55	57.14	60.83
Anchoa mitchilli	MM	O	8.73	6.41	42.86	57.99
Mugil cephalus	MM	O	0.94	10.89	42.86	54.68
Otras cuatro especies	MM	R	2.29	2.09	71.43	75.81

Continúa Cuadro 2...

Laguna El Güiro Especies	CE	CO	AbRel %	BiomRel %	FrecRel %	VI
Ophistonema oglinum	MO	R	0.31	0.16	14.29	14.76
Gerres cinereus	MO	R	0.10	0.79	14.29	15.18
Otras tres especies	MO	R	0.16	0.29	42.86	43.30

Laguna El Llano Especie	CE	CO	AbRel%	BiomRel%	FrecRel%	VI
Poecilia mexicana	DO	R	4.76	0.62	11.1	16.50
Centropomus parallelus	EC	C	1.38	5.25	66.7	73.29
Centropomus eusiferus	EC	E	0.28	0.42	11.1	11.82
Evorthodus lyricus	EE	P	0.34	0.60	77.8	78.72
Erotelis smaragdus	EE	O	2.99	2.01	44.4	49.44
Gobionellus oceanicus	EE	O	1.63	2.85	33.3	37.81
Otras3 Especies	EE	R	0.82	1.04	66.6	68.52
Anchoa mitchilli	MM	C	33.00	11.57	66.7	111.23
Eucinostomus melanopterus	MM	P	12.51	5.28	88.9	106.67
Diapterus rhombeus	MM	P	11.21	9.31	77.8	98.30
Mugil cephalus	MM	P	6.14	10.00	77.8	93.92
Citharichthys spilopterus	MM	P	3.63	2.07	77.8	83.48

Mugil curema	MM	C	2.87	5.80	55.6	64.23
Otras 5 Especies	MM	R	1.09	9.39	77.7	88.24
Lutjanus griseus	MO	P	1.63	7.20	77.8	86.61
Polydactilus octonemus	MO	O	9.97	7.00	44.4	61.42
Harengula jaguana	MO	C	1.61	0.36	55.6	57.52
Sphyræna barracuda	MO	O	0.54	10.63	44.4	55.60
Caranx latus	MO	O	2.14	5.03	44.4	51.61
Otras 12 especies	MO	R	1.27	2.52	188.7	173.9

Las riquezas de especies bajas en estuarios ciegos como LEG y LEL se explica por el estrés natural ocasionado por las variaciones de la salinidad, la temporalidad de apertura de la boca y de los flujos estacionales de agua dulce (James et al., 2007); Vasconcelos et al. (2015), proponen que el número de especies en los estuarios se relaciona más a los procesos ecológicos que regulan la invasión de las poblaciones al estuario, la conectividad inter-hábitats entre la plataforma continental con el estuario y la extensión espacio-temporal de los hábitats estuarinos, estos factores funcionarían como filtros ambientales que definen a los ensamblajes de especies.

En ambos estuarios la composición de los ensamblajes estuvo representada por las especies marinas, tanto por las ocasionales y como por las estuarino-dependientes (Figura 2); en LEL el gremio marino ocasional registró un número mayor de especies en los meses posteriores a la apertura de la boca, pero en LEG mensualmente se presentaron solo en números bajos. Whitfield (2015) señaló que las especies estenohalinas generalmente son visitantes en tránsito o accidentales por su incapacidad fisiológica para tolerar los cambios de salinidad o como en LEG en una condición de salinidad muy baja continua; en LEL la apertura de la boca de comunicación permitió la entrada de las especies marinas que aprovecharon la dilución hipersalina para ocupar el estuario, al estabilizarse las condiciones ambientales hacia un patrón más estuarino ocurrió la ocupación por poblaciones marinas estuarino-dependientes con mayor tolerancia.

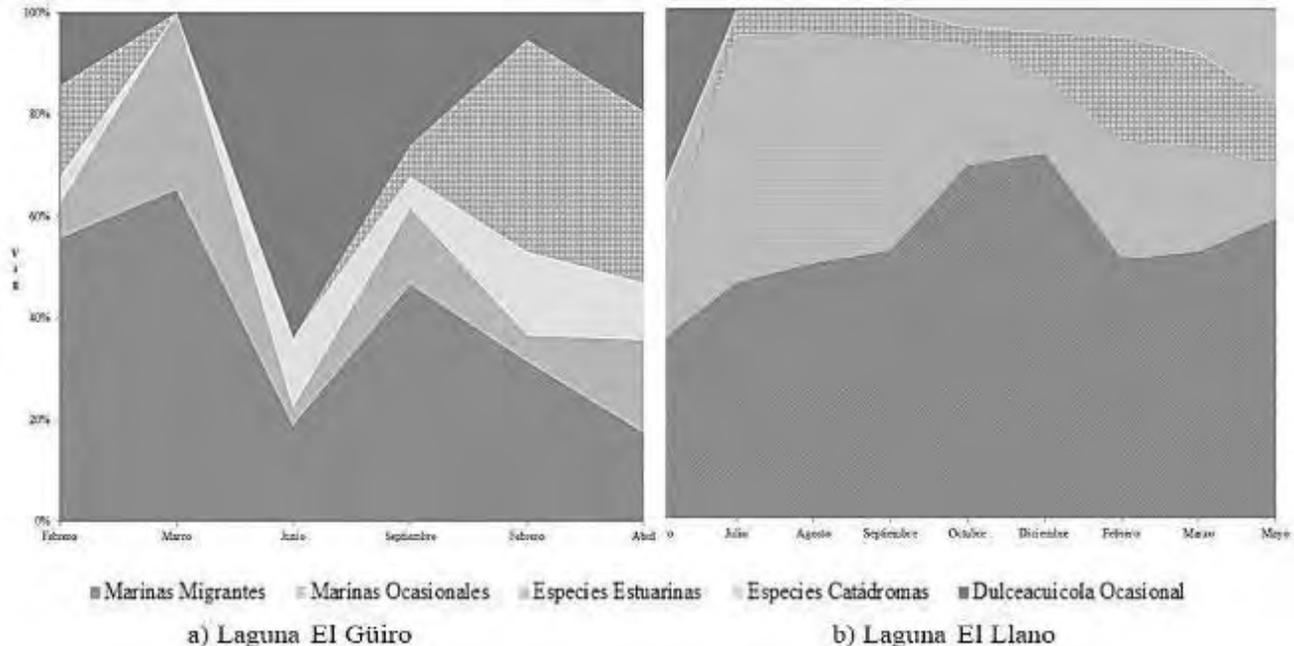


Figura 2. Contribución por Valor de importancia por gremio (VIg) en los ensamblajes mensuales de a) Laguna El Güiro y b) Laguna El Llano.

Pero en LEG las especies dominantes fueron de tipo dulceacuícola, *P. mexicana* y *O. niloticus*, como gremio estuvieron presentes casi en la misma proporción que otros gremios y mensualmente en mayor abundancia y biomasa; en LEL *P. mexicana* fue la especie que mostró mayor resistencia a la hipersalinidad, pues se encontraron machos maduros y hembras grávidas y en superfetación, esta es una diferencia respecto a los estuarios de boca abierta en los que predominan las especies marinas migrantes eurihalinas (Hoeksema y Potter, 2006).

Las diferencias en los ensamblajes LEL se determinaron precisamente por la variación en la abundancia de las especies dominantes marinas migratorias y ocasionales de las familias Carangidae, Clupeidae y Sphiraenidae. En condiciones de boca abierta, la estructura de los ensamblajes fue dominada en abundancia por un número reducido de especies marinas migrantes como *A. mitchilli* y los gerreidos *E. melanopterus* y *D. rhombeus*, además con *Mugil cephalus*, aportaron los mayores porcentajes de abundancia y biomasa en secas-lluvias y nortes. Estas diferencias están representadas en los registros de VIg para ambos estuarios durante sus respectivos periodos de estudio (Figura 2).

Conclusiones

Con esta información se muestran algunos rasgos diferenciales de las comunidades de peces en estuarios ciegos con la composición de sus ensamblajes, aunque de riqueza de

especies y diversidad comunitaria bajas, las especies marinas siguen siendo más numerosas, pero su contribución puede ser menor comparada a gremios como los estuarinos y los dulceacuícolas, incluso en condiciones oligohalinas este gremio fue más importante y en hipersalinidad una especie dulceacuícola mostró mayor resistencia fisiológica; el análisis de estas relaciones ecológicas permite reconocer las funciones ecológicas de los estuarios y la influencia de la salinidad en la composición de las comunidades de peces.

Literatura citada

Arizmendi, M. C. y L. Márquez-Valdelamar, L. 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CIPAMEX. CONABIO. FMCN y CCA. Cd. México, México 440 p.

Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz López y V. Aguilar-Sierra. (Coords.). 1998. Regiones prioritarias marinas de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. México, México.

Castro-Aguirre J. L., S. H. Espinoza-Pérez y J. J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México.: Ed. Limusa. Ciudad de México, México. 489 p.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 90 p.

Harrison, T. D. & A. K. Whitfield. 2008. Geographical and typological changes in fish guilds of South African estuaries. *J. Fish Biol.* 73:2542-2570.

Hoeksema, S. D. & I. C. Potter. 2006. Diel, seasonal, regional and annual variations in the characteristics of the ichthyofauna of the upper reaches of a large Australian microtidal estuary. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 67:503-520.

James, N. C., P. D. Cowley, A. K. Whitfield & S. J. Lamberth. 2007. Fish communities in temporarily open/closed estuaries from the warm- and cool-temperate regions of South Africa: a review. *Rev. Fish Biol. Fish.* 17:565-580.

Miller, R. R., W. L. Minckley & S. M. Norris, 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. The University of Chicago Press. Chicago, USA.

Schallenberg, M., S. T. Larned, S. Hayward & C. Arbuckle. 2010. Contrasting effects of managed opening regimes on water quality in two intermittently closed and open coastal lakes. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 86:587-597.

Shannon C. E. & W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois, Chicago, Illinois, USA. 173 p.

Sheaves, M. 2009. Consequences of ecological connectivity. The coastal ecosystem mosaic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 391:107-115.

Snow G. C. & S. Taljaard, S. 2007. Water quality in South African temporarily open/closed estuaries: a conceptual model. *Afr. J. Aq. Sci.* 32:99-111.

Taljaard, S., L. van Niekerk & W. Joubert. 2009. Extension of a qualitative model on nutrient cycling and transformation to include microtidal estuaries on wave-dominated coasts: Southern hemisphere perspective. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 85:407–421.

Vasconcelos R. P., S. Henriques, S. Franca, S. Pasquaud, I. Cardoso, M. Laborde & H. Cabral. 2015. Global patterns and predictors of fish species richness in estuaries. *J. Anim. Ecol.* 84:1331-1341.

Whitfield, A. K. 2015. Why are there so few freshwater fish species in most estuaries? *J. Fish Biol.* 86:1227-1250.

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN CAFETALERA EN LA REGIÓN DE COATEPEC, VERACRUZ

Gerardo Alvarado-Castillo^{363*}, Leticia Domínguez Juárez³⁶⁴, Ana Laura Gumecindo Alejo³⁶⁴, Wendy Sangabriel-Conde³⁶³ y Carlos R. Cerdán-Cabrera³⁶³

Resumen

El cultivo del café en México es una actividad estratégica por su importancia económica, sociocultural y ambiental. No obstante, existe un fuerte retroceso en el desarrollo rural de la región, provocando una disminución en la inversión, deficiencias en el manejo de la producción, cosecha y procesamiento, así como fenómenos de migración, feminización y envejecimiento rural, que finalmente han originado una pérdida de la sustentabilidad. Sin embargo, la evaluación de ésta es compleja, porque es un concepto incipiente en su formulación y evaluación. Su condición multidimensional, el predominio de los enfoques tecnocrático y descendente, así como la ausencia de variables comunes para su valoración, dificultan su operatividad. En este contexto, la ejecución del estudio se apoya en dos aspectos estratégicos: la definición del área de estudio con un enfoque de microcuencas y la aplicación de un modelo modificado para la evaluación de desarrollo rural propuesto por previamente, utilizando una encuesta para determinar la actitud y el comportamiento de la población en torno al uso y manejo de sus recursos. Se observó que los componentes del modelo conceptual fueron más altos para la calidad de vida y más bajos para el apoyo externo, de tal manera que el resultado global en la zona fue calificado como bajo. Se concluye que la evaluación de la sustentabilidad reviste una gran complejidad antropológica, socioeconómica, política y cultural, por lo que el uso de indicadores sencillos y prácticos es importante para proveer a técnicos, productores y políticos información confiable y comprensible de las distintas dimensiones que la conforman, con la finalidad de que la idea de un desarrollo sustentable se traduzca en decisiones y acciones. De no ser así, la sustentabilidad será sólo un marco de reflexión de la compleja relación entre sociedad y naturaleza.

³⁶³ Posgrado en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Circuito Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria CP. 91090 Xalapa Enríquez, Veracruz, México, e-mail: gerardoalvaradoc@hotmail.com.

³⁶⁴ Programa de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Circuito Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria CP. 91090 Xalapa Enríquez, Veracruz, México.

Palabras clave: sustentabilidad, enfoque territorial, transversalidad, tomadores de decisiones

Introducción

El cultivo del café en México es una actividad estratégica por su importancia económica, sociocultural y ambiental (Escamilla et al., 2005), lo que ha dado lugar a regiones reconocidas a nivel nacional e internacional, como es el caso de Córdoba y Coatepec. Esta última produce café de alta calidad debido a su altitud, clima y suelo óptimos para este cultivo (Apodaca-González et al., 2014), lo que le ha concedido reputación, tradición e identidad (Mestries, 2006; Pérez y Pérez, 2012). No obstante existe un fuerte retroceso en el desarrollo rural, provocando una disminución en la inversión, deficiencias en el manejo de la producción, cosecha y procesamiento, así como fenómenos de migración, feminización y envejecimiento rural, que finalmente ha impactado con una reconversión productiva (ganadería, caña de azúcar u otras formas de explotación intensiva), el abandono del campo, agotamiento de los recursos naturales, deterioro del ambiente y destrucción de los ecosistemas por la urbanización (Arce y Martínez, 2007; Carrasco, 2013), lo que ha originado una pérdida de la sustentabilidad de la región.

Sin embargo, la determinación de ésta no es fácil, pues a pesar de su aceptación, el concepto de sustentabilidad es incipiente en su formulación y evaluación, pues su condición multidimensional, el predominio de los enfoque tecnocrático y descendente (sectorizado y centralizado), así como la ausencia de parámetros comunes de evaluación, dificultan traducirla en decisiones y acciones (Sarandón y Flores, 2009). Entonces, el desarrollo sustentable constituye un paradigma complejo, cuya conceptualización incluye diferentes ideales y valores en términos de ecología, economía y sociedad (Torres-Lima et al., 2004). Por consiguiente, su evaluación no consiste sólo en la construcción y el uso de indicadores de forma aislada, sino que éstos deben ser integrados de tal manera que se explique su funcionamiento desde todas las perspectivas posibles, ya que deben ser concebidos no sólo como un conjunto organizado de elementos que interactúan y son interdependientes entre sí, sino como un sistema complejo que se concibe no sólo por sus componentes, sino por las funciones que realizan (Bertalanffy, 1986).

Materiales y métodos

La ejecución del estudio se apoyan en dos aspectos estratégicos: la definición del área de estudio con un enfoque de microcuencas, pues permite el análisis de las funciones

ambiental, económica y social de los recursos naturales y su dinámica con fines de manejo sustentable, y la aplicación de la modificación al modelo de evaluación de desarrollo rural propuesto por Bustillo et al. (2008), utilizando una encuesta para determinar la actitud y el comportamiento de la población en torno al uso y manejo de sus recursos.

Delimitación del área de estudio

La microcuenca se determinó con base en imágenes de satélite a escala 1:5000, utilizando como soporte imágenes Ikonos de alta resolución (2 m/píxel) en color verdadero e imágenes LandSat ETM multiespectrales (30 m/píxel), que se calibraron, corrigieron atmosféricamente y fusionaron a 15 m/píxel, usando la banda 8 pancromática (Figura 1). Además, se utilizó el modelo digital de elevación con una resolución de 30 m/píxel proporcionado por la NASA a partir del proyecto ASTER Global Digital Elevation Model y el software gvSIG-Sextante con la herramienta Multiple Flow Direction Algorithms (MFD). Finalmente, se usó la nomenclatura para los consejos de cuencas hidrológicas establecida por la CONAGUA (2007).

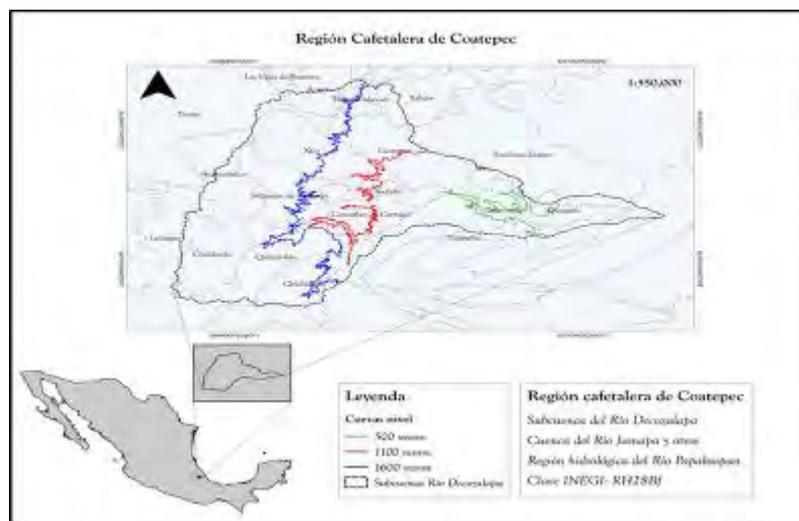


Figura 1. Área de estudio por medio de un enfoque de cuencas.

Evaluación de la sustentabilidad

Se realizaron modificaciones al modelo de desarrollo rural sustentable (Bustillo et al., 2008), ya que éste es capaz de interpretar algunas de las interacciones entre la sociedad y naturaleza, y puede servir como marco común para el trabajo interdisciplinario (Martínez-Dávila y Bustillo-García, 2010), además de que integra el desarrollo sustentable de los procesos rurales (agrícolas y no agrícolas) y también analiza y evalúa factores involucrados dentro de contextos menores o mayores desde diversos escenarios, el cual queda descrito en la siguiente expresión:

$$DS= f (Cv+Dh+Mr+Ae+Ea)$$

Donde, DS = desarrollo sustentable es función de: Cv = calidad de vida; Dh = desarrollo humano; Mr = manejo de los recursos; Ae = apoyo externo y Ea= educación ambiental. Cada uno de ellos conformado con indicadores particulares (Cv = salud, ingreso, vivienda, servicios, migración, percepción de seguridad, relaciones familiares e integración con la comunidad; Dh = educación, capacitación, gestión; Mr = eficiencia de la rentabilidad, eficiencia de productividad, eficiencia de mano de obra, infraestructura; Ae = crédito, ahorro, remesas y subsidios y Ea = importancia de los beneficios de la finca, importancia de la ecología regional, accesibilidad a la capacitación en conservación y manejo de los recursos naturales). Se utilizó una escala de Likert de 5 puntos donde: 1=muy bajo, 2=bajo, 3=regular, 4=alto, y 5=muy alto). Luego se estructuraron de forma sistematizada para medir cambios en la actitud y comportamiento de la población hacia cada uno de ellos.

Debido a que no existe un padrón cafetalero confiable, ni por la AMECAFE (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café A.C) ni la SAGARPA, específicamente el área de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la encuesta fue aplicada utilizando una técnica de muestreo de "bola de nieve" y se determinó el número de productores al presentarse la saturación de respuestas. De esta manera la muestra fue de 196 productores cafetaleros.

Resultados y discusión

La evaluación de la sustentabilidad, en el menor de los casos es desafiante, ya que los enfoques se dirigen principalmente a procesos de producción agropecuaria en distintos marcos temporales y espaciales (Torres-Lima et al., 2004; Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010) expresados en flujos de materia, energía e información (Ruiz, 2006). No obstante, poco se realiza para incorporar la participación social en su construcción. La negociación de intereses y la vinculación real entre los distintos actores sociales (incluyendo la plataforma científico-política) constituye el camino más apropiado para el desarrollo sustentable (Bustillo-García y Martínez-Dávila, 2008; Tuinstra et al., 2008), pues éste se refiere propiamente a las interacciones sociedad-naturaleza y no a cada sistema natural o socioeconómico de forma aislada. Por tanto, el involucramiento de los habitantes es un componente esencial en este enfoque de trabajo (Ramos y Caeiro, 2010).

En este sentido, los componentes del modelo conceptual fueron calificados con base en la encuesta realizada (Cuadro 1), para apoyar la identificación de las dimensiones que requieren atención inmediata y que permitan que los tomadores de decisiones y los usuarios orienten la conducción de planes, programas y proyectos hacia actividades que promuevan el desarrollo sustentable.

Cuadro 1. Calificación de los componentes del desarrollo sustentable.

Cv	Cal	Dh	Cal	Mr	Cal	Ae	Cal	Ea	Cal
Salud	2.6	Educación	1.8	Eficiencia de la rentabilidad	1.9	Crédito	1.2	IBF	1.8
Vivienda	2.8	Capacitación	1.0	Eficiencia de productividad	1.9	Ahorros	1.8	IER	1.8
Seguridad	3.1	Gestión	1.5	Eficiencia de mano de obra	1.6	Subsidios	1.3	ACMR	1.7
Ingresos	1.6			Infraestructura	1.9	Remesas	0.5		
Migración	0.6								
Servicios	4.5								
Relaciones familiares	3.7								
Relación con la comunidad	3.8								
Media	2.8		1.3		1.8		1.4		1.7

IBF=Importancia de los beneficios de la finca. IER=Importancia de la ecología regional. ACMR=Accesibilidad a la capacitación en conservación y manejo de los recursos naturales.

Se observa que el desarrollo sustentable está en función de cada uno de los factores estudiados (pudiendo ser más) y que a su vez están interrelacionados entre sí, de tal manera que la calidad de vida de la población está en función del desarrollo humano y el manejo de los recursos ($Cv=f(Dh+Mr)$), siendo este último una función directa del desarrollo humano ($Mr=f[Dh]$). Esto demuestra que el desarrollo sustentable no sólo se puede obtener a través de un mejor desarrollo humano, y del manejo adecuado de sus recursos compartidos, sino que requiere además de su capacidad para manejar y negociar situaciones de conflicto para lograr su propio desarrollo.

Con base en la escala de Likert, la calidad de vida es media, el desarrollo humano, el manejo de los recursos y la accesibilidad a la capacitación en conservación y manejo de los recursos naturales es bajo y el apoyo externo muy bajo, por lo que el resultado global en la zona de estudio es calificado como bajo (promedio general 1.8) y no contribuyen ni existe sinergia entre ellos para mantener un equilibrio entre las condiciones económicas, sociales y ecológicas presentes en la zona. Ante ello son claras las áreas en donde se requiere intervención, acciones puntuales y planificación. Los aspectos sobresalientes de cada componente del desarrollo sustentable se comentan a continuación:

Calidad de Vida

Cuenta con la más alta valoración, principalmente por la amplia cobertura en los servicios de salud (86.4% de los encuestados cuentan con algún tipo de servicio médico), la calidad de la vivienda (98.4% tiene vivienda propia y 75.4% con techos de concreto) y acceso a los

servicios de agua (98.6%), electricidad (100%), drenaje (30.4%), limpia pública (63.3%) y pavimentación (73.0%). No obstante, el ingreso es bajo pues 50.3% de la población gana de 1 a 2 salarios mínimos por día. Esto es una de las causas más frecuentes que incentivan los fenómenos de migración (12.6% de los encuestados ha emigrado y 38.2% tienen parientes en el extranjero), además de que la edad promedio de los productores es de 60 años lo que implicará nuevas necesidades para su atención en el futuro, incrementando significativamente las necesidades de atención para los grupos de la tercera edad (particularmente para los rubros de salud y asistencia social). Así mismo no existen jóvenes dedicados a la cafecultura por lo que en el futuro esta actividad corre el riesgo de desaparecer por el poco interés de las futuras generaciones en ésta.

Desarrollo humano

El nivel educativo de la muestra es muy bajo ya que 42.9% de los jefes de familia entrevistados no tiene estudios (sólo 35.6% cursó la primaria, 15.7% la secundaria, 4.2% bachillerato y 1.6% la universidad), lo cual representa una gran limitante en la capacidad de gestión y negociación de los habitantes de la zona de estudio. Así mismo el 65.4% de la población entrevistada no ha tomado algún curso de capacitación, por lo que sus posibilidades de desarrollo se ven disminuidas, de tal manera que sólo el 35.1% de los productores se ha acercado a alguna institución en busca de apoyo de algún tipo. De ésta proporción 92.3% corresponde a instituciones del orden municipal (ya que el municipio es el vínculo más cercano entre la población y las instituciones, por lo que el desarrollo regional debe partir de ahí), 5.5% se ha acercado a organismos estatales, y únicamente el 2.2% a federales, lo que sugiere una baja capacidad de negociación de la población.

Manejo de los recursos

Se observó que los productores tienen en promedio 2.1 predios, y 2.3 ha con una plantación con 31.5 años de edad, esto indica que la mayoría de las fincas son viejas y por consiguiente ya no son productivas (a pesar de que existen procesos de renovación de plantas). Así mismo únicamente se destina en promedio el 26% de los ingresos de la finca al mantenimiento de la misma. Todo esto en su conjunto afecta la eficiencia de los factores de producción (tierra, trabajo y capital) y tiene relación directa con el proceso de deterioro gradual de las superficies productivas, posiblemente amplificado por los procesos actuales de cambio climático (Hertel y Rosch, 2010; Ibararán et al., 2010) y por los altos costos de los insumos, especialmente de los energéticos, lo que genera descapitalización y cartera vencida, además de otros fenómenos como la migración, lo que en conjunto afecta la productividad general de la región.

Apoyo externo

Este es el componente con mayor déficit, pues el financiamiento externo es muy limitado (19.9%), el ahorro es inexistente y la asistencia generada por instituciones es muy baja (5.7% consultoría profesional, 3.8% capacitación y 2.5% para el diseño y formulación de proyectos).

Accesibilidad a la capacitación en conservación y manejo de los recursos naturales

Como lo menciona Espejel-Rodríguez y Flores-Hernández (2012), la educación ambiental es la herramienta elemental para que todas las personas adquieran conciencia de la importancia de preservar su entorno y sean capaces de realizar cambios en sus valores, conducta y estilos de vida. En este sentido, 89% de la población encuestada coincide en que el cafetal brinda un servicio importante para el ambiente, por lo cual hay que protegerlo, no obstante 77% de la población desconoce información en el tema y nunca ha tomado algún curso de capacitación.

Al conjuntar todos estos factores se llega a la conclusión de que el reto que impone la sustentabilidad es muy alto, pues la conservación y aprovechamiento de los recursos guarda estrecha relación con el manejo responsable y racional que puedan llevar a cabo los dueños y poseedores de la tierra, con la intervención institucional y con la planificación y valorización responsable de todos los participantes. Lo anterior significa conciliar dos aspectos, por un lado, lo que tiene que ver con la exigencia de conservación de los recursos y por otro, lo relativo a la necesidad de su aprovechamiento. Ambos criterios deben guardar armonía entre sí y un equilibrio dinámico permanente. No obstante, si continúan los altos índices de pobreza, migración, falta de preparación de la población, el bajo nivel de organización, y el bajo nivel de apoyo externo, los recursos naturales estarán permanentemente comprometidos, ya que el ingreso y los satisfactores para los habitantes de la microcuenca provienen de los bienes y servicios ambientales que proveen los ecosistemas actuales, cada vez más empobrecidos.

Conclusiones

La sustentabilidad es un concepto complejo que debe comprenderse en toda su magnitud para poder establecer soluciones integrales y viables, pues reviste una gran complejidad antropológica, socioeconómica, política y cultural, por lo que el uso de indicadores sencillos y prácticos es importante para proveer a técnicos, productores y políticos una información confiable y comprensible de las distintas dimensiones que la conforman, con la finalidad de que la idea de un desarrollo sustentable se traduzca en decisiones y acciones. Ante ello, la aplicación de este modelo de evaluación con un enfoque territorial, proporciona valores

prácticos y objetivos que constituyen un marco de referencia para el trabajo interdisciplinario y una guía con información comprensible y suficiente para los tomadores de decisiones. Esto ofrece una visión integral que identifica vacíos y acciones críticas, que clarifican prioridades en el sentido local, lo que puede ser la base para dirigir esfuerzos y establecer estrategias de desarrollo sustentable en el corto plazo.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Veracruzana por el financiamiento, a través del Proyecto de Plataformas Tecnológicas PIT-PE 009.

Literatura citada

- Apodaca-González, C., J. P. Juárez-Sánchez, B. Ramírez-Valverde y S. R. Figueroa. 2014. Revitalización de fincas cafetaleras por medio del turismo rural: caso del municipio Coatepec, Veracruz. REMEXCA 9:1523-1535.
- Arce, C. B. A. y D. E. Martínez. 2007. De lo global a lo nacional: propuesta para posicionar a las empresas rurales conservando la diversidad. Entelequia 5: 293-308.
- Bertalanffy, L. V. 1986. Teoría general de sistemas. Fondo de Cultura. México. 254 p.
- Bustillo, G. L., J. P. Martínez y F. Gallardo. 2008. Sustainable rural development: That distinguished stranger (a review). Rev. Cient. 18:43-50.
- Bustillo-García, L., y J. P. Martínez-Dávila. 2008. Los enfoques del desarrollo sustentable. Interciencia 33(5):389-395.
- Carrasco, G. F. 2013. Afectaciones de la crisis cafetalera al paisaje cultural y a la identidad territorial en el municipio de Coatepec, Veracruz. Altepétl 4:7-8.
- CONAGUA. 2007. Consejos de Cuenca. Comisión Nacional del Agua. <http://www.conagua.gob.mx/OCAvm/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=6f290a89-0cd7-4975-8703-8e060d637c32|Consejos%20de%20Cuenca|0|5|0|0|0>. [consultado el 22 de mayo de 2017].
- Escamilla, P.E., R. O. Ruiz, P. G. Díaz, S. C. Landeros, R. D. E. Platas, C. A. Zamarripa, H. V. A. González. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 76:5-16.

- Espejel-Rodríguez, A. y A. Flores-Hernández. 2012. Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior. *Revista Mexicana de la Investigación Educativa* 17 (55):1173-1199.
- Gómez-Limón, J. A. y G. Sánchez-Fernández. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecol. Econ.* 69(5):1062-1075.
- Hertel, T. W. y S. D. Rosch. 2010. Climate Change, Agriculture and Poverty. *Appl.Econ.Persp.and Pol.* 32(3):355-385.
- Ibarrarán, M. E., E. L. Malone y A. L. Brenkert. 2010. Climate change, vulnerability and resilience: current status and trends for Mexico. *Environ. Dev. Sustain.* 12(3):365-388.
- Martínez-Dávila, J. P. y L. Bustillo-García. 2010. La autopoiesis social en el desarrollo rural sustentable. *Interciencia* 35(3):223-229.
- Mestries, B. F. 2006. Migración internacional y campesinado cafetalero en México. Fases, circuitos y trayectorias migratorias. *Análisis Económico* 21(46):263-289.
- Pérez, A. P. y T. M. Pérez. 2012. Las denominaciones de origen del café mexicano y sus cuestionamientos como modelo de desarrollo regional. *Revista Perspectivas Rurales Nueva Época* 10(19):43-5.
- Ramos, T. B. y S. Caeiro. 2010. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. *Ecol. Indic.* 10(2):157-166.
- Ruiz, R. O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31(2):140-145.
- Sarandón, S. J., y C. C. Flores. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología* 4:19-28.
- Torres-Lima, P., L. Rodríguez-Sánchez y O. Sánchez-Jerónimo. 2004. Evaluación de la sustentabilidad del desarrollo regional. El marco de la agricultura. *Región y Sociedad* 16(29):109-144.
- Tuinstra, W., J. Jager y P. M. Weaver. 2008. Learning and evaluation in integrated sustainability assessment. *IJISD* 3(1-2):128-152.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE OVINOS EN CAMPECHE, MÉXICO

José de Jesús Pérez Bautista^{365*}, Ponciano Pérez Hernández³⁶⁵, Silvia López Ortiz³⁶⁵, Bernardino Candelaria Martínez³⁶⁶, Ricardo Antonio Chiquíni Medina³⁶⁶, Roberto Carlos Gómez García³⁶⁶ y Martín Mogica Hernández³⁶⁷

Resumen

La producción ovina ha sido fomentada por la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) en el estado de Campeche, sin embargo, se desconoce la situación actual y las perspectivas de los productores. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar a los productores con ovinos, beneficiados por la CDI en el estado de Campeche. El estudio se realizó de octubre a diciembre de 2015 con la participación de 199 productores de siete municipios. No existe un registro actualizado de las actividades de manejo de los ovinos por parte de los productores, por lo cual se aplicó un cuestionario a 27 grupos de productores, apoyados de 2014–2015. El 78.4% de los productores apoyados con proyectos de ovinos por la CDI son mujeres y el 21.6% varones. Son hablantes de lengua indígena, con el 67% Maya, el 24% Chool y 9% Mam, Ixil, Totonaca y Tzental. Tienen menos de 50 años y poseen un nivel educativo básico. Los sistemas de producción más practicados son el extensivo (72%) y el semi intensivo (28%); los animales utilizados son cruza de Pelibuey y Black Belly (78.3%) y Pelibuey y Kathadin (21.7%). En conclusión, más del 70% muestra que la actividad tiene una fuerte participación femenina, hablante de alguna lengua étnica. La edad de los productores es menor a 50 años, con escolaridad básica. Los sistemas producción ovina que predominan son de pastoreo, sin considerar mejoras genéticas en sus rebaños. Por lo tanto, es necesario brindar asistencia técnica y capacitación, e implementar estrategias que contribuyan al desarrollo producción ovina.

Palabras clave: manejo, producción, unidades de producción

³⁶⁵ Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz, jesus.perez@colpos.mx

³⁶⁶ Instituto Tecnológico de Chiná. Chiná, Municipio de Campeche. Campeche, México.

³⁶⁷ Instituto Tecnológico de Huejutla. Municipio de Huejutla. Hidalgo, México.

Introducción

La producción ovina en Campeche cuenta con un inventario de 159,835 cabezas de ovinos, que representa el 1.8% del rebaño nacional (SIAP, 2014). Las condiciones agroecológicas del estado son óptimas para el manejo del ganado ovino, especialmente las razas Pelibuey y Black Belly por su rusticidad, prolificidad y adaptación (Dzib et al., 2011). Sin embargo, esta actividad presenta un lento desarrollo causado en parte por deficiencias en la organización de productores y bajos índices de productividad (Nuncio-Ochoa et al., 2001; Dzib-Can et al., 2006). Por lo tanto, la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) en el componente del Programa para Mejoramiento de la Producción y Productividad Indígena (PROIN) ha beneficiado desde 2013, a productores indígenas con el objetivo de mejorar los ingresos a través del apoyo a proyectos productivos y el desarrollo de capacidades con enfoque de género e interculturalidad (CDI, 2014).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue realizar una caracterización de productores con ovinos beneficiados en el programa CDI-PROIN en el estado de Campeche, con la finalidad de conocer la situación actual y proponer alternativas de solución que promuevan su desarrollo mediante la toma de decisiones y tecnologías adecuadas para incrementar la productividad de los rebaños.

Materiales y métodos

El estudio se realizó de octubre a diciembre 2015 en 27 grupos o unidades de producción ovina (UPO) con la participación de 199 productores distribuidos en siete municipios del estado de Campeche. Al no tener información actualizada de las características de la UPO y de los productores beneficiados se entrevistó al total de ellos. Se diseñó un cuestionario con preguntas de tipo socioeconómico: sexo, edad, escolaridad, lengua indígena y ocupación. La información se obtuvo de forma directa con los productores, y en algunos casos en la UPO. De la misma forma se llevaron a cabo acciones de capacitación y asistencia técnica en el manejo del ganado ovino, con conocimientos prácticos sobre sanidad, alimentación y manejo reproductivo a grupos de ovinocultores apoyados por la CDI-PROIN. Los datos obtenidos se analizaron a través de estadísticas descriptivas.

Resultados y discusión

En 78.4% de los productores apoyados con proyectos de ovinos por la CDI-PROIN son mujeres y el 21.6% hombres. En este sentido se ha establecido que las mujeres rurales muestran una amplia disposición al fomento del ahorro y la administración de los bienes del hogar (Riaño y Okali, 2008), además la actividad ovina es de reciente creación. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Salamanca et al. (2015), quienes encontraron que las actividades en las unidades de producción de ovino en el litoral de Perú, las realizan principalmente las mujeres (63%), pero difieren de los encontrados por Díaz et al. (2014). Son hablantes de lengua indígena Maya (67%), Chool (24%) y Mam, Ixil, Totonaca y Tzental (9%). Los resultados son similares a los reportados por Perezgrovas y Castro (2000) y Bautista (2006), con productores, de los estados de Chiapas y la región Mixe, Oaxaca, en México. Se encontraron 27 grupos de productores, en su mayoría jóvenes, educación básica. Los resultados coinciden con los de Morales et al. (2004) y Cuéllar et al. (2012), para productores del estado de Veracruz, pues reportaron escolaridad de segundo a quinto año de primaria. El Cuadro 1 muestra las características de los grupos por municipio.

Cuadro 1. Características de los grupos de ovinocultores beneficiados con proyectos de ovinos CDI-PROIN 2014-2015.

Municipio	Número de productores	Grupos	Edad	Escolaridad ¹	Ocupación ²	Aportación (%)
Campeche	68	10	42	37 (A)	150 (A)	75
Hopelchén	17	2	35	87 (P)	7 (E)	4
Calkiní	8	1	25	57 (S)	3 (C)	2
Calakmúl	21	3	39	16 (Pr)	38 (P)	18
Carmen	40	5	41	2 (L)	1 (Es)	1
Candelaria	28	4	36			
Champotón	17	2	40			
Total	199	27	37	199	199	100

¹A: Analfabeta, P: Primaria, S: Secundaria, Pr: Preparatoria y L: Licenciatura; ²A: Ama de casa, E: Empleado(a), C: Comerciante, P: Productor y Es: Estudiante.

Con respecto a las UPO más del 80% de los productores desconoce del manejo de los rebaños, debido a esto los sistemas de producción siguen siendo de manera tradicional, donde el pastoreo extensivo predomina con 72% y un 28% es semi intensivo a base de forrajes encontrándose a animales principalmente cruza de Pelibuey y Black Belly.

Conclusiones

1. Con base a esos los resultados se concluye que existe una amplia participación femenina con características más del 50% hablantes de algún idioma étnico.
2. La crianza de ovinos, es una alternativa para tener ingresos adicionales para la familia. Sin embargo, los productores carecen de conocimientos básicos del manejo de los ovinos.
3. De acuerdo a la edad y escolaridad de los productores, se encuentra en una etapa productiva tradicional, la cual es posible mejorar el proceso de producción.
4. Los sistemas que predominan son los extensivos y realizan un manejo tradicional que consiste en pastoreo, sin mejora genética de los rebaños.
5. Por lo tanto, es necesario implementar estrategias de fortalecimiento en los sistemas de producción ovina.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y Campeche por el financiamiento del proyecto de investigación. A la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), Instituto Tecnológico de Chiná (ITCh), y a los grupos de ovinocultores apoyados por el programa CDI-PROIN por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo. Así mismo, al maestro del Instituto Tecnológico de Huejutla (ITH) por su apoyo en la revisión del documento.

Literatura citada

Bautista, J. A. 2006. Diseño de una estrategia de transferencia de tecnología en la ganadería campesina en la región Mexe (Ayuuk) en Oaxaca, México. *Ra Ximhai* 2(2):419-433.

CDI (Comisión Nacional Desarrollo de Pueblos Indígenas). 2014. Comisión Nacional Desarrollo de Pueblos Indígenas. DECRETO por el que se aprueba el Programa Especial de los Pueblos Indígenas 2014-2018. <http://www.cdi.gob.mx/programas/2014/programa-especial-de-los-pueblos-indigenas-2014-2018.pdf> [consultado el 7 de julio de 2015].

Cuéllar, O. J. A y P. J Tórtora, G. A. Trejo y R. P. Román. 2012. La producción ovina mexicana particularidades y complejidades. 1a ed. Editorial Ariadna. México, D.F. 173 p.

- Dzib-Can, A. G. Torres-Hernández, A. Ortiz-de-Montellano y E. Aceves-Navarro. 2006. Prácticas de manejo utilizadas por productores de ovinos de pelo de dos sectores sociales en Campeche, México. *Livest. Res. Rural Develop.* 18, art. 105. <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd18/7/dzib18105.htm> [consultado el 15 junio de 2015].
- Dzib, C. A. A. Ortiz de Montellano y G. Torres-Hernández. 2011. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. *Archivos de Zootecnia* 60(232):1291-1301.
- Díaz C. A., Y. Sardiñas L., E. Castillo C., C. Padilla C., H. Jordán V., R. O. Martínez Z. et al. 2014. Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías. *Avances de Investigación Agropecuaria* 18(2):41-61.
- Nuncio-Ochoa G, J. Nahed-Toral, B. Díaz-Hernández, F. Escobedo-Amezcuca y B. Salvatierra-Izaba. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de tabasco. *Agrociencia* 35(4): 469-477.
- Salamanca I., A. Catachura, J. Sánchez, C.S. Fioravanti M. y R. B. Seneno J. 2015. Ovinocultura en el litoral sur de Perú. *Actas Iberoamericanas de conservación animal* 6:33-41.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Sistema Información Agroalimentaria y Pesca. http://www.siap.gob.mx/opt/po_lagand/Ovinos.pdf. [consultado el 22 de marzo de 2015].
- Perezgrovas, G. y C. Castro G. 2000. El borrego Chiapas y el sistema tradicional de manejo de ovinos entre los pastores tzotziles. *Archivos de Zootecnia* 49(187):391-403.
- Morales, M. M., J. P. Martínez D., G. Torres H. y E. P. Velasco J. 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. *Técnica Pecuaria en México* 42(3):347-359.
- Riaño, M. R. E. y C. Okali. 2008. Empoderamiento de las mujeres a través de su participación en proyectos productivos: experiencias no exitosas. *Convergencia* 15(46):119-141.

LA RELACIÓN ENTRE COMERCIO JUSTO Y EMPODERAMIENTO COLECTIVO EN DOS ORGANIZACIONES VERACRUZANAS DE PEQUEÑOS CAFETICULTORES

Sandra Ramírez-García^{368*} y Martha Elena Nava-Tablada³⁶⁸

Resumen

Ante las crisis del precio internacional del café, algunos grupos de pequeños cafeticultores han adoptado diferentes estrategias, una de ellas es la comercialización del aromático bajo la certificación de Comercio Justo, la cual garantiza un precio estable y reduce el número de intermediarios, además de que repercute favorablemente en otros aspectos de la vida de los campesinos. El objetivo de investigación fue identificar y examinar los efectos del Comercio Justo en el empoderamiento colectivo de dos organizaciones cafetaleras del centro de Veracruz: Catuai Amarillo y Cafetos de Neria. Los instrumentos de investigación se basaron en los indicadores de empoderamiento para las estrategias de Comercio Justo propuesto por Phillips. Se aplicaron entrevistas a los dos dirigentes y 14 cuestionarios a los miembros de ambas organizaciones. Los aspectos analizados fueron la toma de decisiones al interior de los grupos, el uso de la prima social que otorga la certificación, las alianzas con otros actores y la influencia en la comunidad. Los resultados muestran que el Comercio Justo promueve las estructuras democráticas para la toma de decisiones; sin embargo, la intención de las certificadoras sobre el uso de la prima social en el desarrollo de las comunidades de los afiliados no concuerda con los intereses de las organizaciones. En cuanto al establecimiento de alianzas, ambos grupos se unieron a una organización de segundo nivel para vender su café en el mercado, lo que ha mejorado ciertas condiciones de comercialización, pero no ha derivado en un mayor poder económico, político o social, en el contexto más amplio. Además, la mayoría de los contactos que ambas cooperativas han tenido con otros actores han sido para implementar acciones que no siempre están relacionadas con el Comercio Justo. Finalmente, se concluye que la certificación es un recurso que contribuye al empoderamiento colectivo pero no es su principal detonante.

Palabras clave: certificación, mercado alternativo, Coffea arabica L., poder

³⁶⁸ El Colegio de Veracruz, ramirez.garcia.sandra@gmail.com

Introducción

El café es un bien agrícola tradicional conocido en todo el mundo. Europa es el continente que demanda el café de más alta calidad, mientras Latinoamérica es la región con mayor producción, que generalmente exporta en grano despergaminado porque los productores sólo aplican los procesos de beneficiado húmedo y seco (Pérez y González, 2013). Otra característica de la comercialización del café es que su precio en las transacciones internacionales se establece conforme al mercado de futuros de Londres o Nueva York (ITC, 2015), esto genera que su valor fluctúe constantemente. El precio internacional del café tiende a bajar principalmente debido a la sobreoferta, siendo los cafeticultores los más afectados debido al gran número de intermediarios que intervienen en la comercialización (Alvarado et al., 2006). Además, los productores y exportadores con capital nacional son desplazados por grandes empresas trasnacionales que concentran y exportan la mayor parte del café oro (Díaz y Escamilla, 2013). El dominio de las empresas trasnacionales y las condiciones de pobreza de los pequeños cafeticultores los obligan a vender su café a precios inferiores a su valor real. Esto explica por qué en lugares como la región montañosa del sureste mexicano donde se obtiene café de excelente calidad persisten altos niveles de pobreza (AMECAFE, 2012).

Ante este panorama, los pequeños y medianos cafeticultores han adoptado estrategias para sobreponerse a la crisis: diversificación del cultivo, manejo especializado de cafetales y comercialización en mercados alternativos como el Comercio Justo (Escamilla et al., 2013). La certificación de Comercio Justo pretende que los pequeños cafeticultores superen la crisis a través de un precio estable y justo, mayor acceso a los mercados y asistencia técnica, así como reducción de los intermediarios (Méndez et al., 2010); en contraparte, los productores deben cumplir requisitos ambientales y sociales que son monitoreados por una certificadora externa (ETICAGRO, 2007).

Investigaciones previas sobre Comercio Justo se han enfocado en estudiar la certificación y el sobrepeso que reciben los productos de Comercio Justo (Fairtrade Foundation, 2012; García et al., 2006). Otras abordan cuestiones etnográficas sobre cómo el modelo ha sido adoptado en la vida de agricultores y consumidores (Marcos, 2013; Concha y Figueira, 2011). Moore (2004) considera que para medir el impacto del Comercio Justo es necesario monitorear el grado de empoderamiento de las organizaciones. Lyall (2014) agrega que son pocos los estudios que han analizado el empoderamiento en relación con dicho mercado alternativo.

En este contexto, el objetivo de investigación fue analizar los efectos que el Comercio Justo ha tenido en el empoderamiento colectivo de dos organizaciones cafetaleras del centro de Veracruz. Dado que no existe una definición universal de empoderamiento, para efectos del

presente trabajo se concibe como el proceso en el que las personas o grupos que no tenían poder se vuelven conscientes de las dinámicas de poder presentes en su contexto diario, y desarrollan habilidades y capacidades para obtener un control razonable sobre sus vidas y apoyar el empoderamiento de otros (McWhirter, 1991).

Materiales y métodos

Debido a que los estudios previos que abordan el empoderamiento en el Comercio Justo sólo hacen referencia a una posible relación entre estos aspectos (Raynolds et al., 2004; Renard, 2003; Tallontire, 2000), los instrumentos de investigación no se diseñaron con el fin de medir, sino de analizar los procesos. Para ello, se retomaron los indicadores de empoderamiento para las estrategias de Comercio Justo propuestos por Phillips (2010), específicamente los que exploran la dimensión grupal, según la clasificación de Rowlands (1997): Proceso de toma de decisiones y representación de intereses; conocimiento y uso de la Prima social; alianzas con otras organizaciones e influencia en la comunidad. La investigación se realizó en el año 2016 en dos cooperativas cafetaleras del municipio de Chocamán que se ubica en el centro del estado de Veracruz: Catuai Amarillo y Cafetos de Neria. Chocamán es un municipio ubicado en la zona montañosa del estado de Veracruz, pertenece a la región cafetalera de Córdoba, una de las más importantes en términos de cantidad y calidad de café producido (Mestries, 2006). La mayor parte del suelo está dedicado a la agricultura (71.4% del territorio) y los principales cultivos son caña de azúcar, café cereza y maíz en grano. Para 2010, el 34.1% de la población vivía en pobreza moderada y 35.9% en pobreza extrema; siendo alto el grado de rezago social del municipio (SEDESOL y CONEVAL, 2010).

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los presidentes de ambas organizaciones y 14 cuestionarios a los socios nueve en Catuai Amarillo y cinco en Cafetos de Neria (más del 50% de los socios de cada organización).

Resultados y discusión

Catuai Amarillo y Cafetos de Neria pertenecen a la asociación de segundo nivel denominada Integradora de Cafés Especiales de las Altas Montañas (INCAFESAM), la cual surgió en 2013 al unirse nueve organizaciones cafetaleras de Veracruz y Puebla, con el objetivo de mejorar la producción y comercialización del café. Actualmente, INCAFESAM se conforma por cinco cooperativas, representadas por un delegado, además cuenta con un Comité

Directivo y uno de Vigilancia. Los socios han logrado las certificaciones de café orgánico y de Comercio Justo.

Catuai Amarillo se constituyó en 1990 como Sociedad de Solidaridad Social, ha participado en Comercio Justo desde 2005 y está integrada por 16 productores que se reúnen mensualmente. La organización posee un beneficio húmedo, oficinas y bodegas. Actualmente produce café tostado y molido que comercializa regionalmente con la marca "Catuai Azteca" y café oro que oferta con los sellos de orgánico y Comercio Justo en el mercado internacional. Además, ha desarrollado proyectos productivos complementarios como: un trapiche para la producción de panela; un módulo de lombricomposta; viveros de plantas frutales, forestales y de café; la implementación de un curso anual sobre café destinado a niños de la región, cuyo objetivo es promover su interés por la producción cafetalera; y la consolidación de relaciones con instituciones académicas como el Centro Regional Universitario de Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-Chapingo). Cafetos de Neria es una Sociedad Civil de Responsabilidad Limitada que nace en 2007 y agrupa a diez socios que celebran cuatro o cinco reuniones al año. El grupo no posee ningún patrimonio colectivo y participa desde 2009 en Comercio Justo. Exporta café oro orgánico y de Comercio Justo, pero también vende café tostado y molido (sin marca) en el mercado convencional. Como parte de INCAFESAM el café de sus socios es procesado en el beneficio de Catuai Amarillo a una tarifa preferencial.

A continuación, se exponen los resultados de cada indicador que se retomó para el análisis del empoderamiento colectivo.

Proceso de toma de decisiones y representación de intereses

Todos los miembros de ambas organizaciones afirmaron que las decisiones se toman por mayoría en votaciones. En Catuai Amarillo, 88.89% de los encuestados consideran que los directivos representan completamente sus intereses, mientras en Cafetos de Neria 60% expresaron esta opinión y 40% mencionan que sus líderes representan parcialmente los intereses de los socios. Al respecto, la certificadora de Comercio Justo (Fairtrade International) indica como requisito que las organizaciones tengan estructuras democráticas que permitan a los productores tener control sobre el manejo de la organización por medio de la votación (FLO, 2011). Por otro lado, la pluralidad de intereses de los socios dificulta la toma de decisiones satisfactorias para todos, por lo que una minoría en las dos organizaciones expresó que sus intereses no se encuentran representados completamente en el grupo.

Conocimiento y uso de la Prima Social

Fairtrade International (FLO, 2011) define a la prima social como una suma de dinero extra que se paga a la organización de productores y sirve para el empoderamiento y el desarrollo socioeconómico sustentable. Sin embargo, no establece cómo debe usarse, pero exige que la selección del proyecto se realice a través de un proceso democrático. Todos los encuestados de Catuai Amarillo reconocieron el aspecto económico de la prima social, pero ninguno sugirió una relación entre ésta y el desarrollo o el empoderamiento. Mencionaron que la prima social se ha utilizado para mejorar el proceso de producción del café y comprar material o equipo para la organización; esto se decide por votación en las reuniones de los socios, por ello la mayoría están de acuerdo con el uso que se ha dado al dinero, solamente un miembro consideró que la prima debería emplearse para el desarrollo de la comunidad.

En Cafetos de Neria sólo dos productores (40%) declararon tener conocimiento de lo que es la prima social; uno incluyó en su definición el apoyo a la comunidad. Después de explicar a los encuestados la definición de prima social, se les preguntó para qué fines ha sido utilizada, 60% afirmaron que se ha invertido en mejorar el proceso de producción del café, mientras el resto mencionó que no ha sido recibida o que se ha repartido entre los socios. Es decir, no todos los miembros conocen el destino de la prima social. El 80% de los encuestados indicó que se decide de forma grupal en qué utilizar el dinero de la prima, sólo un productor considera que los dirigentes son quienes determinan en qué se usará esta prima. La mayoría de los socios (80%) consideran que la prima social debe emplearse para cubrir las necesidades del grupo; sólo un productor opinó que el dinero debe repartirse entre todos los miembros pues ellos han ganado la prima a partir de su trabajo.

En general, es difícil para los socios de ambas organizaciones identificar una relación entre la prima social y el empoderamiento o el desarrollo, además este dinero se ha utilizado para cubrir necesidades grupales, lo que dista de los objetivos de la certificación. Barrick (2013) al analizar el caso de la cooperativa cafetalera Comunidades Indígenas de la Región de Simojovel de Allende (CIRSA), también encontró que es complicado para los miembros del grupo contribuir a programas sociales debido a sus bajos ingresos, por lo que prefieren usar la prima social para satisfacer sus necesidades.

Alianzas con otras organizaciones

Ambos grupos tienen alianza con INCAFESAM. Catuai Amarillo además mantiene relación con instituciones académicas de la región y ha tratado de establecer lazos con los gobiernos municipales, aunque no han mostrado disposición para colaborar. También ha tenido alianzas temporales con cooperativas como la Unión de Comunidades de la Región del Istmo (UCIRI) para intercambiar experiencias de aprendizaje. La mayoría de los socios de Catuai Amarillo (88.89%) identifican las actividades de vinculación mencionadas. Además, 55.56%

consideran que existe una relación entre Comercio Justo y las alianzas, dado que su participación en este esquema es la razón por la que se unieron a INCAFESAM y colaboran con otros grupos afiliados a través de inspecciones cruzadas de parcelas para cumplir las auditorias de la certificación.

Cafetos de Neria mantiene vínculos con otros grupos de productores de la región, con el objetivo de intercambiar ideas que les permitan mejorar la producción y la calidad del café; también ha establecido relaciones con dependencias de gobierno para obtener apoyos en especie o económicos. Todos los cafeticultores encuestados estaban al tanto de estas colaboraciones. El 80% de los miembros opinó que el Comercio Justo motiva al grupo a aliarse con otras organizaciones, pues en conjunto pueden incrementar las ventas y reducir los costos de la certificación. Estos resultados coinciden con lo reportado por Lyall (2014), quien identifica la influencia del Comercio Justo en la formación de alianzas para fortalecer las organizaciones y apoyar los intereses de los productores.

Tanto en Catuai Amarillo como en Cafetos de Neria, la afiliación de Comercio Justo y a INCAFESAM aumentó su poder al comercializar, pues les permite asegurar una cantidad de venta y disminuir los costos de la comercialización; sin embargo, esto no ha conllevado un mayor poder económico, político o social en un contexto más amplio. Asimismo, se aprecia que la mayoría de los contactos que ambas cooperativas han tenido con otros actores son para implementar acciones concretas y temporales, más que alianzas de larga duración, por lo que no se puede hablar de una red de cooperación consolidada.

Influencia en la comunidad

El presidente de Catuai Amarillo mencionó que la organización participa en acciones de apoyo a la comunidad, tales como: préstamo de las instalaciones de la cooperativa para realizar eventos sociales; donación de café a la parroquia de la cabecera municipal; apoyo económico al equipo de fútbol local; e implementación anual de un curso gratuito sobre cafecultura para niños de la región. Sin embargo, cuando se preguntó a los socios las acciones que realiza la organización para mejorar su comunidad, sólo 44.44% mencionaron alguno de los proyectos que enumeró el dirigente. Respecto a si el Comercio Justo los motiva a influir como grupo en su comunidad, sólo tres socios (33.33%) respondieron afirmativamente, argumentando que la certificadora pone como requisito que participen en acciones de mejora para su localidad. En contraste, tanto el presidente de Cafetos de Neria como los integrantes indicaron que no contribuyen de forma grupal al desarrollo de la comunidad y tampoco consideran que el Comercio Justo los motive a participar en dichas acciones.

Estos resultados difieren de lo encontrado por Lyall (2014), quien identificó que algunos grupos afiliados al Comercio Justo intervinieron incluso en el contenido de la Constitución de

2008 en Ecuador, donde se establece la responsabilidad del Estado para promover el Comercio Justo. Por tanto, la medida en la que influyen los grupos en su entorno social, probablemente se relaciona con los objetivos bajo los cuales surge la organización y el contexto en que se desenvuelve. En las organizaciones veracruzanas estudiadas, el objetivo de los socios al incorporarse al Comercio Justo era económico, no de desarrollo social. A pesar de ello, Catuai Amarillo ha implementado acciones de apoyo a su comunidad, pero el Comercio Justo no ha sido la causa principal, dado que la cooperativa no utiliza la prima social de forma directa para promover el desarrollo local.

Conclusiones

El empoderamiento colectivo alcanzado en ambas organizaciones se sustenta sobre todo en la confianza que tienen los socios en sus representantes y en la identidad colectiva; ésta última se refleja en el hecho de que la mayoría de los socios prefiere utilizar la prima social para beneficio grupal en lugar de repartirla individualmente. El Comercio Justo es un factor que ha reforzado el empoderamiento colectivo porque promueve los procesos democráticos, la rendición de cuentas, la búsqueda de alianzas y la creación de estructuras de cooperación para aumentar el poder de las organizaciones en el mercado. Además, la incorporación a una estructura de segundo nivel incrementa la cooperación entre las asociaciones de primer nivel, porque realizan intercambio de experiencias y auditorías cruzadas. Sin embargo, las alianzas con instancias externas, generalmente se han construido para objetivos puntuales, pero los lazos no son a largo plazo.

Dado que otra característica de un grupo empoderado es que apoye el empoderamiento de otros colectivos o personas, se considera que a pesar de las buenas intenciones de las certificadoras de Comercio Justo, resulta muy difícil para las cooperativas la prima social como herramienta de desarrollo local, pues la mayor parte de los miembros la perciben como un premio económico desligado de aspectos de desarrollo o empoderamiento. Por ello, normalmente la utilizan para mejorar los procesos productivos del café o cubrir necesidades de la organización; lo cual puede relacionarse con los bajos ingresos de los socios. No obstante, una de las organizaciones estudiadas ha tratado de influir positivamente en su comunidad implementando algunas acciones, pero la participación en el Comercio Justo no es el único motivo de estas iniciativas, sino que influyen en gran medida los objetivos sociales construidos por los miembros a través de su experiencia colectiva. Por ello, puede concluirse que el Comercio Justo es un recurso que contribuye al empoderamiento colectivo pero no es su principal detonante.

Literatura citada

Alvarado M., C., H. Juárez T., y B. Ramírez V. 2006. La comercialización de café en una comunidad indígena: estudio en Huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai* 2(2): 293-318.

AMECAFE (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva de Café). 2012. Plan integral de promoción del café. AMECAFE. México. 63 p.

Barrick, L. 2013. La pobreza en Chiapas y las limitaciones del Comercio Justo. p. 569-586. In: Pérez A., P. y A. A. González C. (coords.). *Del sabor a café y sus nuevas invenciones. Escenarios cafetaleros de México y América Latina*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, México.

Concha, P. y P. Figueira. 2011. Comercio Justo, otra cara del desarrollo. *Gaceta de Antropología*. <http://hdl.handle.net/10481/17490> [consultado el 02 de enero de 2016].

Díaz C., S. y E. Escamilla P. 2013. Cafecultura mexicana: crisis recientes y tendencias actuales. p. 187-218. In: Pérez A., P. y A. A. González C. (coords.). *Del sabor a café y sus nuevas invenciones. Escenarios cafetaleros de México y América Latina*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México.

Escamilla P., E., G. Castillo P. y S. Díaz C. 2013. Situación actual y potencialidades del café en Veracruz. p. 153-186. In: Pérez A., P. y A. A. González C. (coords.). *Del sabor a café y sus nuevas invenciones. Escenarios cafetaleros de México y América Latina*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México.

ETICAGRO (Instituto de Ética y Calidad en el Agro). 2007. Comercio Justo. <http://www.eticagro.com.ar/userinfo.php?uid=1> [consultado el 31 de agosto de 2015].

Fairtrade Foundation. 2012. Fairtrade and coffee. Fairtrade Foundation, Inglaterra. 25 p.

FLO (Fairtrade International). 2011. Criterio de Comercio Justo Fairtrade para Organizaciones de Pequeños Productores. FLO. Alemania. 57 p.

García S., B., F. Gallardo L., M. E. Nava T., O. Ruíz R. y E. Escamilla P. 2006. Factores que limitan la certificación de café orgánico en el esquema de comercio justo en cinco organizaciones de México. *Revista Mexicana del Caribe* (19):205-226.

ITC (International Trade Center). 2015. La guía del café. ITC. <http://www.laguiaadelcafe.org/> [consultado el 02 de abril de 2015].

Lyall, A. 2014. *Assessing the Impacts of Fairtrade on Worker-Defined Forms of Empowerment on Ecuadorian Flower Plantations*. Fairtrade International, Max Havelaar-Foundation. Suiza. 83 p.

- Marcos, M. F. 2013. El consumo de alimentos orgánicos en redes de comercio justo, el caso del galpón de chacharita. In: Memoria de la VII Jornadas Santiago Wallace de Investigación en Antropología Social, Sección de Antropología Social. Instituto de Ciencias Antropológicas. Facultad de Filosofía y Letras. Buenos Aires, Argentina.
- McWhirter, E. H. 1991. Empowerment in Counselling. *J Couns Dev* (69):222-227.
- Méndez V., E, C. Bacon, M. Olson, P. Seth, D. Herrador, C. Carranza, et al., 2010. Effects of Fair Trade and organic certifications on small-scale coffee farmer households in Central America and Mexico. *Renew Agr Food Systems* 25(03):236-251.
- Mestries B., F. 2006. Migración internacional y campesinado cafetalero en México. Fases circuitos y trayectorias migratorias. *Análisis Económico* 21(46):263-289.
- Moore, G. 2004. The Fair Trade movement: parameters, issues and future research. *J Bus Ethics* 53(1-2):73-86.
- Pérez A., P. y A. A. González C. (coords.). 2013. Del sabor a café y sus nuevas invenciones. Escenarios cafetaleros de México y América Latina. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. México. 690 p.
- Phillips, D. 2010. Fair trade and community empowerment: the case of sugar producers in Malawi. Tesis de doctorado. Universidad de Newcastle, Escuela de Geografía, Política y Sociología. Inglaterra. 351 p.
- Raynolds, L. T., D. Murray y P. Leigh T. 2004. Fair trade coffee: Building producer capacity via global networks. *J Int Dev* 16(8): 1109-1121.
- Renard, M. 2003. Fair trade: quality, market and conventions. *J Rural Stud* 19(1): 87-96.
- Rowlands, J. 1997. Questioning empowerment: working with women in Honduras. Atlantic Highlands, Oxfam, Humanities Press International. Inglaterra. 192 p.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) y CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2010. Informe anual sobre la pobreza y rezago social. Chocamán, Veracruz Ignacio de la Llave. SEDESOL y CONEVAL. México. 2 p.
- Tallontire, A. 2000. Partnerships in Fair Trade: Reflections from a Case Study of Cafedirect. *Development in Practice* 10(2):166-177.

ORGANIZACIÓN FAMILIAR Y MIGRACIÓN EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR EN DOS COMUNIDADES DE TARÍMBARO, MICHOACÁN

Lizeth Guadalupe Martínez Servín³⁶⁹, María Elena Rivera Heredia³⁷⁰, Isidoro Martínez Beiza³⁶⁹, Daniel Val Arreola³⁷¹ y Melba González Rodríguez³⁷¹

Resumen

La presente investigación analiza la integración de las unidades de producción familiar de las comunidades rurales de Téjaro y Los Sauces pertenecientes al Municipio de Tarímbaro, Michoacán, México. Para su realización se utilizó un diseño de investigación de corte mixto de tipo anidado, con predominancia cualitativa. La recolección de la información se llevó a cabo por medio de entrevistas a profundidad y la aplicación de una encuesta socioeconómica. Se contó con la colaboración de 29 habitantes de dos localidades del municipio de Tarímbaro, Michoacán. Dentro de la dinámica familiar se encontró que existe una división por género de los animales, mientras las mujeres se encargan de la elaboración de los derivados lácteos y su comercialización. También se identifica la presencia del fenómeno migratoria y él envió de remesas, las cuales en la mayoría de los casos se utiliza para satisfacer necesidades primarias como la alimentación, pago de servicios y salud; en algunas ocasiones se emplean para cubrir los gastos derivados de la actividad agrícola o ganadera.

Palabras clave: sistemas de producción familiar, migración, remesas

Materiales y métodos

La investigación tiene un corte mixto de tipo anidado, con predominancia cualitativa. Este tipo de método combina datos cuantitativos y cualitativos para la recolección y análisis de los resultados. El propósito del método es ofrecer una respuesta al objetivo de investigación desde diferentes perspectivas. Durante la investigación se recurrió a la observación participante y la elaboración de diarios de campo. La recolección de la información se llevó a

³⁶⁹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán México.

³⁷⁰ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Centro Nicolaita de Estudios Migratorios. Morelia, Michoacán México.

³⁷¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agroforestales. Morelia, Michoacán México.

cabo en dos fases: la fase inicial, que se realizó mediante entrevistas a profundidad y observación participantes, y la segunda fase, que se realizó con la aplicación de una encuesta sociodemográfica. Se contó con la colaboración de 29 habitantes de dos localidades del municipio de Tarímbaro, Michoacán: 18 residentes de la localidad Los Sauces y 11 de Tétraro. El 76% (22) fueron varones y el 24% (7) mujeres, con un intervalo de edad de 13 a 74 años. Los participantes pertenecen a sistemas familiares de producci3n lechera y su actividad econ3mica principal es la ganadería o agricultura. Cabe agregar que anteriormente han sido colaboradores en diversos proyectos productivos y actualmente cuentan con el beneficio de algùn apoyo gubernamental. Las características sociodemográficas de los participantes se describen en el Cuadro 1.

Cuadro1. Características Sociodemográficas de los participantes.

Rangos	Descripción por localidad	
	Los Sauces	Tétraro
Sexo	78% Hombres (14) 22% Mujeres (4)	75% Hombres (9) 25% Mujeres (3)
Estado Civil	78% Casado (14) 17% Soltero (3) 5% Unión libre (1)	66% Casado (8) 25% Soltero (3) 9% Viudo (1)
Ocupación	78% Campesinos (14) 17% Hogar (3) 5% Comerciantes (1)	42% Campesino (5) 17% Ganadero (2) 8% Estudiante (1) 25% Hogar (3) 8% Servidor Público (1)
Escolaridad	61% Primaria Trunca (11) 28% Primaria Concluida (5) 11% Secundaria terminada (2)	10% No sabe leer o escribir (1) 10% Primaria trunca (1) 20% Primaria concluida (2) 30% Secundaria trunca (3) 20% Preparatoria concluida (2) 10% Licenciatura terminada (1)
Apoyos Gubernamentales	83% Cuenta con ellos (15) Beneficiarios de programas dependientes de la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) (4) Miembros del programa de Estímulo a la Productividad Ganadera (PROGAN) (9) Beneficiarios en programas o proyectos productivos financiados por la Secretaria de Desarrollo Rural (SEDRU) (2) Participantes en los programas de Grupos de Ganaderos para la validación y transferencia de Tecnología (GGAVATT), este programa actualmente se conoce como Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) (11)	67% cuenta con ellos (8) Miembros del programa de Estímulo a la Productividad Ganadera PROGAN (4) Beneficiarios en programas o proyectos productivos financiados por la Secretaria de Desarrollo Rural SEDRU (3) Afiliados al sistema de Pensión para Adultos Mayores (70 Y MÁS) (1)

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo.

Resultados y discusión

Rol familiar dentro del sistema de producción lechera

Por medio de la asistencia a las reuniones de la asociación ganadera y la visita a las diferentes unidades de producción, se pudo observar la importancia que juegan los miembros de la familia en las actividades productivas de los establos, y se distinguen tres: 1) manejo de la tierra (siembra y cultivo), 2) cuidado y alimentación de los animales y 3) elaboración y venta de los productos lácteos. Estas actividades suelen ser divididas por género, donde los hombres se encargan del cultivo y alimentar a los animales, mientras que las mujeres de la elaboración de los derivados lácteos y su comercialización. Esta dinámica se ve modificada en los casos donde los hijos se han casado y no participan de los esquemas productivos de la empresa familiar. Por otra parte, en los casos donde la estructura familiar es extensa, las actividades del manejo de cultivos y animales corresponden a los hombres, mientras que la transformación de los productos primarios para darle un valor agregado, su distribución y venta compete a las mujeres. El Cuadro 2 detalla las actividades realizadas por los diferentes miembros de la familia en las comunidades rurales de Téjaro y Los Sauces, Michoacán.

Cuadro 2. actividades realizadas por los productores y sus familiares para el funcionamiento de las unidades de producción.

Rubro	Actividades	Miembros de la Familia
Actividades agrícolas	Compra o gestión de semilla	Jefe de familia
	Siembra	Jefe de familia / encargado de la contratación de peones
	Cosecha	Jefe de Familia / encargado de la contratación de peones
	Venta o almacenamiento de la producción agrícola	Jefe de familia
Cuidado y mantenimiento del establo y los animales	Compra de alimento para animales	Jefe de familia/ Remesas de familiares en el extranjero
	Limpieza del establo/pastoreo de los animales	Hijos en edad escolar / hijos que permanecen en el hogar
	Ordeña	Hijos en edad escolar/ hijos(as) que permanecen en el hogar
Elaboración y distribución de productos lácteos	Elaboración de derivados lácteos (queso fresco, crema y requesón)	Esposa/ hijas
	Venta de leche en casa	Esposa
	Venta de leche al botero	Jefe de familia
	Venta de derivados lácteos en mercados	Esposa o hijas mayores que permanecen en el hogar
	Entrega de pedidos	Jefe de familia/ hijos mayores que permanecen en el hogar

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo.

Los resultados de la dinámica familiar coinciden con Thorner (1963) y Shanin (1979) quienes mencionaron que las familias rurales hacen poco o nulo uso de asalariados, por lo que las actividades productivas las realizan los miembros de la familia.

Por su parte Ramírez-Juárez (2013) señala que los hogares campesinos, a partir de sus miembros, articulan acciones y estrategias de reproducción social, utilizando los bienes y activos de los que disponen para la obtención de ingresos económicos para su reproducción socioeconómica, en una tensión entre las posibilidades y limitantes ambientales, las dinámicas locales vinculadas a la agricultura, y la inserción en mercados laborales.

La condición de género en las familias campesinas se hace presente en la repartición de las tareas del hogar, las cuales competen solo a la mujer, provocando que las mujeres obtengan una doble jornada laboral (casa/campo). También se observó que la toma de decisiones y el manejo del dinero recae en el jefe de familia.

A pesar de la pesada carga de trabajo (casa/campo) y de su importancia funcional en la familia, las mujeres no son tratadas justamente y casi siempre son colocadas bajo la autoridad de un hombre (Shanin, 1979). Se ha encontrado que en la cultura mexicana la visión del hombre está ligada al prototipo del rol instrumental, que se traduce en las actividades productivas, encaminadas a la manutención y provisión de la familia y la visión de la mujer se vincula a las actividades afectivas encaminadas al cuidado de los hijos, del hogar y de la pareja. Es muy común encontrar mujeres en subordinación respecto de la toma de decisiones, los liderazgos, acceso y disfrute del trabajo remunerado; sin embargo, juegan un importante en la toma de decisiones en torno al ámbito privado, doméstico y familiar (Kabeer, 2006).

En los casos en que dentro de la familia existe una empresa, a la mujer no recibe remuneración económica, ya que el trabajar dentro de la empresa se convierte en parte de sus responsabilidades de esposa (Pasallo-Zepeda et al., 2014).

Migración

El fenómeno migratorio se hizo presente en los participantes de ambas regiones, al indagar sobre este tema encontramos que la incidencia de familiares residiendo en el extranjero (Estados Unidos) es una situación cotidiana dentro de estas comunidades. De la muestra total se reporta un 94% de índice migratorio; en la comunidad de Los Sauces 100% de los participantes reportan tener al menos un familiar en Estados Unidos, mientras que en la de Téjaro solo el 82% de los participantes tiene familiares migrantes (Figura 1).

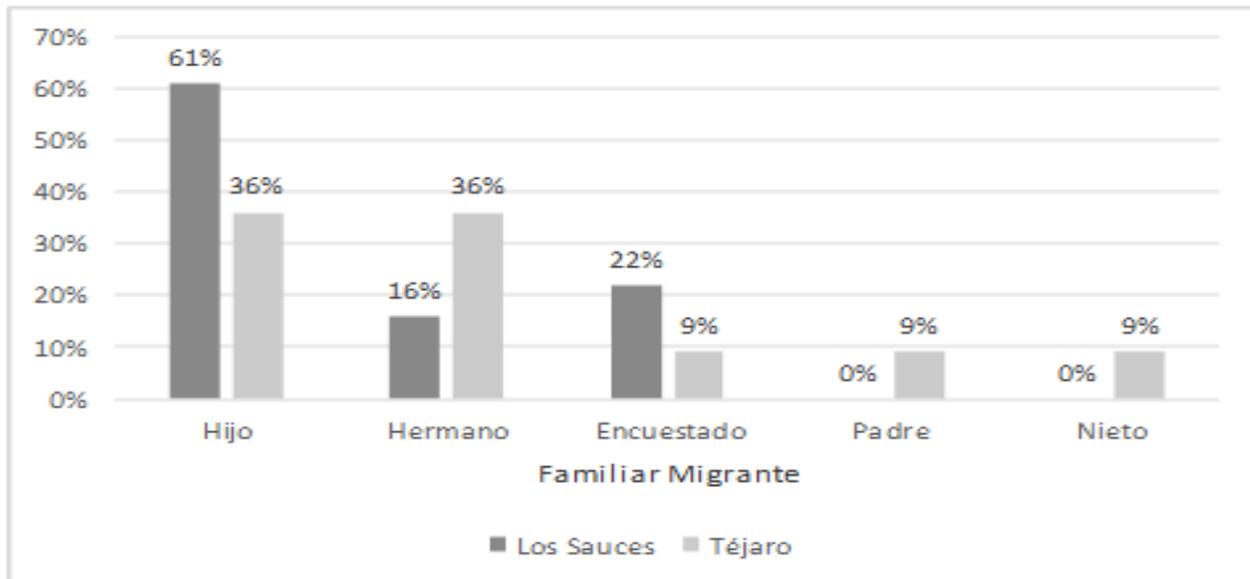


Figura 1: Incidencia Migratoria de Participantes. Fuente: elaboración propia con datos de campo.

En la comunidad de Téjaro el 100% de los migrantes se encuentran sin documentos legales que avalen su estadía en Estados Unidos, en la localidad de Los Sauces solo el 83% de los migrantes presentan esta situación. Los destinos de migración para estas dos localidades son los estados de California, Utah y Arizona o la ciudad de Chicago. Las actividades económicas a las que se incorporan los migrantes de esta zona son la construcción, jardinería, trabajo agrícola, viveros o fábricas.

Otro aspecto sobresaliente al que recurren las unidades de producción en las comunidades rurales de Los Sauces y Téjaro en el Estado de Michoacán, es al uso de las remesas enviadas por familiares que se encuentran en el extranjero. Este capital es destinado al pago de servicios, compra de animales o para complementar los costos de alimentación de los animales como resultado de la poca o nula rentabilidad que presentan los sistemas productivos. En algunos casos este dinero se emplea para la manutención de la familia misma o se considera un ahorro del migrante, por lo cual no se hace uso de éste en los gastos familiares o de la unidad de producción (Figura 2).

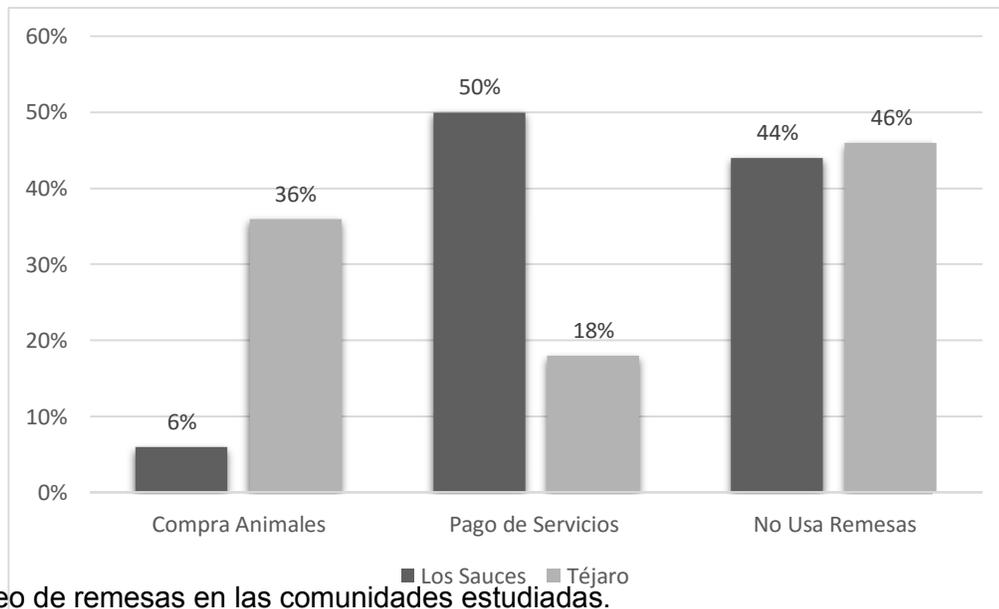


Figura 2. Empleo de remesas en las comunidades estudiadas.

La incidencia migratoria y el uso de remesas en comunidades rurales han sido reportadas por Pérez-Padilla y Rivera-Heredia (2012) como una práctica cotidiana dentro las comunidades rurales que propicia las relaciones transnacionales y genera beneficios económicos a los familiares que se quedan residiendo en México. Por su parte Reyes-Morales y Gijón-Cruz (2007) encontraron que la liquidez de los hogares rurales se encuentra asociada a las remesas que envían los miembros migrantes del hogar que se encuentran trabajando en otras partes de México y en los Estados Unidos. Es así que este dato confirma el tan mencionado argumento de que quienes migran lo hacen por buscar mejorar su ingreso y su calidad de vida (García-Zamora, et al., 2007; Villar-Peyrí y Eibenschutz, 2007).

Conclusiones

1. Dentro del trabajo en comunidades rurales, la importancia de la familia para el desarrollo de las actividades productivas es fundamental, y presenta peculiaridades, como la distribución del trabajo, la remuneración económica y la distribución de las ganancias. Las situaciones familiares que pueden alterar esta dinámica, son el matrimonio de los hijos o hijas, la partida del hogar paterno o la migración. Un punto de interés ante estas situaciones es detectar como se reconfigura la familia para sobrellevar los cambios y solventar las responsabilidades de los miembros que permanecen en el hogar o de las redes sociales (amigos y comunidad).

2. El fenómeno migratorio es común, y las razones para migrar son diversas, actualmente el patrón migratorio está sufriendo cambios, se observa el incremento de migrantes que no regresan o lo hacen hasta el final de su vida productiva, ya sea por accidentes, edad o problemas de salud, esta situación pone en desventaja la productividad del retornado, puesto que su vida en México está destinada al retiro. Otra peculiaridad de este fenómeno es la creciente migración de jóvenes mexicanos nacidos en Estados Unidos que al concluir sus estudios básicos viajan a Estados Unidos a incorporarse al mundo laboral de dicho país. Es así como este fenómeno puede ser abordado desde diferentes perspectivas para poder entender la complejidad de dicho fenómeno.

Literatura citada

García-Zamora, R., O. Pérez-Veyna, G. Foladori, R. Delgado-Wais, M. Moctezuma-Longoria, E. Reyes-Rivas et al. 2007. Paradojas de la migración internacional y el medio ambiente. *Economía, Sociedad y Territorio* 6(24):975-994.

Kabeer, N. 2006. Lugar preponderante del género en la erradicación de la pobreza y las metas de desarrollo del milenio. México: Plaza y Valdés eds. 1a ed. México, D. F. 264 p.

Pasallo-Zepeda, M. J., L. G. Servín-Martínez y M. E. Rivera-Heredia. 2014. Experiencias en torno a la condición y posición de género a nivel familiar y social en el municipio de Marcos Castellanos, Michoacán, México. *Revista Psicoterapia y Familia* 27(1):56-68.

Pérez-Padilla, M.L. y M. E. Rivera-Heredia. 2012. Recursos psicológicos y experiencias migratorias en comunidades rurales con actividades agropecuarias en la región de los Altos de Jalisco: un estudio comparativo. p. 73-83. In: López-Barbosa, L.A., G. Aboites, y F. Martínez-Gómez, (comp.). *Globalización y agricultura. Nuevas perspectivas en la sociología rural*. UAAAN-UA de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México.

Ramírez-Juárez, J. (2013). El papel de la agricultura familiar en regiones agrarias frágiles y en el desarrollo rural: La cordillera del Tentzo, Puebla, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 10(4):459-477.

Reyes-Morales R.G. y A. S. Gijón-Cruz. 2007. Desarrollo rural, migración internacional y escasez de mercados financieros en México. *Trace. Travaux et recherches dans les Amériques du Centre* 52:45-62 <http://trace.revues.org/581> [consultado el 12 de octubre de 2017].

Shanin, T. 1979. *Campesinos y Sociedades Campesinas*. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 404 p.

Thorner, D. 1963. Peasant Economy as a Category in Economic History. Economic Weekly. Especial Number. Bombay, India. 202 p.

Villar-Peyrí, E., y C. Eibenschutz-Hartman. 2007. Migración y salud mental: un problema emergente de salud pública. Revista Gerencia y Políticas de Salud 6(13):11-32.

VALOR AGREGADO AL COCO (Cocos nucifera) COMO ALTERNATIVA DE INCLUSIÓN LABORAL DEL MUNICIPIO DE TEZONAPA, VERACRUZ

Susana Isabel Castillo Martínez^{372*}, Aristarco Aguas Atlahua³⁷², Rogelio Limón Rivera³⁷² y Nayeli Gabriel Ruiz³⁷³

Resumen

Se evaluó el Cocos nucifera en su proceso de transformación a dulce de coco, se estableció la oferta de la materia prima en el municipio de Tezonapa, y demanda potencial del producto con valor agregado en México. Para el proceso de otorgar valor agregado al producto se estableció una etiqueta de acuerdo a las normas oficiales mexicanas, así como el empaque ideal para su comercialización. Se realizó un análisis de costos y se determinó que el productor incrementó su ingreso por ventas en \$488.90 al cambiar su proceso de comercialización, es decir, un aumento de 698% de su ingreso con respecto a la comercialización de producto en fresco. Esta alternativa de comercialización se propone como una forma de inclusión laboral, fomentando el autoempleo de los productores de dicha fruta del municipio de Tezonapa, Veracruz.

Palabras clave: proceso de transformación, demanda, empaque, comercialización

Introducción

Del vocablo náhuatl: Tezon-a-pan, que significa río de piedras ásperas, es un municipio ubicado en la zona centro del estado de Veracruz, en la región de las altas montañas, que por mucho tiempo se le llamó “tierra caliente”.

Conformada por un total de 139 localidades (dos urbanas y 137 rurales) entre las que se puede ubicar una población total de 56,956 habitantes según el último Censo y Conteo de Población y Vivienda. Se encuentra dentro de los 54 municipios del estado con grado de rezago social alto, y pobreza extrema.

Tezonapa es un municipio agrícola, la caña de azúcar y el café son los principales cultivos que se explotan, dejando de lado la riqueza de otros cultivos que no son comercializados de

³⁷² Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. sucaisama@hotmail.com

³⁷³ Estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

manera formal, y la gente los tiene sin saber el beneficio económico que estos les pudieran traer.

Con esta propuesta se pretende tener una economía fortalecida desde el interior, generando la innovación y emprendimiento de los habitantes en la lucha contra la pobreza.

Este proyecto fue diseñado con la finalidad de otorgar una opción para generar ingresos a los productores agrícolas en la región de Tezonapa, caso específico del coco (*Cocos nucifera*), ya que en la actualidad, parte de su producción obtenida es para consumo familiar diario, muy poco es lo que se comercializa, y cuando se hace es a muy bajo precio de venta. Teniendo como consecuencia que este tipo de cultivos sean abandonados por falta de recursos para su mantenimiento. Por lo tanto, se tiene como alternativa de negocio la generación de valor agregado. Así mismo, los productores podrán conocer los requerimientos legales y sanitarios que se apegan a las buenas prácticas agrícolas (BPA) y a las buenas prácticas de manufactura (BPM). Otro de sus propósitos es colaborar en el rescate y promoción de la gastronomía, fortaleciendo los vínculos de la población con los alimentos tradicionales.

Dentro de mercadotecnia, el valor agregado es la característica extra que un producto o servicio ofrece con el propósito de generar mayor valor dentro de la percepción del consumidor (Mesa editorial, 2015). Es decir, si el producto agrícola (coco) se interna en un proceso de transformación para elaborarse otro producto, llámese dulce, mermelada, licor, fermentado, etcétera, el pequeño productor lo puede observar como una alternativa de inclusión laboral. El término valor agregado, será un determinante entre el éxito o el fracaso que una empresa tenga, dado que se convierte en un factor de diferenciación.

Con este estudio se pretende generar valor a este cultivo no explotado en la región, que por las características climáticas y de suelo es fuente de alimentación de sus habitantes, elevando el nivel de autosustentabilidad en la misma, entendida como la habilidad que tiene el individuo para generar sus propios recursos, y a su vez, sostener actividades y darle continuidad al agroecosistema. Algunos autores, hacen una relación entre el concepto de autosustentabilidad y agricultura orgánica, ya que a través de esta última se pretende garantizar un esquema de producción de este tipo, buscando ayudar a la conservación de los ecosistemas y el medio ambiente (Torres, 1994). Con la generación de una región agroeconómica se busca fortalecer las raíces del pueblo y su gente.

El objetivo será generar valor agregado desde el ámbito empresarial para los sectores económicos en las áreas de influencia del campus Tezonapa perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

Materiales y métodos

Se emplearon el método inductivo y analítico como herramienta para obtener resultados en cuanto a la investigación propuesta.

Método Inductivo: Este método de investigación nos permitió evaluar que tan factible la comercialización del producto en el municipio de Tezonapa, para obtener resultados en cuanto a la oferta y la demanda del mismo.

Método Analítico: Este método se empleó para poder identificar los beneficios nutricionales que contiene el producto dulce coco.

Proceso de transformación de coco para otorgar valor agregado

Se transformó la fruta en dulces de coco, para lo cual, en este ejercicio se partió en primera instancia en la identificación necesaria de los ingredientes para llevar a cabo el proceso:

1 kg de coco en cuadritos pequeños.

1 kg de azúcar.

1 L de agua.

Con esto se fabrican 25 bolsas de 90 g de dulce de coco.

Proceso de elaboración

Paso 1: El coco es pelado y despulpado.

Paso 2: Se corta en pequeños cuadros de 1 a 2 cm.

Paso 3: Se hierva un litro de agua, con azúcar hasta que se derrite por completo ésta.

Paso 4: Posteriormente se le agrega el coco ya limpio y desinfectado.

Paso 5: Se mantiene moviendo en el fuego por 1 hora hasta que se seque por completo.

Paso 6: Cuando se observa el punto de coacción se retira del fuego y se dispersa en una charola envuelto con papel aluminio y se deja enfriar para empacarlo.

Trabajo de campo

Con base en el análisis de muestra poblacional para universos conocidos se obtuvo un resultado de 40 productores de coco a encuestar.

Para la demanda del producto se realizó una segunda encuesta a 73 individuos, realizadas los días 30 de abril al 10 de mayo del 2016.

Resultados

Oferta de coco en el municipio de Tezonapa

En la mayoría de las comunidades pertenecientes al municipio de Tezonapa, se han visualizado palmas de coco, como es el caso de Xocuapa, Suspiro, Caxapa, Laguna Chica, Motzorongo, entre otras.

Dentro de las comunidades de Motzorongo, el Suspiro y Caxapa se platicó con productores de coco, uno de ellos el señor Enrique Montalvo Reyes de la primera comunidad mencionada, comentó que actualmente cuando llega a vender su producción se maneja un precio de \$5.00 por pieza.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las comunidades en las que se llevó a cabo la aplicación de encuestas.

Tabla 1. Oferta de coco en Tezonapa.

Comunidad	Tipo de siembra	Temporada de cosecha	Cantidad de producción	Uso del fruto	Disposición de poner en venta producto	Precio posible de venta
El Suspiro	Traspatio	Todo el año	1500	Consumo	Si	\$10 y \$15
Campo	Traspatio	Todo el año	2000	Consumo	Si	\$5 y \$10
Xocuapa	Traspatio	Todo el año	1400	Consumo	Si	\$8 y \$15
Laguna Chica	Traspatio	Todo el año	1000	Consumo	Si	\$15 y \$20

Fuente: Elaboración propia.

Logotipo, etiqueta y envasado del producto

Al inicio del proyecto de otorgar valor agregado al coco, se inició con la propuesta para la etiqueta del producto “Dulces de coco”, posteriormente, cuando el productor inició su comercialización, se le otorgó un taller de normas de etiquetado en base a las normas oficiales mexicanas (NOM), por lo que la etiqueta tuvo un ligero cambio en el diseño.

La marca elegida para el producto fue COCOTEZO, la idea surgió porque el producto agrícola es originario del municipio de Tezonapa y el producto agrícola es el coco.

El logotipo es la figura de un coco, con una cara sonriente que invita al cliente a degustar el producto, además el coco tiene una mano levantada en señal de saludo, dando la bienvenida al consumidor.

Los colores que lleva la etiqueta son los siguientes:

Café: Al término de la transformación el producto terminado adquiere un color café, además el coco cuando es cortado de la palma tiene ese color también. Éste es un color que se encuentra en la tierra, en la madera, en la piedra, de acuerdo a la clasificación de la colorimetría en la mercadotecnia, es un color cálido, neutro y que puede estimular el apetito en las personas. Se encuentra muy extendido en la naturaleza tanto entre seres vivos como en entes materiales.

Azul: Se encuentra en la parte inferior de la etiqueta, y da mayor resalte, por lo que se determinó colocar la descripción del producto. Dicho color implica autenticidad, confianza, seguridad, fidelidad y dignidad.

Verde: Le da una imagen de frescura y tropicalidad al producto, este es un color que indica crecimiento, primavera, renovación y renacimiento. Está asociado con la salud, la frescura, la paz y la solución de los problemas ambientales.

En el fondo del logo y la marca está la imagen de pequeñas palmeras coqueras, por la proveniencia de la fruta.

Los dulces de coco se empacan en bolsa de celofán que tiene una medida de 6 cm de largo por 9 cm de ancho ya que son transparentes y el cliente puede observar lo que va a degustar. Estas bolsas por su apariencia física ayudan a que el contenido se vea más fino y con excelente presentación.

Ventajas del empaque seleccionado:

Peso casi nulo, y no altera el peso final del producto.

Se trata de una bolsa fina, elegante y que tiene infinidad de usos: para chocolates, confitería, dulces, comida, ropa, accesorios, cinturones, relojes, joyería, papelería, fotografía, perfumes, fundas de celulares, plumas, etc.

Mantiene al producto fresco.

La posibilidad de poder modificar el material haciéndolo biodegradable punto muy importante para el cuidado del medio ambiente.

Demanda de dulces de coco

Los resultados de las encuestas de campo indican que el 100% de la población conoce la fruta coco y el 100% ha probado dulces de coco, en forma de cocada (coco rayado, endulzado, con colorante artificial).

El 48% de la población consume dulces de coco de una a dos veces por semana, 34% una o dos veces al mes, mientras que el 18% lo consume una o dos veces por año. Se puede observar que hay un mercado potencial fuerte a ser atendido y la frecuencia de compra es semanal.

Antes de decidir consumir el producto dulce de coco el cliente se enfoca principalmente en el precio, el 45% de la población se enfocan en este para determinar la compra del producto,

34% de la población se enfoca en la cantidad que tiene el envase, mientras que el 21% de la población preocupada por cuidar su salud, se enfoca en la cantidad de calorías que éste tiene.

Pero el botón de venta del producto es el antojo. El 100% de la población está dispuesto a comprar una nueva marca, de hecho, no identifican ninguna marca en este sector de dulces, por lo que es un mercado potencial.

Precio del producto

Se determinó que el precio del producto en \$10.00, ya que en este precio se obtiene una ganancia de \$4.14 por unidad y costos de \$5.86 por unidad, se calculó el punto de equilibrio y a partir de la venta de 20 bolsas de dulce de coco comienzan a existir ganancias.

Prospección de clientes

Se presentó en varias ferias dentro del municipio de Tezonapa y alrededores para dar a conocer el producto en primera instancia, se montaba un stand con el producto y se realizaba venta del mismo, los lugares en los que se participó fueron los siguientes: Segunda Feria del Empleo Tezonapa 2016, Primer encuentro cultural Tezonapa 2016, Feria de Amatlán de los Reyes 2016, Feria de Cosolapa Oaxaca 2016, Feria Profesiográfica ITSZ Campus Tezonapa 2016, Feria de Otatitlan 2016, Tiendas en la comunidad Teololulco.

En un periodo de 2 meses de venta para el ejercicio se distribuyeron 135 bolsas, a un precio de \$10.00 se obtuvieron ingresos por \$1,350.00, menos el costo total de \$791.10, se obtuvieron ganancias por \$558.90.

Un coco llega a pesar hasta 2.6 kg con cáscara y tener 400 g de pulpa, se necesitaron 5.4 kg de pulpa para realizar 135 bolsas de coco, es decir, 13.5 cocos aproximadamente, redondeando 14 cocos, al precio de \$5.00 por unidad que se vende en el mercado, el productor habría tenido ingresos por \$70.00, sin descontar el costo de mano de obra y la depreciación de su machete para cortarlos de la palma, es decir, con este proceso de otorgamiento de valor agregado, y transformación del producto coco a dulces de coco "COCOTEZO", el productor ganó \$488.90 por cambiar su proceso de comercialización, es decir, aumento su ganancia en un 698%.

Discusión

En el presente estudio se observó que el otorgar valor agregado al producto agrícola Cocos nucifera, a dulce de coco aumenta las ganancias del productor en casi un 700%, por lo que

se propone acaparar la producción del municipio de Tezonapa y hacer un colectivo de productores que funcionen bajo la marca COCOTEZO.

El desarrollo de esta propuesta de productos con valor agregado, y mínimo procesamiento, permite diversificar la oferta tradicional de presentación comercial del coco, y también sus precios, orientando cada producto hacia distintos segmentos de mercado.

Conclusiones

De manera tradicional, el coco se comercializa como producto primario. Sin embargo, en el presente estudio se ha demostrado la manera en que la generación de productos con valor agregado produce beneficios económicos sumamente positivos para los productores, mostrando una alta rentabilidad si se comparan los ingresos por la venta de coco como producto primario y como dulce de coco. Si bien es cierto que aún quedan retos por sortear (estandarización, organización comunitaria, entre otros), esta forma de producción tiene la ventaja de requerir una baja inversión y tecnificación en el proceso de transformación lo que contribuye a la fácil adopción del sistema por parte de los pequeños productores y, de esta manera, se convierte en una alternativa viable para aumentar el empleo formal (incluyendo el autoempleo), disminuir la migración, fomentar la conservación y cuidado del medio ambiente y la generación de mayores ingresos económicos que contribuyan a elevar la calidad de vida de los productores y sus familias.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, por brindar el espacio para las primeras pruebas de transformación del producto, y a los productores de coco del municipio de Tezonapa, Veracruz.

Literatura citada

Mesa editorial. Merca 2.0. Recuperado el 17 de 01 de 2017, de <http://www.merca20.com/que-es-valor-agregado-y-como-lo-usan-las-empresas/> [consultado el 15 de abril de 2015].

Torres, F. T. 1994. La agricultura autosustentable en el marco de la integración comercial de América del Norte. *Revista Latinoamericana de economía* XXV (96):65-75.

HUERTOS ESCOLARES EN LA FORMACIÓN EDUCATIVA EN NIVELES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA SUPERIOR EN GUTIÉRREZ ZAMORA, VERACRUZ

Abiel Rodríguez Maza³⁷⁴* y Cesar Manuel Álvarez Domínguez³⁷⁴

Resumen

Los huertos escolares son una herramienta que permite desarrollar en los niños y jóvenes estudiantes un sentido de responsabilidad además de crear una conciencia ecológica al inculcarles el manejo orgánico en la producción de sus propias hortalizas. Desde 2015 se ha trabajado en la implementación de huertos escolares en diferentes niveles educativos donde se ha mostrado aceptación en las diversas instituciones educativas (primarias, secundarias y bachilleratos). Este trabajo seguirá desarrollándose y no se tiene una fecha de culminación debido a la información que se sigue obteniendo, ya que nos proporciona un sinnúmero de herramientas didácticas para complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje además de fomentar valores en el niño o joven estudiante. Para que este tipo de iniciativas sean viables se requiere la implicación de los niños, los profesores y los padres, si queremos que los niños cambien sus hábitos nutricionales y valoren los alimentos saludables, una huerta escolar debe ser contemplada en la educación. Con ello, los niños además aprenderán a trabajar en equipo, adquirirán conocimientos de horticultura y realizarán actividades físicas que resultarán beneficiosas y agradables. Un pequeño huerto proporciona los recursos educativos y los alimentos necesarios para que los niños se sientan atraídos y disfruten con la producción de los alimentos que después podrán degustar en el colegio o en su hogar, deben ser alimentos fáciles de cultivar, acelgas, tomates, lechugas incluso se pueden utilizar algunos árboles frutales, naranjos, nísperos, zapotes, guanábanas un conjunto de herramientas que contribuirán a encauzar hábilmente los hábitos saludables y nutricionales de los niños. Aunque hay quienes creen que en la escuela sólo se aprende en el aula este proyecto nos muestra que el patio o jardín puede ayudarnos en la labor docente.

Palabras clave: agricultura orgánica, horticultura, etapa escolar

³⁷⁴ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Programa Educativo de Agrobiotecnología.

Introducción

Un huerto es un espacio donde se siembran algunas plantas útiles básicamente con frutales y hortalizas. Si este espacio se encuentra en la escuela, se le llama huerto escolar. Todas las personas podemos ayudar a crear y cuidar el huerto escolar.

Un huerto es un espacio donde se siembran algunas plantas útiles básicamente con frutales y hortalizas. Si este espacio se encuentra en la escuela, se le llama huerto escolar. Todas las personas podemos ayudar a crear y cuidar el huerto escolar.

El objetivo primordial de contar con esos espacios en las instituciones es que el alumno llegue a comprender las relaciones de interdependencia que hay entre las plantas y su medio circundante; observando los cambios que sufren por efecto de la luz, el agua, el suelo, la temperatura, y en fin, por todos aquellos factores físicos químicos y biológicos que intervienen en su crecimiento y su desarrollo y de esta forma adquiera conciencia sobre la incidencia de nuestras actividades sobre el equilibrio del ambiente (Paredes, 2012). El aprendizaje en el huerto escolar es diferente de la mayor parte de los programas de aprendizaje: es multisectorial y multidisciplinario; está estrechamente relacionado con la alimentación escolar; suele ser parcialmente extracurricular; puede requerir apoyo de equipo e infraestructura, en particular abastecimiento de agua; los huertos pueden necesitar atención fuera del período escolar (FAO, 2010).

Para los individuos más pequeños, el respeto por el entorno comienza en el hogar, y se continúa también en la escuela. El recinto escolar contiene elementos del medio natural, el medio construido y el entorno social: tierra, plantas y árboles, insectos y vida silvestre, el sol y la sombra, el abastecimiento del agua y las instalaciones sanitarias, los senderos y los cercados, los espacios para el esparcimiento y el estudio, la vida social y los contactos con el mundo exterior. La concienciación de los niños sobre estos entornos y de la manera en que aprendan a tratarlos les ayudará a convertirse en adultos responsables. Los proyectos que mejoran los terrenos de la escuela crean conciencia y orgullo y refuerzan la reputación de la escuela en la comunidad. Todos los años, el plan del huerto debería incluir mejoras en el entorno, aunque sean pequeñas (FAO, 2009). Es primordial enseñar la importancia del suelo dentro de la realización de los huertos escolares. De acuerdo con Cepeda, 2010: “El suelo es un sistema complejo formado por partículas sólidas orgánicas e inorgánicas, aire, agua y microorganismos. Estos elementos conocidos como fases gozan de gran interacción, debido a la enorme cantidad de reacciones químicas que sufren, por ejemplo: aire y agua intemperizan las partículas sólidas, y los microorganismos se encargan de catalizar muchas de estas reacciones.”

Otro punto muy importante dentro de los huertos escolares es la producción de alimentos orgánicos. La agricultura orgánica (AO) es un método de cultivo de alimentos que se

fundamenta en el uso natural, equitativo y sustentable de los recursos naturales de la tierra, como el suelo, el sol, el aire, la lluvia, las plantas, los animales y las personas (García-Hernández et al., 2010). La AO usa métodos biológicos para mantener la tierra fértil y sana además de controlar los insectos, plagas y enfermedades. Probablemente los resultados sean más lentos que los de la agricultura convencional, que usa fertilizantes y plaguicidas artificiales, pero a largo plazo es más inocua, económica y sostenible. (FAO, 2009). La horticultura orgánica también es más segura respecto al manejo para los niños porque no utiliza productos tóxicos. A nivel comercial, su rentabilidad está aumentando, pues cada vez más gente solicita productos orgánicos (Beltrán-Morales et al., 2016). La gente considera que la comida orgánica es mejor por tres razones: no usa químicos en su cultivo, es más saludable para el ser humano, su impacto ambiental es menor. Es cierto que la agricultura orgánica, a diferencia de la agricultura industrial, no usa herbicidas ni pesticidas sintéticos o fertilizantes minerales. Por lo antes expuesto, en el presente trabajo se plantea como objetivo: contribuir a la formación educativa, en niveles de educación básica y media superior, mediante la implementación de técnicas de agricultura orgánica en los huertos escolares.

Materiales y métodos

Se establecieron seis huertos escolares en diferentes niveles educativos uno en el Centro de Atención Múltiple #32 (CAM#32), la primaria Abraham Cabañas de Anclon y Arenal y cuatro TEBAEV (Boca de Lima, Renacimiento, Santa Rosa y Plan de Altamirano). Se realizaron dos siembras una en el período enero-abril 2016 y otra en el período mayo-agosto 2016. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw2, con temperatura media de 24.1°C y precipitación pluvial 1436 mm anuales. Se trabajó con diferentes tipos de suelos y en el caso de Altamirano se rellenó el área con tierra de vega debido a que su suelo era amarillo y muy compacto.

En cada escuela se establecieron diferentes cultivos (jitomate, pepino, acelgas, espinacas, lechugas y calabazas), en Santa Rosa se estableció kiwano como cultivo extra y en Altamirano se estableció pepino bola. Se evaluó la responsabilidad de los estudiantes con respecto a la atención al huerto, las variables evaluadas fueron: germinación de las semillas, turgencia del tejido vegetal y resultados de la cosecha. Sólo se evaluó el ciclo mayo-agosto.

Resultados y discusión

Germinación de las semillas de lechuga

En relación a 200 semillas de lechuga que fueron sembradas en las seis escuelas los resultados fueron favorables para el CAM #32 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de semillas de lechuga orejona de sobre del Rancho Los Molinos

Escuela	Número de Semillas germinadas
Abraham Cabañas	45
CAM#32	186
Boca de Lima	25
Plan de Altamirano	30
Renacimiento	38
Santa Rosa	16

El resultado de la siembra de lechuga en el CAM#32 demuestra que la energía que ellos transmiten es positiva dándole créditos a la agricultura biodinámica. Con relación a las demás semillas todas las escuelas tuvieron un promedio del 85% de germinación.

Turgencia del tejido vegetal (responsabilidad)

Con esta variable se comprobó si realmente aplicaban la cantidad de agua necesaria para el cultivo y así verificar la responsabilidad de los alumnos en esta actividad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Evaluación de la responsabilidad en el cuidado del cultivo de acuerdo a la turgencia de éste.

Escuela	Pepino	Jitomate	Lechuga	Acelga	Espinaca	Calabaza
Abraham Cabañas	2	3	2	3	2	1
CAM#32	3	3	3	2	3	3
Boca de Lima	3	3	2	2	1	1
Plan de Altamirano	2	2	2	3	3	3
Renacimiento	3	3	3	1	1	3
Santa Rosa	2	2	2	2	2	2

Turgencia del cultivo medido en una escala del 1 al 3 donde 1 es descuidado, 2 aceptable y 3 excelente.

Los alumnos del CAM#32 se mostraron más responsables, posterior a ellos fue la primaria, y los bachilleres muestran menor responsabilidad en estas actividades, mientras que los niños muestran mayor responsabilidad.

Resultados de la cosecha

Al finalizar el ciclo mayo-agosto se evaluó la producción por unidad, lamentablemente el gusano barrenador afectó las plantas de calabaza por lo cual no hubo cosecha de ésta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultado de la cosecha del huerto escolar.

Escuela	Pepino	Jitomate	Lechuga	Acelga	Espinaca	Calabaza
Abraham Cabañas	14	25	12	4	3	0
CAM#32	47	40	90	6	2	0
Boca de Lima	40	43	14	3	6	0
Plan de Altamirano	56	39	17	3	3	0
Renacimiento	29	47	22	2	4	0
Santa Rosa	36	54	11	6	5	0

Se contabilizaron sólo las unidades producidas como tal, en el caso de acelgas y espinacas fueron rollos de diez hojas.

Los resultados en unidades de producción favorecen al CAM#32 debido a que la germinación de lechuga fue superior al 90% de germinación mientras que para las demás escuelas fue menor al 25%.

Conclusiones

El CAM#32 mostró ser más responsable en cuanto al cuidado del huerto escolar, pese a las limitaciones físicas e intelectuales de algunos de sus alumnos, pero sin embargo se concluye que la energía que estos jóvenes emanan hacia la naturaleza es positiva por que demostró ser el mejor huerto en cuanto a cuidados y rendimientos, seguido de ellos quedaría la escuela primaria Abraham Cabañas donde se deduce que ellos son capaces de mostrar responsabilidad y también emanan una energía positiva, finalmente los bachilleres son más propensos a descuidar las cosas por otros intereses que ellos mismos admiten.

Literatura citada

Beltrán-Morales y F. Alfredo. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annum*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(7):143-149.

Cepeda, D. J. 2010. Química de Suelos. Universidad Autonoma del Estado de México: http://web.uaemex.mx/fapur/docs/cediat/CA_mayo2010.pdf. (consultado el 5 de mayo de 2016).

FAO. 2009. El huerto escolar como recurso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas del currículo de educación básica. Santo Domingo, Republica Dominicana. <http://www.fao.org/ag/humannutrition/21877-061e61334701c700e0f53684791ad06ed.pdf> (consultado el 20 de mayo de 2016)

FAO. (2010). Nueva política de huertos escolares. Roma. <http://www.fao.org/docrep/013/i1689s/i1689s00.pdf> . (consultado el 5 de mayo de 2016)

García-Hernández J.L., I. Orona C., E. Salazar S., C. Vázquez V., R. Zuñiga T., J.D. López M. y E.O. Rueda P. 2010. Filosofía desarrollo y adopción de la agricultura orgánica: el caso de México. *Agrofaz*, 1: 1-9. <http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/5-RESULTADOS/17-CONTRIBUCION%20AL%20CONOCIMIENTO/17.5.1%20ARTICULOS/agrofaz%202010.pdf>. (consultado el 13 de mayo de 2016).

Paredes, J.2012. El huerto Escolar. <http://joselin-paredes.blogspot.mx/2012/03/el-huerto-escolar-un-huerto-es-un.html> (consultado el 16 de mayo de 2016).

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FAMILIARES DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL VALLE DE TULANCINGO

Gerardo Ortiz-Zaragoza³⁷⁵, Oscar Del Razo-Rodriguez³⁷⁵, Jesús Armando Salinas-Martínez³⁷⁵, Verónica Espinosa-Muñoz³⁷⁵, Isaac Almaráz-Buendía³⁷⁵ y Rodolfo Rogelio Posadas-Domínguez^{376*}

Resumen

La producción lechera de pequeña escala en México es conocida por ser social, económica y tecnológicamente diversa, por tal motivo el objetivo de este estudio fue clasificar los sistemas familiares de producción lechera de pequeña escala del Valle de Tulancingo, México. Datos sobre la implementación de tecnologías fueron obtenidos aplicando encuestas a 82 granjas seleccionadas mediante un muestreo por intención. Se utilizó un análisis estadístico de componentes principales como método para clasificar los sistemas lecheros y se complementó con un análisis económico para obtener las ganancias por litro de leche. El análisis de componentes principales clasificó tres grupos de productores que explicaron el 67% de la varianza acumulada y presentaron diferencias en el número de tecnologías empleadas y productividad por vaca. El análisis económico indicó que los productores tecnificados obtuvieron los mayores ingresos por litro de leche, mientras que los productores semi-tecnificados y de traspatio a pesar de contar con mayor independencia en el cultivo de alimento y empleo de mano de obra familiar fueron menos eficientes en el costo de producción y ganancias por litro de leche.

Palabras clave: lechería familiar, costos de producción, tecnificación, estadística multivariada

Introducción

La producción lechera de pequeña escala predomina en la región centro de México en los estados de Tlaxcala, Hidalgo, México, Puebla, Querétaro y Guanajuato; estos estados agrupan aproximadamente 235,000 unidades productivas (SAGARPA, 2013), caracterizadas por emplear mano de obra familiar y cultivar sus propios insumos (Posadas-Domínguez et al.,

³⁷⁵ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias.

³⁷⁶ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Escuela Superior de Zimapan.
rodolfo_posadas@uaeh.edu.mx

2016 y Salas-Reyes et al., 2015). Estos sistemas también son conocidos por ser social, económica y tecnológicamente diversos (Martínez-García et al., 2015), por lo que es necesario clasificarlos o agruparlos con el propósito de identificar oportunidades y restricciones (Somda et al., 2005).

La falta de reconocimiento en la heterogeneidad de los sistemas de producción es una de las principales críticas a la investigación (Somda et al., 2005) ya que ningún sistema de producción es único a pesar de pertenecer a un conjunto o grupo con características similares (Kobrich et al., 2003); para dar una solución a esta problemática en México, se han empleado métodos cualitativos como el análisis de componentes principales y “Cluster” que permiten tipificar a las unidades de producción lechera de pequeña escala de acuerdo a sus características (Espinoza-Ortega et al., 2007; Hernández-Morales et al., 2013; Martínez-García et al., 2015) permitiendo una clasificación que maximiza la heterogeneidad entre los grupos al tiempo que se obtiene la máxima homogeneidad entre las categorías obteniendo una verdadera representatividad (Somda et al., 2015).

Los métodos de componentes principales y “cluster” son cada vez más aceptados en la tipificación de sistemas lecheros de pequeña escala por su fácil uso y confiabilidad (Lange et al., 2016). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue clasificar las unidades familiares de producción lechera de pequeña escala del Valle de Tulancingo, México utilizando un análisis de componentes principales para discriminar el uso de tecnologías implementadas en el proceso de producción.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en tres regiones lecheras del Valle de Tulancingo; Palmillas, Cebolletas y Huapalcalco. El área de estudio cuenta con una superficie de 290.4 km², altitud de 2,181 m, clima semiseco templado con una temperatura media anual de 16°C (INEGI, 2017).

Recolección de datos

La información se obtuvo mediante entrevistas semi-estructuradas aplicadas a 82 productores lecheros de pequeña escala seleccionados mediante un muestreo por intención (Cochran, 1984), el criterio de selección fue el tamaño de hato tomando en cuenta a unidades de producción con tres a 40 vacas lactantes. Se empleó un cuestionario diseñado para obtener información sobre el nivel de tecnologías que implementan los productores identificando un total de 17 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tecnologías empleadas por unidades lecheras de pequeña escala del Valle de Tulancingo, México.

No. Descripción		No. Descripción	
1	Lotificación	9	Uso de ensiladora
2	Inseminación artificial	10	Uso de segadora
3	Registros productivos	11	Uso de remolque
4	Balanceo de dietas	12	Uso de molino
5	Manejo de la ordeña	13	Uso de revolvedora de alimento
6	Vacunas	14	Uso de ordeñadora
7	Pruebas diagnósticas	15	Uso de vehículo
8	Uso de tractor	16	Uso de tanque enfriador
		17	Uso de termo

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las 82 granjas cooperantes se concentraron en una matriz de Excel, analizados con estadística multivariada, utilizando un análisis de componentes principales (CP) para reducir información e identificar las variables que más explicaran al sistema lechero de pequeña escala. La clasificación de los productores se realizó de la siguiente manera, productor que implementará una tecnología se puntuaba con 10 puntos definiendo mediante este criterio tres grupos de productores; Grupo 1 con un rango de puntuación entre 10 y 50 puntos; Grupo 2 con puntuaciones entre 60 y 100 puntos y; Grupo 3 con puntuaciones mayores a 110 puntos.

El análisis multivariado se realizó con el programa estadístico SAS versión 9.1 para windows. Las variables utilizadas en el análisis surgieron de un análisis exploratorio de la información de campo a través de pruebas de normalidad y de correlación múltiple a la matriz de datos de tecnologías, para eliminar las variables que se correlacionaban de manera natural (Kobrich et al., 2003).

Análisis económico

Se realizó un análisis económico a cada uno de los grupos identificados por el CP para calcular el costo de producción, ingresos y ganancias por litro de leche. El análisis económico se determinó adaptando la metodología general de costos de producción a la producción de leche en pequeña escala referenciada en el trabajo de Posadas-Domínguez et al. (2014). El método utilizado comprende la estimación del costo por litro de leche incluyendo el total de variables que intervienen en el proceso de producción, la expresión matemática utilizada es: $CPT=CF + CV$, donde, CPT=costo de producción total, CF=costos fijos y CV=costos variables.

La adaptación del método de estimación de costos consistió en dos ajustes; 1) la contabilidad del costo de oportunidad en mano de obra familiar; por considerarse un recurso humano que dedica tiempo a las actividades de la granja, se valoró al costo de su mejor uso alternativo; para este estudio se utilizó el salario promedio pagado en la zona y; 2) la contabilidad de la producción propia de insumos evaluada a precios reales de producción y no a precios reales de mercado. En el cálculo de costos se consideró una lactancia ajustada de 305 días. El ingreso por litro de leche se obtuvo con la suma aritmética del ingreso por venta de leche, venta de becerros y el valor de rescate de las vacas de desecho.

Resultados y discusión

Clasificación de los productores de acuerdo a los factores del análisis de CP

El resultado del análisis de CP permitió clasificar tres tipos de productores de acuerdo al uso de tecnologías, Grupo 1, sistema familiar de traspatio explica el 36% de la varianza con cuatro tecnologías implementadas, Grupo 2, sistema familiar semi-tecnificado emplea 8 tecnologías y explica el 19% de la varianza y Grupo 3, sistema familiar tecnificado, emplea el mayor número de tecnologías (13) y conjuntamente con los dos grupos anteriores explica el 67% de la varianza acumulada (Cuadro 2).

Los resultados del estudio aquí descrito son similares a los obtenidos por Hernández-Morales et al. (2013) quien reportó 67% de varianza acumulada con tres grupos productivos, Lange et al. (2016) reporta una varianza acumulada de 72% pero explicada por dos grupos productivos. La varianza acumulada reportada en este estudio es aceptable y similar a la obtenida en otros trabajos permitiendo generar una clasificación en tres diferentes tipos de productores.

Cuadro 2. Estadísticas y contribución de los componentes del factor análisis de los eigenvalues y el porcentaje de varianza explicada.

Sistema familiar	Eigenvalues	% de Varianza	Varianza aculada	Tecnologías (puntaje)	Productores por sistema
Traspatio	6.93	0.36	0.36	40	45
Semi-tecnificados	3.75	0.19	0.55	80	29
Tecnificados	2.54	0.12	0.67	130	8
Total	13.22	-	-	-	82

Descripción de cada tipo de productores

Sistema familiar de traspatio. El sistema de traspatio se caracterizó por emplear solo mano de obra familiar en el proceso productivo, cultiva el 95% de los insumos para la alimentación del ganado con un promedio de 1.6 ha. El 9% registra producción y menos de la mitad de los productores lotifica. El uso de medicina preventiva es nulo, sin embargo, el 91% de los productores vacunan contra enfermedades locales.

La ordeña es 88% manual con áreas poco especializadas sin realizar pruebas diagnósticas para detección de mastitis, las instalaciones son rudimentarias construidas con material de desecho como lamina, madera tubos y alambre. La mayoría de los productores carece de tanques enfriadores, ordeñadoras mecánicas y revoledoras para la preparación del alimento. El 55% de los productores insemina artificialmente y 45% realiza monta natural con sementales propios o alquilados. La raza utilizada es Holstein en 95%.

Sistema familiar Semi-tecnificado. Este grupo de productores se caracterizó por contratar 10% de mano de obra, la tecnificación es media, con un promedio de 8 tecnologías implementadas, el manejo técnico de los animales está encaminado a la estabulación, sin embargo, se utiliza el pastoreo en época de lluvias. El 70% de los productores balancea dietas, el 60% registra producción, el 15% lotifica y el 70% insemina artificialmente.

La medicina preventiva se aplica con mayor frecuencia comparado con los productores de traspatio, el 75% de los productores realiza pruebas diagnósticas, el 100% vacuna, y el 67% aplica prácticas de ordeño 55% mecánico y 45% manual. Las instalaciones están distribuidas y con espacios adecuados para la producción, sin embargo, también se caracterizan por reutilizar recursos locales para su construcción. En promedio el 89% de los productores cultiva su propio alimento con 6.2 ha disponibles para la producción.

Sistema familiar tecnificado. El grupo de productores tecnificados se caracterizó por contratar 25% de la mano de obra utilizada en el proceso productivo, implementa el mayor número de tecnologías (13) con herramientas como; tractor, ordeñadora, molino y segadora, el 70% de los productores lotifica y más del 80% realiza balanceo de dietas complementadas con concentrados comerciales. La estabulación es un manejo común utilizado para aumentar la eficiencia productiva.

El 17% de los productores realiza diagnósticos para detectar enfermedades, el 83% registra producción, el 100% vacuna y cerca del 79% implementa buenas prácticas de ordeño. La infraestructura está bien definida con áreas de ordeño, becerrerías, sombreaderos, establos, manga de ordeño y parideras. La inseminación artificial es utilizada por el 83% de los

productores, la principal raza utilizada es Holstein con un 97%. En promedio se cultiva el 84% del alimento con 14.6 ha disponibles para la producción.

El estudio aquí descrito ha demostrado una heterogeneidad entre granjas lecheras de pequeña escala diferenciadas de acuerdo a la implementación en el uso de tecnologías, resultados similares reportó Herrera-Haro (2012), quien caracterizó a las producciones lecheras familiares de acuerdo al tamaño de hato, nivel de capitalización, producción, eficiencia reproductiva y nivel de tecnologías empleadas. En este estudio un punto importante para la clasificación fue el uso de tecnologías como balanceo de dietas, donde el sistema semi-tecnificado y tecnificado la emplearon en el 70 y 83% de los casos, mientras que el sistema de traspatio tiene nula implementación de esta tecnología. La inseminación artificial significó otro punto importante en la clasificación el 83 y 70% de los productores la emplean en el sistema semi-tecnificado y tecnificado por solo el 53% que la emplean en el sistema de traspatio.

Un distintivo más entre grupos fue el empleo de mano de obra familiar, utilizada el 100% en el sistema de traspatio, 90% en el sistema semi-tecnificado y 75% en el sistema tecnificado, similares resultados fueron reportados por Posadas-Domínguez et al. (2014) quienes reportan más del 80% de empleo de mano de obra familiar en sistemas lecheros de la región de Texcoco, México, Martínez-García et al. (2015) coincide con esto resultados al reportar una alta empleabilidad de mano de obra familiar en sistemas lecheros de pequeña escala del centro de México.

Respecto al cultivo de los insumos para la alimentación del ganado se encontró que los productores con pocas vacas cultivan más del 90% del alimento, no obstante a medida que crece el hato la alimentación del ganado es complementada con alimento comprado en forrajeras locales sin exceder más del 15% para los productores más dependientes (tecnificados), Ndambi y Hemme (2009) reportan resultados contrarios a los hallados en este estudio para granjas ubicadas en Uganda y Camerún con una dependencia del 100% en la compra de alimento, sin embargo Posadas-Domínguez et al. (2014) reportó que los productores de la región de Texcoco producen el 84% del alimento para cubrir las necesidades alimentarias de sus hatos, resultados congruentes con los reportados en esta investigación.

Análisis económico

Los costos de producción en los tres grupos analizados consideraron el total de variables que intervienen en el proceso productivo al contabilizar el costo de oportunidad de la mano de obra familiar y el costo real de cultivar el alimento, Posadas-Domínguez et al. (2014) planteo esta misma postura al valorar el costo de producción en sistemas lecheros de pequeña escala argumentando que de no considerar el total del costo de las variables que intervienen

en el proceso productivo, la omisión de su costo repercutirá en la reposición de los activos y su efecto se verá en la pérdida de liquidez.

La ganancia por litro de leche se relacionó con la productividad por lo que fue mayor para el sistema tecnificado, \$1.70/L, (Cuadro 3). Similares resultados fueron reportados por Espinoza-Ortega et al. (2007); Martínez-García et al. (2015); Salas-Reyes et al. (2015) quienes reportan que la productividad fue un factor que permite reducir el costo de producción y aumenta las ganancias por litro de leche en sistemas lecheros de pequeña escala.

El precio de venta por litro de leche fue mayor en el sistema semi-tecnificado como resultado las ganancias se incrementaron con respecto a las obtenidas por el sistema de traspatio con un costo similar de producción (Cuadro 3). El comportamiento anterior, puede explicarse debido a que los productores del sistema semi-tecnificado destinan el 60% de su producción a la venta de menudeo (\$9.00/L) con un diferencial de \$3.50 por litro de leche con respecto a la venta de menudeo (\$5.50/L), resultados similares reportó Posadas-Domínguez et al. (2014) al mencionar que la comercialización de la leche al menudeo significó una importante estrategia que utilizan los productores lecheros de la región de Texcoco, México para incrementar sus ingresos.

Las ganancias por litro de leche encontradas en este estudio permitieron comprender porque los sistemas lecheros de pequeña escala siguen subsistiendo en el Valle de Tulancingo, Hidalgo al mostrar ganancias mayores de un \$1.00, aun cuando se contabilizó el costo de oportunidad en la mano de obra familiar (Cuadro 3), costo de producción que se ha reportado en otros trabajos como una limitante por no reflejar la realidad de los sistemas lecheros de pequeña escala (Espinoza-Ortega et al., 2007; Salas-Reyes et al., 2015). Sin embargo, los resultados de este trabajo muestran que bajo las condiciones que se evaluaron a los productores, estos son capaces de desplazar su curva de costos a puntos más competitivos, siempre y cuando no pierdan la ventaja de la producción de pequeña escala que significa la reducción de costos aprovechando el cultivo de alimento que absorbió más del 75% del costo de producción por litro de leche en los tres sistemas evaluados.

Cuadro 3. Costos de producción y ganancias por litro de leche.

Sistema	PVP	P/P por vaca anual	CP por litro (\$)	PV por litro (\$)	GN por litro (\$)
Traspatio	10	3,586	4.50	5.50	1.00
Semi-tecnificado	22	3,892	4.40	5.80	1.40
Tecnificado	28	4,162	3.80	5.50	1.70

PVP=Promedio de vacas en producción. P/P=Promedio de producción. CP=Costo de producción. PV=Precio de venta. GN=Ganancias netas.

Conclusiones

1. La construcción de modelos con el uso de estadística multivariada como el análisis de componentes principales es un paso fundamental para clasificar los sistemas lecheros de pequeña escala. Los resultados encontrados en este estudio permitieron generar una clasificación de productores en tres grupos que explicaron el 67% de la varianza acumulada con diferencias en el número de tecnologías empleadas y productividad por vaca.
2. El análisis económico indicó que los productores tecnificados obtuvieron los mayores ingresos por litro de leche, mientras que los productores semi-tecnificados y de traspatio a pesar de contar con mayor independencia en el cultivo de alimento y empleo de mano de obra familiar fueron menos eficientes en el costo de producción y ganancias por litro de leche.
3. El enfoque propuesto en esta investigación puede ser especialmente útil en estudios de clasificación, particularmente en la región de estudio donde la tipificación de las fincas debe derivarse desde cero y ser la base de estudios posteriores que permitan evaluar a los sistemas lecheros de pequeña escala de acuerdo a las características reales que los definen.

Literatura citada

Cochran, W. G. 1984. Técnicas de Muestreo. Edit. CECOSA. México, D. F. 585 p.

Espinoza-Ortega, A., E. Espinosa-Ayala, J. Bastida-López, T. Castañeda-Martínez and C.M. Arriaga-Jordán. 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture* 43(2):241-256.

Hernández-Morales, P., J. G. Estrada-flores, F. Avilés-Nova, G. Yong-Angel, F. López-González, A. D. Solís-Méndez et al. 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del Estado de México. *Universidad y Ciencia* 29(1):19-31.

Herrera-Haro, J. G. 2011. Sistema de producción de leche en granjas bovinas familiares. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistema%20de%20producci%C3%B3n%20de%20leche%20en%20granjas%20bovinas%20familiares.pdf> [consultado el 28 de mayo de 2017].

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2017. Registro de nombres geográficos. <http://www.inegi.org.mx/> [consultado el 01 de mayo de 2017].

- Kobrich, C., T. Rehman and M. Khan. 2003. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agricultural Systems* 76(1):141-157.
- Lange, M. J., A. Zambom M., C. Ramos, D. Castagnara D., F. Bankuti I., E. Neumann M. et al. 2016. Typology of dairy production systems based on the characteristics of management in the Region of West Parana. *Semina-Ciencias Agrarias* 37(1):473-481.
- Martínez-García, C. G., S. J. Ugoretz, C. M. Arriaga-Jordán and M. A. Wattiaux. 2015. Farm, household, and farmer characteristics associated with changes in management practices and technology adoption among dairy smallholders. *Tropical Animal Health and Production* 47(2):311-316.
- Ndambi, O. A. and T. Hemme. 2009. An economic comparison of typical dairy farming systems in South Africa, Morocco, Uganda and Cameroon. *Tropical Animal Health and Production* 41(6):979-994.
- Posadas-Domínguez, R. R., J. A. Salinas-Martínez, N. Callejas-Juárez, G. Álvarez-Fuentes, J. Herrera-Haro, C. M. Arriaga-Jordán et al. 2014. Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000-2012. *Contaduría y Administración-México* 59(2):253-275.
- Posadas-Domínguez, R. R., N. Callejas-Juárez, C. M. Arriaga-Jordán and F. E. Martínez-Castañeda. 2016. Economic and financial viability of small-scale dairy systems in central Mexico: economic scenario 2010-2018. *Tropical Animal Health and Production* 48(8):1667-1671.
- SAGARPA. (2013). Busca SAGARPA hacer rentable lechería familiar y de traspatio. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B003.aspx> [consultado el 05 de mayo de 2017].
- Salas-Reyes, I. G., C.M. Arriaga-Jordán, S. Rebollar-Rebollar, A. García-Martínez and B. Albarrán-Portillo. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 47(6):1187-1194.
- Somda, J., M. Kamuanga and E. Tollens. 2005. Characteristics and economic viability of milk production in the smallholder farming systems in The Gambia. *Agricultural Systems* 85(1):42-58.

LECHERÍA FAMILIAR EN EL VALLE DE TULANCINGO: RENTABILIDAD Y CALIDAD DE VIDA

Jesús Armando Salinas-Martínez^{377*}, Rodolfo Rogelio Posadas-Domínguez³⁷⁸, Verónica Espinosa-Muñoz¹⁵, Isaac Almaráz-Buendía³⁷⁷ y Oscar Enrique del Razo-Rodríguez³⁷⁷

Resumen

Se utilizó la metodología general de costos de producción y un análisis de regresión y correlación parcial para evaluar la relación entre la rentabilidad y satisfacción con la calidad de vida de productores lecheros de pequeña escala del Valle de Tulancingo, México. Datos económicos y sociales fueron obtenidos durante un año de 82 sistemas de producción lecheros de pequeña escala selectos mediante un muestro estratificado con distribución de Neyman. Cuatro estratos fueron definidos tomando como criterio el número de vacas en producción; E₁ ni=28 (3-9 vacas), E₂ ni=25 (10-19 vacas), E₃ ni=16 (20-29 vacas) y E₄ ni=13 (30-40 vacas). Los resultados indicaron que los productores del E₃ y E₄ fueron los más rentables, condición que obtuvieron por la ventaja natural en su mayor tamaño de hato y productividad, mientras que los productores del E₁ y E₂ se beneficiaron del uso eficientemente en el recurso mano de obra familiar, reutilización de desechos y cultivos de forrajes, condiciones que disminuyeron el costo de producción por litro de leche y aumentaron su rentabilidad. El análisis estadístico de correlación parcial indicó que el 93.39% de la satisfacción de los dueños de las granjas fue explicado por el nivel de rentabilidad, situación que puede incentivar a los potenciales sucesores para continuar con la actividad. Los resultados de esta investigación pueden no generalizarse a sistemas de producción del país, sin embargo, son relevantes al sentar las bases en la evaluación de indicadores económicos y su relación con la satisfacción y calidad de vida de sistemas lecheros de pequeña escala.

Palabras clave: análisis de costos, pequeña escala, satisfacción, utilidad, unidad familiar

³⁷⁷ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. jesus_salinas1154@uaeh.edu.mx

³⁷⁸ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Escuela Superior de Zimapan.

Introducción

En México las importaciones de leche en polvo crecieron 60% de 2015 a 2016 como resultado de la liberalización comercial y los bajos precios internacionales (SIAVI, 2017). Estos escenarios tienen consecuencias negativas en la permanencia y rentabilidad de los sistemas lecheros de pequeña escala mexicanos (Cortez-Arriola et al., 2016), al competir con precios internacionales por debajo del costo producción interno y factores que limitan su crecimiento como recursos financieros escasos, baja rentabilidad y falta de organización e integración vertical (Espinoza-Ortega et al., 2007 y Ortiz et al., 2008).

Uno de los factores que limita el crecimiento y continuidad de los sistemas lecheros de pequeña escala es la dinámica de la actividad la cual exige largas horas de trabajo hasta el punto de que no hay vacaciones o fines de semana libres. Los sucesores potenciales notan el trabajo duro y exigente que sus padres hacen sin recibir una remuneración económica suficiente por su esfuerzo, lo cual los desanima a seguir con la actividad (Castro et al., 2015). En México, se ha reportado que las unidades familiares de producción lechera de pequeña escala (UFPL) representan una mejor opción que un trabajo remunerado (Posadas-Domínguez et al., 2014), en términos sociales son generadoras de elementos determinantes de los modos de vida de los productores (Salas-Reyes et al., 2015). Sin embargo, no existe evidencia de investigaciones mexicanas que evalúen la relación entre la rentabilidad y satisfacción con la calidad de vida como medio de permanencia de la actividad pecuaria en el tiempo.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la correlación entre la estructura económica con la satisfacción y la calidad de vida de las UFPL del Valle de Tulancingo, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el periodo de febrero de 2016 a mayo de 2017, en los poblados de la Palma, Cebolletas y Huapalcalco, una de las tres regiones lecheras más importantes del Valle de Tulancingo Hidalgo (SIAP, 2017). El área de estudio tiene una superficie de 217.42 km², altitud de 2,196 m, clima semiseco templado con una temperatura media anual de 16°C y una precipitación media de 800 mm anuales (SMN-CNA, 2017).

Determinación del marco de muestreo

La población objetivo se determinó considerando UFPL que tuvieran de tres a 40 vacas en producción con la actividad lechera como principal fuente de ingresos. Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado con asignación de Neyman (Sukhatme & Sukhatme, 1979) a partir de una población de 801 UFPL registradas en centros de acopio de la Dirección General de Fomento Lechero del Valle de Tulancingo. La muestra estratificada representó 10.1% de la población definiendo cuatro estratos productivos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Muestra estratificada para productores del Valle de Tulancingo, Hidalgo.

Estrato	N_i	S_i^2	S_i	$N_i S_i$	$N_i S_i^2$	W_i	n_i
E ₁	385.00	22.19	4.71	1813.77	8544.83	0.48	28.00
E ₂	240.00	44.30	6.66	1597.48	10633.05	0.30	25.00
E ₃	95.00	124.91	11.18	1061.74	11866.12	0.12	16.00
E ₄	80.00	106.29	10.31	824.76	8502.86	0.10	13.00
Total	800.00	297.69	32.85	5297.74	39546.86	1.00	82.00

n_i =productores por estrato; N_i =número de productores del estrato (i); n =tamaño de la muestra por estrato; S_{N_i} =varianza del estrato (i).

Recolección de datos

Los datos utilizados en el estudio se obtuvieron aplicando métodos de investigación cualitativa y cuantitativa (Schalock, Bonham, & Marchand, 2000) a través de encuestas y entrevistas semi-estructuradas donde se obtuvieron dos clases de datos; 1) datos económicos que incluyeron; costos de producción, inversión en activos fijos, comercialización del producto, infraestructura y litros de leche producidos por vaca y hato y; 2) datos sobre satisfacción y calidad de vida que incluyeron; calidad de la vivienda, esparcimiento y satisfacción con los ingresos y vida familiar. La información de campo se complementó con un seguimiento de indicadores económicos y sociales mediante visitas a las unidades de producción cada dos semanas durante un año.

Cálculo de los costos de producción

El costo de producción por litro de leche se determinó adaptando la metodología general de costos de producción a la producción de leche en pequeña referenciada en el trabajo de Posadas-Domínguez et al. (2014). El método utilizado comprende la estimación del costo por litro de leche incluyendo el total de variables que intervienen en el proceso de producción, la expresión matemática utilizada es: $CPT=CF + CV$, donde, CPT=costo de producción total, CF=costos fijos y CV=costos variables. Los costos fijos se determinaron por reevaluación

económica y se depreciaron de acuerdo a lo establecido en el artículo 34 de la Ley de Impuestos Sobre la Renta (L.I.S.R., 2016).

La adaptación del método consiste en dos ajustes; 1) la omisión de la contabilidad del costo de oportunidad en mano de obra familiar, por considerarse este rubro un recurso humano que no percibe un ingreso por el tiempo que dedica a las actividades de la granja y; 2) la contabilidad de la producción propia de insumos evaluada a precios reales de producción y no a precios reales de mercado. En el cálculo de costos se consideró una lactancia ajustada de 305 días y un promedio de producción anual de 4,118 litros de leche para el E₁, 3,586 litros para el E₂, 3,892 litros para el E₃ y 4,168 para el E₄. El ingreso por litro de leche se obtuvo con la suma aritmética del ingreso por venta de leche, venta de becerros y el valor de rescate de las vacas de desecho.

Satisfacción con la calidad de vida

La satisfacción con la calidad de vida se evaluó empleando la metodología propuesta por Lloyd et al. (2007), la cual considera una escala de medición en variables o ítems como; calidad de vida, satisfacción con el nivel de vida, satisfacción con aspectos relacionados entre la granja y la vida familiar y la satisfacción con los ingresos. Los ítems se evalúan con una escala de 1 a 5 donde 1; se considera el valor más bajo y 5; el valor más alto. Adicionalmente en este trabajo, la puntuación de los ítems se llevó a cabo por el método simple, el cual consiste en sumar las respuestas acertadas y promediarlas para generar un solo indicador compuesto denominado satisfacción. El indicador compuesto de satisfacción se analizó con un análisis estadístico de regresión y correlación parcial con la estructura económica de las UFPL evaluadas, las variables incluidas en el análisis estadístico fueron estandarizadas de acuerdo a la puntuación obtenida en el método simple, y validadas a un $P < 0.005$. El análisis de regresión y correlación se realizó con el programa SAS®.

Resultados y discusión

Las UFPL evaluadas fueron rentables en distintas proporciones beneficiando principalmente a la escala de productores del E₃ y E₄ por su mayor tamaño de hato y eficiencia productiva (Cuadro 2). Resultados similares fueron reportados por Álvarez et al. (2004) en el Valle de Texcoco y Espinoza-Ortega et al. (2007), en el Altiplano Mexiquense, quienes indican que los sistemas de producción de leche en pequeña escala son rentables con tres a 30 vacas en producción, resaltando que a medida que la escala de producción crece la rentabilidad incrementa proporcionalmente.

Cuadro 2. Desagregación de costos de producción y rentabilidad.

Concepto	E1		E2		E3		E4	
	\$/L	%	\$/L	%	\$/L	%	\$/L	%
Costos variables								
Alimento producido	3.04	74.67	3.40	74.94	2.83	72.20	2.81	73.53
Alimento comprado	0.39	9.58	0.34	7.53	0.43	10.99	0.44	11.45
Medicamentos	0.15	3.76	0.17	3.85	0.10	2.49	0.11	2.90
Combustibles	0.03	0.75	0.09	1.91	0.06	1.47	0.05	1.33
Servicio reproductivo	0.04	1.09	0.04	0.99	0.06	1.58	0.03	0.81
Mano de obra familiar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mano de obra contratada	0.02	0.43	0.01	0.21	0.01	0.28	0.05	1.40
Electricidad	0.07	1.82	0.08	1.83	0.07	1.80	0.05	1.30
Cuota de agua	0.04	1.07	0.02	0.40	0.09	2.19	0.01	0.28
Tierra (predial)	0.01	0.25	0.01	0.13	0.01	0.29	0.01	0.20
Total	3.81	93.22	4.17	91.79	3.66	93.30	3.56	93.19
Costos fijos								
Depreciación de productoras	0.19	4.78	0.25	5.45	0.18	4.66	0.19	4.97
Depreciación de construcciones	0.07	1.80	0.13	2.76	0.08	2.04	0.07	1.83
Total	0.27	6.58	0.37	8.22	0.26	6.70	0.26	6.80
Costo por litro	4.07	100.00	4.54	100.00	3.92	100.00	3.82	100.00
Precio	5.48	-	5.85	-	5.78	-	5.70	-
Otros ingresos (venta de becerros)	0.20	-	0.25	-	0.19	-	0.19	-
Rentabilidad (\$/L)	1.61	-	1.56	-	2.05	-	2.07	-

Posadas-Domínguez et al. (2014) y Posadas-Domínguez et al. (2016) coinciden con estos resultados al indicar que el tamaño de hato es una estrategia que utilizan los productores para incrementar su rentabilidad, en este trabajo se observó que el tamaño de hato y productividad fueron dos variables que pueden explicar la mayor rentabilidad obtenida por los productores del E₃ y E₄.

Por rubros contables del costo total de producción, la alimentación representó el 84% (88% autoabastecimiento y 12% comprado), sin observarse diferencias entre estratos (Cuadro 2). Este hecho resalta la dependencia que tienen los productores del autoabastecimiento de forrajes y la independencia en la compra de insumos alimenticios, como consecuencia sus costos de producción disminuyeron y el margen de rentabilidad por litro de leche aumentó.

Tobia et al. (2004) y Alfonso-Ávila et al. (2012) reportaron resultados similares al indicar que la alimentación basada en el cultivo de praderas y forrajes mantiene la independencia en la compra de insumos y favorece el aumento de ingresos por litro de leche. Yilmaz et al. (2016) coincide con esta postura al mencionar que el cultivo de forrajes reduce el costo de producción por litro de leche y es una estrategia que puede utilizarse para la expansión y permanencia del sistema de producción lechero. En este trabajo se encontró que cultivar los insumos alimenticios significó una importante estrategia para reducir costos de producción y por tanto un elemento que permite la permanencia de las cuatro escalas de productores evaluadas.

El aporte socioeconómico al emplear mano de obra familiar se reflejó principalmente en la escala de productores más pequeña (E_1 y E_2) con reducciones en los costos de producción por litro de leche, en contraste cuando la escala de producción aumentó las necesidades de mano de obra fueron cubiertas contratando mano de obra asalariada incrementando el costo por litro de leche (Cuadro 2). Ndambi et al. (2008) y Alqaisi et al. (2014) reportaron resultados similares al concluir que a medida que el tamaño de hato aumenta, el aporte económico y financiero que brinda el empleo de mano de obra familiar disminuye.

La utilidad por litro de leche fue de \$1.61, \$1.56, \$2.05 y \$2.07 para los productores del $E_{1,2,3}$ y E_4 , respectivamente, con una diferencia promedio de utilidad entre estratos de \$0.50 M.N. y se explica por la mayor productividad y tamaño de hato, observándose que a medida que la escala de producción crece también lo hace el nivel de ingresos (Cuadro 2), resultados similares a los reportados por Espinoza-Ortega et al. (2005), quienes concluyen que el tamaño de hato es un factor determinante para obtener mayor rentabilidad en sistemas lecheros del Altiplano mexicano. Posadas-Domínguez et al. (2014) concuerda con esta postura al observar que el tamaño de hato y productividad fueron factores que determinaron mayor rentabilidad en sistemas lecheros en Texcoco, Estado de México. En este trabajo, la escala de producción determinó diferencias significativas en el nivel de ingresos mensuales con \$15,990 y \$22,991 para los productores del E_3 y E_4 respectivamente, comparado con los \$3,338 y \$6,065, respectivamente para los productores del E_1 y E_2 .

Satisfacción con la calidad de vida

El ingreso por litro de leche se correlacionó positivamente con la satisfacción con la calidad de vida de las cuatro escalas de productores evaluadas ($P < 0.005$) (Figura 1.). Kauppinen et al. (2013) concluyen que los aspectos como calidad de la vivienda y parámetros de manejo se correlacionaron positivamente con la satisfacción laboral ($P < 0.001$). Tremetsberger y Winckler (2015) mencionan que la satisfacción laboral es un factor motivador para continuar con la actividad lechera, en este mismo sentido en este trabajo se encontró que el 87.23% de la satisfacción laboral fue explicada por la rentabilidad, comportamiento que indica altas

probabilidades de permanencia al tener ingresos monetarios que permiten satisfacer necesidades familiares tales como; alimento, calzado, educación y esparcimiento, teniendo como resultado que los potenciales sucesores estén incentivados para continuar con la actividad lechera de pequeña escala en la región de estudio.

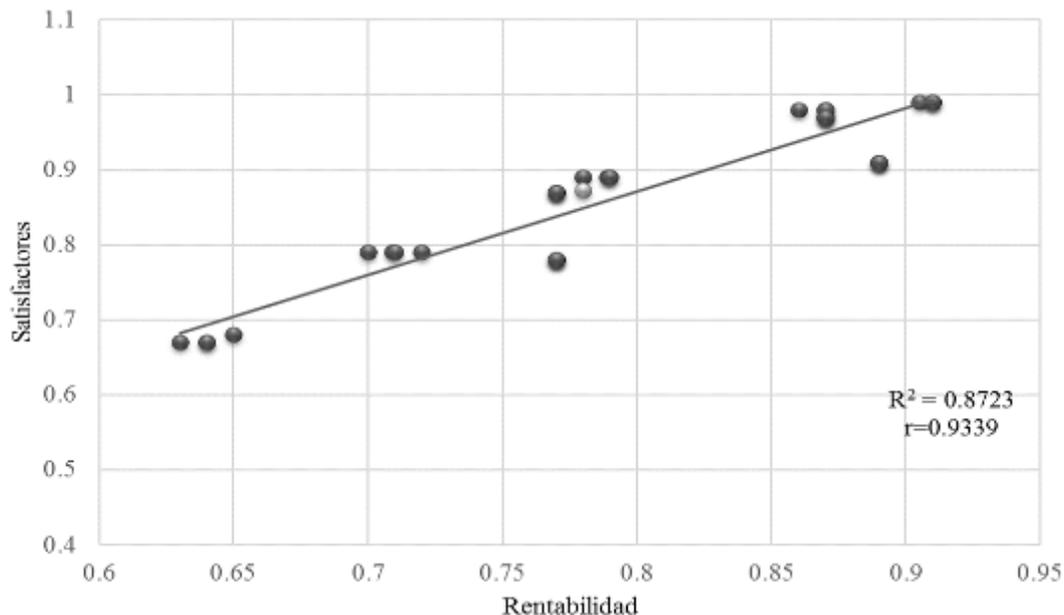


Figura 1. Asociación de la rentabilidad y la satisfacción derivada de las unidades familiares de producción lechera de pequeña escala.

Conclusiones

Las UFPL del Valle de Tulancingo, México emplearon estrategias productivas de acuerdo al tamaño de granja, condiciones productivas y aprovechamiento de recursos locales. Los productores del E₃ y E₄ fueron los más rentables, condición que obtuvieron por la ventaja natural de un mayor tamaño de hato y productividad mientras que los productores del E₁ y E₂ aprovecharon eficientemente el recurso mano de obra familiar, reutilización de desechos y cultivos de forrajes para disminuir costos de producción y aumentar su rentabilidad. El análisis estadístico de correlación parcial indicó que el 93.39% de la satisfacción de los dueños de las granjas fue explicado por el nivel de rentabilidad, situación que puede incentivar a los potenciales sucesores para continuar con la actividad. Los resultados de esta investigación no pueden generalizarse a sistemas de producción del país, sin embargo, son relevantes al sentar las bases en la evaluación de indicadores económicos y su relación con la satisfacción y calidad de vida de sistemas lecheros de pequeña escala.

Literatura citada

- Alfonso-Avila, A. R., Wattiaux, M. A., Espinoza-Ortega, A., Sanchez-Vera, E., y Arriaga-Jordan, C. M. 2012. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Trop Anim Health Pro* 44(3):637-644.
- Alqaisi, O., Hemme, T., Latacz-Lohmann, U., Susenbeth, A., 2014. Evaluation of food industry by-products as feed in semi-arid dairy farming systems: the case of Jordan. *Sustain Sci* 9:361-377.
- Álvarez Fuentes, G., Herrera Haro, J. G., Barcena Gama, R., Martínez Castañeda, F. E., Hernández, Garay, A., y Pérez Pérez, J. 2004. Calidad de la alimentación y rentabilidad de granjas lecheras familiares del sur del valle de México. *Archivos de Zootecnia* 53:103-106.
- Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C. y Bueno, J., 2015. Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers' satisfaction. *Ital J Anim Sci* 14:207-219.
- Cortez-Arriola, J., Groot, J. C. J., Rossing, W. A. H., Scholberg, J. M. S., Massiotti, R. D. A., y Tiftonell, P. 2016. Alternative options for sustainable intensification of smallholder dairy farms in North-West Michoacan, Mexico. *Agr Syst* 144:22-32.
- Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macías, A., Del Valle, M.d.C., Chauvete, M., 2005. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México* 43:39-56.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-Lopez, J., Castaneda-Martinez, T., y Arriaga-Jordan, C. M. 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Exp Agr* 43(2):241-256.
- Kauppinen, T., Valros, A. y Vesala, K.M., 2013. Attitudes of Dairy Farmers toward Cow Welfare in Relation to Housing, Management and Productivity. *Anthrozoos* 26:405-420.
- LISR (Ley del Impuesto Sobre la Renta). 2016. Porcientos máximos para depreciación de activos fijos. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf. [consultado el 03 de junio de 2017].
- Lloyd, S., Bell, M., Kriegl, T., y Stevenson, S. 2007. Milking more than profit: Life satisfaction on Wisconsin dairy farms. Wisconsin, USA: <https://www.cias.wisc.edu/milking-more-than-profit-life-satisfaction> [consultado el 01 de octubre de 2017].

- Ndambi, O.A., Garcia, O., Balikowa, D., Kiconco, D., Hemme, T., Latacz-Lohmann, U., 2008. Milk production systems in Central Uganda: a farm economic analysis. *Trop Anim Health Pro* 40:269-279.
- Ortiz, V.E.E., Herrejon, G.R. y Hernandez, L.A.G., 2008. Marketing channels and margins of raw milk produced in a family system (case study). *Veterinaria Mexico* 39:1-16.
- Posadas-Domínguez, R.R., Arriaga-Jordán, C.M., Martínez-Castañeda, F.E., 2014. Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Trop Anim Health Pro* 46:235-240.
- Posadas-Domínguez, R.R., Callejas-Juárez, N., Arriaga-Jordán, C.M., Martínez-Castañeda, F.E., 2016. Economic and financial viability of small-scale dairy systems in central Mexico: economic scenario 2010-2018. *Trop Anim Health Pro* 48:1667-1671.
- Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B., 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop Anim Health Pro* 47:1187-1194.
- Schalock, R. L., Bonham, G. S., y Marchand, C. B. 2000. Consumer based quality of life assessment: a path model of perceived satisfaction. *Eval Program Plann* 23(1):77-87.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Indicadores básicos del sector agroalimentario y pesquero. <http://www.gob.mx/siap/> [consultado el 2 de mayo de 2017].
- SIAMI. Sistema de información arancelaria vía internet. 2017. <http://www.siicex-caaarem.org.mx/bases/tigie2007.nsf/4caa80bd19d9258006256b050078593c/f1ae732fb94c8fa7862573020072a4ac?OpenDocument> [consultado el 3 de junio de 2017].
- SMN-CNA. 2017. Servicio Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua. www.smn.cna.gob.mx/es/ [consultado el 2 de mayo de 2017].
- Sukhatme, P. V., y Sukhatme, D. V. 1979. *Sampling theory of surveys with application*. Iowa: State University Press.
- Tobia, C., Rojas, A., Villalobos, E., Soto, H., y Uribe, L. 2004. Sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(2):27-35.
- Tremetsberger, L. y Winckler, C., 2015. Effectiveness of animal health and welfare planning in dairy herds: a review. *Anim Welfare* 24:55-67.
- Yilmaz, H., Gul, M., Akkoyun, S., Parlakay, O., Bilgili, M. E., Vurarak, Y., Kilicalp, N. 2016. Economic analysis of dairy cattle farms in east Mediterranean region of Turkey. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science* 45(7):409-416.

MÉTODO CONTABLE Y DE PRESUPUESTOS POR ACTIVIDAD PARA COSTOS DE PRODUCCIÓN Y OPORTUNIDAD EN SISTEMAS LECHEROS

Javier Pérez-Rodríguez³⁷⁹, Oscar Enrique del Razo-Rodríguez³⁷⁹, Rodolfo Rogelio Posadas-Domínguez³⁸⁰, Verónica Espinosa-Muñoz³⁷⁹, Isaac Almaráz-Buendía³⁷⁹ y Jesús Armando Salinas-Martínez^{379*}

Resumen

La intensificación de la competencia en el mundo actual exige una comprensión adecuada en las estrategias que utilizan los productores de pequeña escala para seguir dentro del mercado, para tal efecto se utilizaron dos métodos contables para evaluar que método es más robusto para estimar el costo de producción y costo de oportunidad en sistemas lecheros de pequeña escala; 1) el método de contabilidad estándar (MCE) o fórmula general de costos, el cual determinó el costo de producción por litro de leche al simular la compra de alimento en el mercado regional y contabilizar el costo de oportunidad en el pago de MOF y; 2) presupuestos parciales o por actividad (PA), método que determinó el costo de producción por litro de leche al contabilizar el costo de producción que tienen los productores al cultivar su propio alimento y sin contabilizar el costo de oportunidad de la MOF y los costos fijos. Se evaluaron 28 granjas de producción seleccionadas a partir de un muestreo por intensidad. Los resultados encontrados en este estudio demuestran que el método PA subestima el costo de producción por litro de leche, en tanto que el método MCE lo sobrestima, por tanto, adaptar cualquiera de los dos métodos para la estimación de costos de producción de las unidades familiares de producción de leche (UFPL) de pequeña escala, significaría un aporte importante en el área de contabilidad agropecuaria. Cabe resaltar que estructura contable del método MCE resultó más fácil de adaptar a las necesidades del sistema de producción lechera de pequeña escala evaluado.

Palabras clave: estrategias productivas, contabilidad estándar, producción, costo, productores

³⁷⁹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. *jesus_salinas11154@uaeh.edu.mx

³⁸⁰ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Escuela Superior de Zimapan.

Introducción

En México las unidades familiares de producción de leche (UFPL) de pequeña escala tienen una posición estratégica para hacer frente a los problemas de alimentación y pobreza (SAGARPA-FAO, 2012), este subsistema se distingue por ser uno de los más dinámicos y flexibles en el medio rural y por su capacidad para generar alimento, empleo e ingresos para satisfacer el sustento de las familias (Posadas-Domínguez et al., 2014a), aprovechando las ventajas comparativas que tiene México en mano de obra familiar y producción propia de insumos para incrementar rentabilidad y competitividad (Albarrán-Portillo et al., 2015 y Salas-Reyes et al., 2015).

En la región de estudio que es el Valle de Tulancingo, Hidalgo, la producción de leche en pequeña escala es una actividad económica importante que se caracteriza por tener estrategias bien definidas como el empleo de mano de obra familiar (MOF) y producción propia de insumos. Como resultado de estas estrategias los productores han logrado disminuir sus costos de producción y aumentar su rentabilidad.

Diversas investigaciones encuentran similitud con este planteamiento al describir que los sistemas lecheros de pequeña escala en México centran sus fortalezas en el aprovechamiento de ventajas comparativas como MOF y producción propia de insumos (Posadas-Domínguez et al., 2014a; Espinoza-Ortega et al., 2007 y Albarrán-Portillo et al., 2015), condición que les ha permitido desplazar su curva de costos a niveles más competitivos logrando con ello mayor rentabilidad y competitividad (Salas-Reyes et al., 2015).

El análisis de costos de producción y de rentabilidad de sistemas lecheros de pequeña escala en México carece de evidencia empírica de un modelo contable sólido formalmente establecido y reconocido por algún organismo de contabilidad. Hay diversos esfuerzos y se tienen avances en la aplicación de métodos de valoración contable con modelos presupuestos parciales o por actividad (PA) (Alfonso-Ávila et al., 2011; Anaya-Ortega et al., 2009). Sin embargo, Posadas-Domínguez et al. (2014a) y (2014b), sostiene que el método de PA no refleja en su totalidad el comportamiento contable y económico de las UFPL de pequeña escala y en consecuencia es un método que puede subestimar el costo producción en comparación con el método de contabilidad estándar (MCE) que ofrece mayor robustez.

Wiggins et al. (2001) consideran que el método de PA, es una herramienta simple y flexible al mencionar que evita la complejidad del cálculo en los costos de producción. Sin embargo, la naturaleza de las UFPL de pequeña escala conlleva a una valoración difícil desde el punto de vista contable, porque el sistema de producción tiene diferentes eventos económicos que afectan la estimación de su costo de producción como la depreciación de activos tangibles, de productoras y los costos de oportunidad en rubros contables que no son incluidos por el método de PA y que con la adopción del método MCE se puede contrarrestar esta limitante.

Lo anterior, conlleva a que las investigaciones empíricas en el marco de contabilidad agrícola aplicada a las UFPL de pequeña escala en México no tengan una guía clara para la valoración contable de su actividad, lo cual implica que en la práctica se estén aplicando diferentes criterios, que confunden al usuario de la información y crean incertidumbre en el desarrollo de los negocios, con lo cual la contabilidad pierde su papel de fuente de información fiable.

En este contexto, la presente investigación pretende aportar evidencia para demostrar cuál de los métodos contables, el MCE o el PA, proporcionan el mejor método de estimación del costo de producción y de oportunidad en UFPL de pequeña escala del Valle de Tulancingo Hidalgo.

Material y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el Valle de Tulancingo, Hidalgo en los poblados lecheros de Cebolletas, Huapalcalco y la Palma. Sus coordenadas son 20° de latitud norte y 98° de longitud Oeste, altitud de 2,180 m y precipitación anual de 500 a 553 mm; el clima es templado y la temperatura media es de 16°C con estación lluviosa entre mayo y octubre (INEGI, 2017).

Descripción general de unidades familiares de producción lechera

El estudio se enfocó en UFPL de pequeña escala, sistema de producción predominante en la región de estudio, las cuales cuentan con un promedio de nueve hectáreas para cultivo de forrajes y cereales, con hatos que tienen de tres a 40 vacas en producción -los cuales son manejados principalmente por MOF-, con la actividad lechera como principal fuente de ingresos. En la valoración de los costos de producción se consideró una lactancia ajustada de 305 días y un promedio de producción anual de 3,948 L de leche por vaca.

Obtención de información

La información de campo se obtuvo de una encuesta dirigida (Cochran, 1984) a 82 UFPL de pequeña escala inscritas en la Dirección General de Fomento Lechero de Tulancingo, México. La selección de los productores se realizó con base en su disposición para proporcionar información sobre sus costos de producción, datos productivos, reproductivos, ingresos, manejo técnico e infraestructura.

La información se complementó con un monitoreo de indicadores productivos durante febrero de 2016 a abril de 2017 y se realizaron visitas periódicas con intervalos de dos semanas a cada UFPL.

Determinación de costos de producción

La estimación del costo de producción y costo de oportunidad se realizó utilizando dos métodos; 1) el método MCE o fórmula general de costos, el cual determinó el costo de producción por litro de leche al simular la compra de alimento en el mercado regional y al contabilizar el costo de oportunidad en el pago de MOF y; 2) presupuestos parciales o por actividad, método que determinó el costo de producción por litro de leche al contabilizar el costo de producción que tienen los productores al producir su propio alimento, sin contabilizar el costo de oportunidad de la MOF y los costos fijos (Posadas-Domínguez et al., 2016; Albarrán-Portillo et al., 2015). Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

$$CP \text{ por MCE} = \sum_{i=0}^n CV_t + CF_t$$

Donde CV_j , es la sumatoria del costo variable de producción del año t , CF_j , es la sumatoria del costo fijo del año t .

Los costos fijos se determinaron por reevaluación económica y se depreciaron de acuerdo a lo establecido por la Ley de Impuestos sobre la Renta artículo 34.

$$CP \text{ por PA} = \sum_{i=0}^n CV_t$$

Donde CV_j , es la sumatoria del costo variable de producción del año t .

Resultados y discusión

El costo de producción de un litro de leche fue de \$4.73 cuando se utilizó el método MCE, las estrategias utilizadas por los productores en producción propia de insumos y empleo de MOF, así como la estructura contable del método PA, que omite la contabilidad de los costos fijos, disminuyeron el costo por litro de leche en \$0.66 (Tabla 1).

Tabla 1. Desagregación de los costos de producción por litro de leche (\$/litro).

Concepto	Método MCE	Método PA
Costos variables		
Alimento producido	3.40	3.02
Alimento comprado	0.40	0.40
Medicamentos	0.13	0.13
Combustibles	0.06	0.06
Servicio reproductivo	0.05	0.05
Mano de obra familiar	0.22	0.00
Mano de obra contratada	0.02	0.02
Electricidad	0.07	0.07
Cuota de agua	0.04	0.04
Tierra (predial)	0.01	0.01
Total costos variables	4.44	4.07
Costos fijos		
Depreciación de productoras	0.20	0.00
Depreciación de construcciones	0.09	0.00
Total costos fijos	0.29	0.00
Costo total por litro de leche	4.73	4.07
Precio por litro de leche	5.70	5.70
Otros ingresos (venta de becerros)	0.21	0.21
Ganancias netas	1.18	1.84

Por rubros contables la alimentación en el método MCE representó el 77% de los costos totales por litro de leche, mientras que en el método PA sólo representó el 68% del costo total de producción, consecuencia de la estrategia utilizada por los productores en la producción propia de alimento. Martínez-García et al. (2015) encontraron que una menor dependencia en la compra de alimento disminuyó el costo total de producción, en este estudio se reportan resultados similares observándose una reducción de costo por litro de leche cuando los productores producen su propio alimento.

Posadas-Domínguez et al. (2016), simuló un escenario donde se compró el 100% de la demanda de alimento encontrando que bajo estas características los ingresos netos serían negativos, en este estudio se encontró que al simular la compra de alimento evaluada por el

método MCE el costo de producción aumentó en 9% con respecto al costo obtenido por el método PA, pero no se encontraron beneficios negativos.

La MOF en el método MCE fue el segundo rubro con el mayor costo de producción por litro de leche, en tanto que el método PA al no contabilizar el costo de oportunidad de la MOF, significó un ahorro para los productores de \$0.22 por litro de leche (Tabla 1).

La depreciación de productoras incluidas en los costos fijos fue el tercer rubro con el mayor costo de producción por litro de leche al absorber el 4.5% del costo total en el método MCE, en tanto que la estimación de costo por el método PA no contabilizó la estimación de costos fijos.

Las estrategias utilizadas por los productores en MOF y producción propia de insumos, así como la omisión de la contabilidad de costos fijos evaluadas por el método PA incrementaron las ganancias netas por litro de leche en \$0.29.

Salas-Reyes et al. (2015) reportaron que al incluir el costo de oportunidad de la MOF, el costo total de producción por litro de leche aumentó 44%, resultados distantes a los encontrados en este estudio ya que contabilizar el costo de oportunidad de la MOF evaluada en el método MCE significó solo un aumento de costo por litro de leche del 5%.

La estimación de los costos fijos en el método MCE significó un aumento en el costo por litro de leche de \$0.29 con respecto al costo de producción obtenido por el método PA. Sin embargo, la omisión en la contabilidad de costos fijos en el cómputo final de los costos totales de producción es determinante si no se quiere subestimar el costo de las UFPL de pequeña escala, Magaña y Morales (2011) reportan resultados similares al indicar que de no contabilizar el costo fijo de producción su efecto se dará en la reposición de los activos y su repercusión en la falta de liquidez del sistema evaluado.

Conjuntamente las estrategias empleadas por las UFPL de pequeña escala en producción propia de insumos y empleo de MOF, así como la omisión en la contabilidad de los costos fijos evaluados en el método PA incrementaron los beneficios netos por litro de leche en 0.66 pesos. Sin embargo, el método PA al no incluir la estimación de costos fijos representa un método con un sesgo importante para valorar el beneficio neto de la producción lechera de pequeña escala, mientras que el método MCE al considerar el costo de oportunidad de todos los factores de producción sobrestima la realidad y las principales estrategias que utilizan las UFPL de pequeña escala como la producción propia de insumos y empleo de MOF.

Conclusiones

La estimación de costos de producción en la actividad lechera de pequeña escala representa la base para análisis más complejos como la rentabilidad, competitividad y viabilidad

económica, por tanto, encontrar un método que permita ajustarse a la realidad de los sistemas lecheros de pequeña escala representa un reto. Los resultados encontrados en este estudio demuestran que el método PA subestima el costo de producción por litro de leche, en tanto que el método MCE lo sobrestima, por tanto, adaptar cualquiera de los dos métodos para la estimación de costos de producción de las UFPL de pequeña escala significaría un aporte importante en el área de la contabilidad agropecuaria. La estructura contable del método MCE resultó más fácil de adaptar a las necesidades del sistema evaluado, por tanto, podría este método ser una buena opción para determinar los costos de producción y de oportunidad.

Literatura citada

Albarrán-Portillo, B., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Rojo-Rubio, R., Avilés-Nova, F., Arriaga-Jordán, C.M., 2015. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop Anim Health Pro* 47:519-523.

Alfonso-Ávila, A.R., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M., 2011. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the Highlands of Mexico. *Trop Anim Health Pro* 3:637-644.

Anaya-Ortega, J. P., Garduño-Castro, G., Espinoza-Ortega, A., Rojo-Rubio, R., and Arriaga-Jordán, C. M., 2009. Silage from maize (*Z. mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico. *Trop Anim Health Pro* 41:607–616.

Cochran, W. G. 1984. *Técnicas de Muestreo*. Ed. C. E. C. S. A. México, D. F.

Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of Central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Exp Agr* 43:241-256.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2017. Registro de nombres geográficos. <http://www.inegi.org.mx/>. [consultado el 01 de mayo de 2017].

Magaña, M.M.A., y Morales., C.E.L. 2011. Costos y rentabilidad del proceso de producción apícola en México. *Contaduría y Administración* 235:99-119.

Martinez-Garcia, C. G., Rayas-Amor, A. A., Anaya-Ortega, J. P., Martinez-Castaneda, F. E., Espinoza-Ortega, A., Prospero-Bernal, F. et al. 2015. Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Trop Anim Health Pro* 47(2):331-337.

Posadas-Domínguez, R.R., Arriaga-Jordán, C.M., Martínez-Castañeda, F.E., 2014a. Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Trop Anim Health Pro* 46:235-240.

Posadas-Domínguez, R.R., Salinas-Martínez, J.A., Callejas-Juárez, N., Álvarez-Fuentes, G., Herrera-Haro, J., Arriaga-Jordán, C.M. et al. 2014b. Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000– 2012. *Contaduría y Administración* 59:253-275.

Posadas-Domínguez, R.R., Callejas-Juárez, N., Arriaga-Jordán, C.M., Martínez-Castañeda, F.E., 2016. Economic and financial viability of small-scale dairy systems in central Mexico: economic scenario 2010-2018. *Trop Anim Health Pro* 48:1667-1671.

SAGARPA-FAO, 2012. Agricultura familiar con potencial productivo en México. http://www.Sagarpa.gob.mx/programas2evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar_Final.pdf. [consultado el 04 de mayo de 2017].

Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B., 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop Anim Health Pro* 47:1187-1194.

Wiggins, S., Rascón, R.T., Ramírez, G.M., Ramírez, G.R., Ramírez, V.F.J., Ortiz, O.G., et al. 2001. Costos y retornos de la producción de leche en pequeña escala en la Zona Central de México. *La lechería como empresa. Serie Cuadernos de Investigación. Cuarta Época* 19. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México. p. 20-33.

ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE JESÚS CARRANZA A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Néstor Manuel Montiel Hernández³⁸¹, Mario Adrian López Ortiz³⁸¹, Rodolfo Campos Tenorio³⁸¹ e Hirvin Gorospe Zetina³⁸¹

Resumen

Todos los mapas geográficos temáticos fueron elaborados con el software ArcGIS versión 9.3 con los temas de coordenadas (UTM) geográficas de distintas fuentes disponibles en el geoportal del Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad de CONABIO desde 2012. Los mapas procesados son: orografía, hidrografía, hidrogeología, edafología, climatología, vegetación y uso de suelo, distribución de la población, desarrollo social y economía, índice de desarrollo humano, alfabetismo y analfabetismo, nivel educativo, población económicamente activa, tipología municipal y servicios básicos en viviendas, servicios de salud, actividades económicas, población ocupada en actividades económicas, valor de la producción total agrícola, valor de la producción total pecuaria, riesgos y riesgos por inundaciones. A excepción del mapa de situación geográfica que tiene un escala 1:3'500,000, todos se encuentran bajo una escala de 1:400,000. En cada uno se le calculó la superficie en hectáreas.

Palabras clave: ArcGIS, topografía y orografía

Introducción

Los mapas geográficos temáticos son un recurso importante para comprender de manera concisa, general y rápida diferentes aspectos de una región determinada, pueden abarcar desde aspectos sobre el medio físico, los recursos naturales, la economía, el desarrollo social, la población, la infraestructura, etc. El diagnóstico sobre aspectos importantes de un municipio es básico para llevar un correcto control y desarrollo de éste. En el caso del municipio de Jesús Carranza se encontró que la información proporcionada en su Plan de Desarrollo Municipal, mostraba información en su mayoría sin tener algún material de apoyo

³⁸¹ Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza

gráfico. Además de contener apartados muy limitados e información no lo suficientemente organizada para facilitar la comprensión de este documento por el resto de la población del municipio. De seguir así se volverá a repetir la información sin darle un formato adecuado y sin complementarlo con información o material de apoyo que amplifique el diagnóstico municipal para que pueda ser competente. En el presente proyecto se hace una propuesta de reestructuración de gran parte del Capítulo II del Plan de Desarrollo Municipal, vigente para el municipio de Jesús Carranza. A partir de mapas geográficos temáticos se puede realizar un diagnóstico oportuno.

Materiales y métodos

Se plantea la reestructuración del Capítulo II del Plan de Desarrollo Municipal correspondiente al municipio de Jesús Carranza en el estado de Veracruz para el periodo 2014-2017. Ésta se basa en el uso de mapas que ayuden a comprender la información que se menciona en el documento, la reestructuración abarca del punto 2.2 al 2.9. Todos los mapas geográficos temáticos fueron elaborados con el software ArcGIS versión 9.3 con los temas de coordenadas geográficas de distintas fuentes disponibles en el geoportal del Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad de CONABIO desde 2012. A excepción del mapa de Situación Geográfica que tiene una escala 1:3'500,000, todos se encuentran bajo una escala de 1:400,000.

Resultados y discusión

En las figuras siguientes se muestran los mapas: 1, vegetación y uso del suelo; 2, valor de la producción pecuaria total de Jesús Carranza y 3, población ocupada de acuerdo a las actividades económicas que realiza.

La Figura 2 corresponde al valor de la producción pecuaria total de Jesús Carranza.

En la Figura 3 se muestran los datos de la población ocupada de acuerdo a las actividades económicas que realiza.



Figura 1. Mapa de vegetación y uso de suelo.

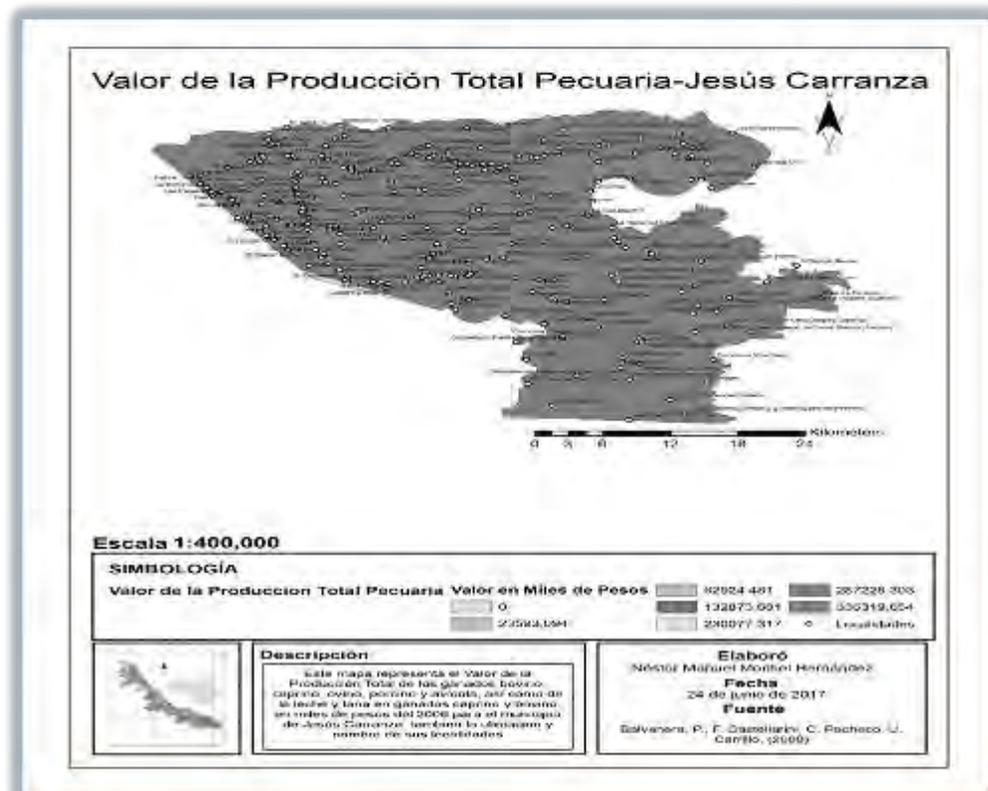


Figura 2. Valor de la producción pecuaria total de Jesús Carranza.

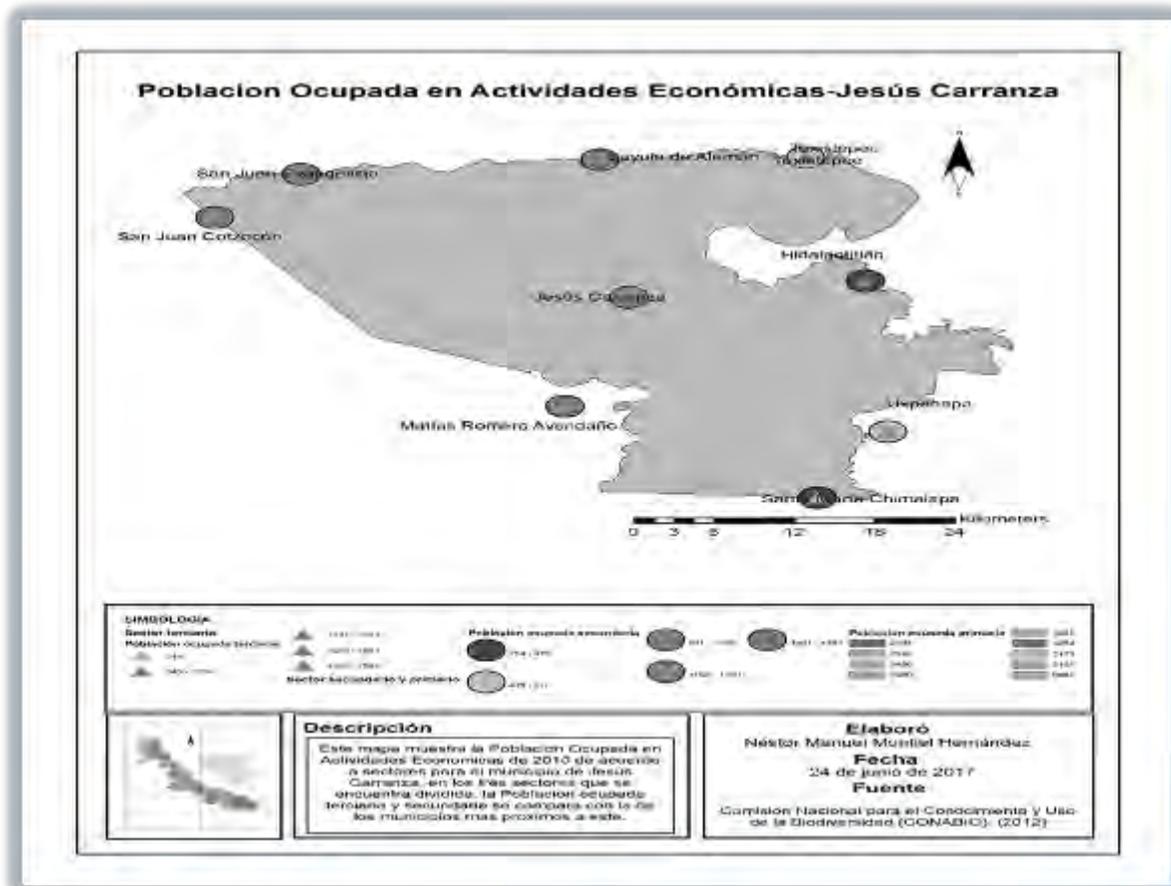


Figura 3. Población ocupada en actividades económicas.

Conclusiones

La restructuración con mapas geográficos temáticos para el diagnóstico municipal de Jesús Carranza, permite que se contemplen de manera clara y breve aspectos que antes no se tomaban en cuenta porque eran confusos. La comprensión dinámica de estos aspectos del diagnóstico, ayudan a plantear una mejora en la toma de algunas decisiones sobre los aspectos importantes del desarrollo territorial para el municipio de Jesús Carranza, Veracruz.

Literatura citada

CONABIO. 2012. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. www.conabio.gob.mx (consultado el 10 de octubre de 2013).

HUERTOS ESCOLARES: SU CONTRIBUCIÓN POTENCIAL A LA NUTRICIÓN DE LA POBLACIÓN ESCOLAR

Álvarez Ávila María del Carmen³⁸² y María Herlinda López Armas³⁸³

Resumen

En México, sobre todo en las áreas rurales se tienen graves problemas de malnutrición (desnutrición y obesidad), ésta en la infancia es la responsable de generar problemas serios de salud. Es por ello de suma importancia diseñar y operar programas de educación no formal, para padres, maestros y escolares sobre temas como: importancia de la nutrición humana, necesidades nutricias de acuerdo a edad y sexo; origen y aporte nutricional de los alimentos que consumen y manejo agroecológico. Un equipo interinstitucional e interdisciplinario, se ha dado a la tarea de trabajar en el tema antes citado, en escuelas de comunidades rurales del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. El objetivo planteado es diseñar y operar huertos escolares, que rescaten los conocimientos locales en apoyo a la nutrición de la población infantil. La realización del trabajo comprende las fases: motivación, se visitaron 10 escuelas (profesores, directores y padres de familia) a quienes se les impartieron pláticas sobre la importancia de la alimentación en la etapa escolar; diagnóstico, investigación aplicada, desarrollo comunitario (capacitación e investigación participativa) y evaluación que permite retroalimentar el proceso, permitiendo medir logros y redefinir rumbos. De las 10 escuelas con las que se inició la motivación, en 5 ya se tienen resultados: ubicación y descripción del área de estudio; estado nutricional y de salud de 537 estudiantes; talleres participativos sobre alimentación saludable; conformación de los comités de huertos escolares, con la participación de padres, maestros y educandos. El rescate de los conocimientos de la cultura alimentaria regional y de los cultivos alimentarios ha permitido contribuir a mejorar la calidad nutricional, lo que se ha evidenciado en el diseño de los menús mensuales y en las muestras gastronómicas organizadas.

Palabras clave: educación agroecológica, seguridad alimentaria

³⁸²Profesora Investigadora, Campus Veracruz COLPOS. Veracruz, México.

³⁸³ Regidora Tercera del Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Autora por correspondencia: malvareza@colpos.mx

Introducción

En México, tres de cada 10 niñas y niños habitan en hogares donde existe algún tipo de restricción moderada o severa para acceder a la alimentación requerida, para llevar una vida sana y activa. Esta carencia afecta al 23.3%, de la población en general (Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 2013). De acuerdo a este informe, el 66.5% de la población infantil en situación de pobreza extrema tiene un nivel de inseguridad alimentaria moderada o severa, en la población en pobreza moderada este porcentaje es de la mitad, es decir 33.7%. El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, establece la meta nacional México Incluyente que tiene como objetivo, entre otros: garantizar el ejercicio efectivo de los derechos sociales para toda la población, con la finalidad de asegurar una alimentación y nutrición adecuada de los individuos en condición de extrema pobreza o con carencia alimentaria severa, y con ello lograr un México sin Hambre. La Secretaría de Desarrollo Social ha sido la responsable de elaborar y operar el Programa Nacional México sin Hambre, que plantea los siguientes objetivos: cero hambre a partir de una alimentación y nutrición adecuadas de los mexicanos en extrema pobreza y con carencia alimentaria severa; eliminar la desnutrición infantil aguda y mejorar los indicadores de crecimiento de niños y niñas en la primera infancia; aumentar la producción y el ingreso de los pequeños productores agrícolas; minimizar las pérdidas post-cosecha y de alimentos durante el almacenamiento y transporte, así como en los comercios y promover la participación comunitaria. Además, el PND marca otra meta primordial, México con Educación de Calidad, que propone robustecer el capital humano y formar mujeres y hombres comprometidos con una sociedad más justa y más próspera. Los avances que se reportan, muestran que los postulados mencionados no se han cumplido, las políticas públicas se han dedicado a dar paliativos, más no a resolver los problemas de raíz (CONEVAL, 2015). A pesar de las metas propuestas en el PND, la situación en el país es verdaderamente crítica, esto hace necesario realizar investigaciones participativas, que generen tecnologías adecuadas para mejorar la productividad mediante prácticas agroecológicas, dar valor agregado a la producción y programas de rescate de productos alimenticios regionales. Es por ello que el presente trabajo plantea como objetivo general, diseñar y operar huertos escolares, que rescaten los conocimientos locales en apoyo a la nutrición de la población infantil.

Materiales y métodos

El presente trabajo se ha realizado en cuatro primarias y una telesecundaria, ubicadas en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. En el diseño y operación de los huertos

escolares se han realizado procesos de enseñanza aprendizaje, para concientizar a la comunidad escolar (estudiantes, padres de familia y maestros). Se pretende integrar comunidades autogestivas, que decidan el tipo de alimentación que desean, reconociendo y rescatando sus valores culturales e identificando el valor nutricional de los alimentos que consumen. Se ha procurado el trabajo interinstitucional, interdisciplinario y transdisciplinario, en donde participan estudiantes de la Licenciatura en Nutrición, de la Facultad de Nutrición, Campus Veracruz de la Universidad Veracruzana, las cuales realizan la experiencia educativa en desarrollo comunitario, siendo asesoradas por las autoras de este trabajo. La metodología se basa en el modelo de gestión, propuesto por Álvarez (2012). Las fases en las que se ha trabajado son: motivación, se visitaron 10 escuelas (profesores, directores y padres de familia) a quienes se les impartieron pláticas sobre la importancia de la alimentación en la etapa escolar; diagnóstico, el diagnóstico del área de estudio se realizó consultando fuentes secundarias, Instituto Nacional de la Federación, (INAFED s/f), se determinó la ubicación y caracterización general del área de estudio, diagnósticos nutricionales y de salud de la población escolar; investigación aplicada, generada por el grupo interdisciplinario de facilitadores; desarrollo comunitario (capacitación e investigación participativa) y evaluación que permite retroalimentar el proceso, permitiendo medir logros y redefinir rumbos. La evaluación del estado nutricional en los escolares se ha realizado en base al peso y la talla, tomando como referencia las tablas del índice de masa corporal (IMC) y las tablas de peso para la edad, de niños(as) y adolescentes, comprendiendo las edades de 7-17 años (OMS 2007). En el presente año las escuelas que participan visitaron el Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CAIS), en este lugar es donde un equipo interdisciplinario ha generado investigación aplicada para el manejo integrado de los recursos naturales (Álvarez, et. al., 2015). Esta experiencia ha sido la base para los talleres de capacitación y la investigación participativa, en el diseño y operación de los huertos escolares. La evaluación de los avances se ha realizado de forma colectiva, lo que ha permitido retroalimentar el proceso.

Resultados y discusión

Motivación, desde 2014 se ha contactado con directores y profesores de escuelas del municipio, debido a estas pláticas se ha logrado motivar a 10 escuelas, sin embargo, no ha sido posible dar continuidad a los trabajos realizados debido al cambio de personal docente. La motivación es una fase que se repite, ya que las actividades que se van realizando los invitan a continuar, tal ha sido el caso de la visita al Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes.

Diagnóstico, ubicación y caracterización general del área de estudio, las escuelas que han participado se localizan en el municipio de Paso de Ovejas, éste está ubicado en la parte central del Estado de Veracruz. Con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, los ecosistemas que coexisten son bosque, selva baja caducifolia y vegetación secundaria, los suelos más representativos son cambisol y vertisol, el sistema fluvial lo constituye el Río Atliyac y varios arroyos tributarios. El 65% del territorio municipal se dedica a la agricultura, el 15% son viviendas, el 10% para comercios y el 10% para oficinas y espacios públicos (INAFED, s/f). Los diagnósticos nutricios y de salud se realizaron a 537 estudiantes, y reportan obesidad promedio en 5.8%, 24.8% de sobrepeso, 12.76% de peso bajo y 61.6% no presentan problemas de malnutrición. Los datos se reportan en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Estado nutricional y de salud de los estudiantes de las escuelas participantes.

Comunidad	Escuela	Alumnos número	Malnutrición			Peso normal (%)
			Obesidad (%)	Sobre peso (%)	Peso Bajo (%)	
Bandera de Juárez	Benito Juárez García primaria	91	1	35	3	61
Bandera de Juárez	Benito Juárez García secundaria	60	–	17	20	63
El Hatito	Unión y Progreso	104	5	36	6	53
Plan de Manantial	Úrsulo Galván	91	17	20	7	56
Tierra Colorada	General Miguel Alemán	191	6	16	3	75

Investigación aplicada, en la visita al CAIS al conocer diferentes formas de cultivo, ecotecnologías de autoconstrucción, como: estufas ecológicas, ahumadores rústicos, deshidratadores solares, manejo de diferentes sistemas de riego y en general sistemas de producción agroacuícolas sustentables; los maestros, padres de familia y estudiantes, reconocen la importancia de adaptar y/o adoptar, algunos de estos sistemas en la operación de los huertos escolares. Como reafirmación de lo aprendido se participa en el juego de serpientes y escaleras: Agricultura Familiar y Seguridad Alimentaria, a cada estudiante se le obsequia un cartón con el juego y al jugar se reconocen las causas de la malnutrición o bien los logros de una alimentación saludable, así como los problemas del mal manejo de los recursos y los aciertos de un manejo agroecológico.

Desarrollo comunitario, los resultados de los diagnósticos nutricios evidenciaron la necesidad de realizar talleres participativos (capacitación) sobre alimentación saludable.

Plato del buen comer, éste se conforma por los grupos de alimentos, el aporte de cada uno y las raciones diarias necesarias. En equipos, se construyen platos del buen comer con los alimentos a los que tienen acceso.

Jarra del buen beber, se identifican los diferentes tipos de bebidas y los volúmenes recomendados. Mediante lluvia de ideas, reconocen las bebidas que ingieren y el consumo diario de cada una de ellas y las contrastan con las indicaciones de la jarra del buen beber.

Comida chatarra, se presentan los daños que causa a la salud debido al contenido excesivo de carbohidratos y la falta de proteínas, vitaminas y minerales. Los participantes contrastan estos contenidos con los de los alimentos saludables.

Importancia del desayuno, se analiza la importancia del desayuno completo ya que éste proporciona un mayor rendimiento físico e intelectual, previene deficiencias en el organismo, así como el no desayunar causa alteraciones metabólicas. Es común que los educandos no desayunen antes de iniciar sus actividades escolares, se ha generado la costumbre de ingerirlo a la hora del recreo, después de las 10 de la mañana, lo que implica un ayuno de más de 12 horas, que repercute en su rendimiento escolar. Los participantes diseñan un desayuno, con productos de la región, en el que incluyen raciones apropiadas de los grupos de alimentos.

Después de la visita al CAIS se conformaron los comités para el diseño y operación de los huertos escolares, éstos quedaron integrados por estudiantes en colaboración con padres y madres de familia. En esta etapa se está iniciando con la siembra en diferentes sistemas de cultivo, en bardas, en camas y en general en los espacios disponibles (Figura 1).



Figura 1. Regaderas.

El abastecimiento de agua a los cultivos es variado, desde uso de regaderas (Figura 2), hasta riego por goteo, utilizando mangueras que ellos perforan. Se fertiliza con abonos orgánicos y para antes de la siembra se utiliza, en algunos casos, tierra de aluvión que acarrearán de la orilla del río, la producción de los cultivos, todavía no ha sido evaluada, sin embargo, se han realizado talleres en tecnología de alimentos, y muestras gastronómicas.

En estas actividades han participado estudiantes y madres de familia, utilizando productos de la región para realizar conservas y soya texturizada que acostumbran consumir con frecuencia (Figura 3). Se ha iniciado la elaboración de recetas con los contenidos nutricios de platillos y bebidas. Se ha construido una estufa ecológica y otra está por construirse, éstas han sido diseñadas por la comunidad estudiantil y son de autoconstrucción.



Figura 2. Preparación siembra.



Figura 3. Muestra gastronómica, preparada por las madres de familia de la escuela Úrsulo Galván de la comunidad de Plan de Manantial, Paso de Ovejas, Veracruz.

En el cuadro 2 se reportan los contenidos nutricios de las tortitas de soya elaboradas en la muestra gastronómica y su valor nutritivo de referencia (VNR), porcentajes que cubren los 100g de porción comestible con respecto a las necesidades de ingesta diaria del parámetro de referencia. Éste se calculó de acuerdo a los requerimientos nutricios de niños y niñas entre 7-10 años, niños entre 11-13 años y niñas entre 11-18 años de acuerdo al valor nutritivo de los alimentos mexicanos (Hernández, et al., 1974).

Cuadro 2. Contenido nutricio por 100 g de porción comestible, de tortitas de soya.

Macronutrientes	Cantidad	VNR 7-10 años niños y niñas %	VNR 11-13 años niños %	VNR 11-18 años niñas %
Proteínas	14.13 g	27.17	23.55	21.09
Energía	225.33 cal	11.27	9.01	9.80
Lípidos	11.20 g	-	-	-
Carbohidratos	19.16 g	-	-	-
Micronutrientes				
Calcio	58.10 g	11.62	8.30	8.30
Fierro	1.50 mg	15.00	8.33	8.33
Vitamina C	43.58 mg	108.95	87.16	87.16
Vitamina A	282.52 µg	56.54	28.25	28.25

De acuerdo a lo reportado en el cuadro 2, podemos considerar que las tortitas de soya texturizada son un platillo completo, el valor más bajo reportado es el contenido calórico por lo que se tiene que complementar con otros alimentos ricos en calorías, también nos indica que existe una diferencia entre las necesidades nutricias de acuerdo a edad y sexo, lo cual se tiene que considerar al diseñar los menús escolares.

Evaluación, la realizada a los diagnósticos nutricios y de salud, detectó la necesidad de talleres sobre la importancia de una buena alimentación. Después de la visita al CAIS, se inició la capacitación e investigación participativa en el manejo de los recursos naturales del huerto escolar. Por último, la evaluación de la actuación de la comunidad escolar, ha evidenciado el compromiso de todo el equipo que ha participado en la conformación de los huertos escolares.

Conclusiones

El proceso tiene sus propios tiempos de acuerdo a las características de cada escuela. A pesar del tiempo que se ha trabajado, se está en la etapa de crear conciencia sobre la importancia de la nutrición en la edad escolar y del intercambio de saberes en el manejo agroecológico en los huertos escolares, para que se constituyan en centros demostrativos e inspirativos, con un apoyo potencial a la seguridad alimentaria familiar.

Literatura citada

Álvarez A. M.C. 2012. Modelo de Gestión para el Manejo Integrado de los Recursos Solar Familiar. En: El Huerto Familiar en el Sureste de México. ISBN: 9786077637684. p. 435-459.

Álvarez A.M.C., C. Olgún y A. Asian. 2015. Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CAIS). Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. ISBN: 978-607-715-270-5. p. 54.

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. 2013. Resultado de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2012. Cámara de Diputados. LXII Legislatura. Documento de trabajo Número 149. archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Catalogo-CESOP-07032014.pdf (consultado el 30 de abril de 2017).

CONEVAL. 2015. Diagnóstico sobre alimentación y nutrición. Informe ejecutivo. Pp. 75. www.coneval.gob.mx (consultado el 20 de abril de 2016).

Hernández M., A. Chávez, H. Bourges. 1974. El Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Instituto Nacional de la Nutrición. México. p 38.

INAFED. s/f. inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30126a.html (consultado el 16 de mayo de 2017).

OMS. 2007. Los Nuevos Patrones de Crecimiento de la OMS. Pp. 42. I.S.B.N. 978 - 99905 - 884 - 6 - 0.

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465 (consultado el 13 de mayo de 2017).

PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES DE LA REGIÓN DE SOTAVENTO SOBRE LA FERTILIZACIÓN Y SU IMPACTO AL SUELO

José Felipe Pacheco-Morales³⁸⁴, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez³⁸⁴ y Doris G. Castillo-Rocha³⁸⁵

Resumen

En México y el estado de Veracruz, las actividades agrícolas tienen una gran importancia como fuentes de ingreso y como proveedoras de alimentos. Sin embargo, es constante el abatimiento de la vegetación para abrir áreas agrícolas. Los municipios de Manlio Fabio Altamirano y Paso de Ovejas, localizados en la región de Sotavento del centro del estado, poseen 634.58 km², de los cuales el 74% es de uso agrícola. Este alto porcentaje implica una utilización del suelo que puede impactar el microclima y a las características físicas, químicas y biológicas del suelo, disminuyendo su fertilidad y productividad, y amenazando la sustentabilidad de la región y sus habitantes. Por ello, este trabajo pretende conocer prácticas específicas y uso de agroquímicos de los agricultores de esta región, como el uso de fertilizantes sobre los cultivos, y las posibles prácticas de conservación entre los productores. Adicionalmente se realizó una valoración sobre el interés por el cultivo de *Jatropha curcas*. Para obtener la información, se aplicó una encuesta durante abril, mayo y junio de 2017 a productores, empleando la técnica de bola de nieve, o tipificación señalada, para determinar la muestra representativa por el criterio de saturación.

En esta investigación encontró que la mayoría de los productores no realizan prácticas óptimas para el cuidado del suelo. Finalmente, se observa que el 98% de los productores no conocen el cultivo de *Jatropha curcas* ni su atributo como regenerador de suelos. Se concluye que la falta de prácticas adecuadas podría agotar en un futuro la fertilidad de estos suelos y el desconocimiento de *Jatropha curcas* se debe a que no es un cultivo tradicional de la región.

Palabras clave: actividades agrícolas, productividad agrícola, *Jatropha curcas*

³⁸⁴ El Colegio de Veracruz (COLVER). jfelipe1227@gmail.com

³⁸⁵ Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Introducción

En México las actividades agrícolas tienen una gran importancia como fuentes de ingreso y proveedoras de alimentos (SAGARPA, 2012). De los 198 millones de superficie territorial, se considera que el 14% se utiliza como superficie de labor.

Se puede señalar que el sector agrícola generó \$679,896 millones, monto que significó 4.0% del PIB nominal a valores básicos. En el caso de la economía mexicana, la proporción del Producto Interno Bruto (PIB) es bastante baja en comparación con otros países emergentes (Escalante et al., 2013), sin embargo, en las últimas encuestas agropecuarias, realizadas en 2014 y 2016, los cultivos agrícolas y pecuarios obtuvieron un 80% en el PIB, del sector primario, lo que representa 3.3 millones de agricultores y 4.6 millones de trabajadores asalariados y familiares no remunerados (SAGARPA, 2012). El sector agrícola es considerado básico y estratégico y fue incluido por recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable 2015.

En el estado de Veracruz, el sector agropecuario desempeña un papel significativo, principalmente en la producción de alimentos, lo cual produce un efecto en la reducción de la vegetación a medida que se incrementan las áreas agrícolas y ganaderas (Osuna-Osuna et al., 2015). En la región central de este estado, se encuentran los municipios de Manlio Fabio Altamirano y Paso de Ovejas, pertenecientes a la región de Sotavento. Estos municipios suman una población de 56,800 habitantes, con niveles medios de marginación y una extensión de 634.58 km², de los cuales 74% es utilizado para la agricultura. Este alto porcentaje de uso agrícola implica una utilización del suelo que puede generar impactos negativos en el microclima y en las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Osuna-Osuna et al., 2015), lo que, en un futuro, podría disminuir la fertilidad y productividad del mismo.

De acuerdo con el Atlas de Riesgo 2011, el municipio de Paso de Ovejas tiene un tipo de suelo en su mayoría vertisol, mientras que el municipio de Manlio Fabio Altamirano presenta un tipo de suelo vertisol y feozem. Sotelo et al. (2008) mencionan que estos tipos de suelo son de mayor producción debido a su alta fertilidad.

A pesar de su importancia, el suelo no recibe la atención que merece y las diferentes actividades agrícolas son una amenaza para la sustentabilidad de la región y sus habitantes, de ahí que el enfrentarse al desafío de ayudar a solucionar estas problemáticas es uno de los retos de estos últimos tiempos. Dado que no se conocen las prácticas específicas y el uso de agroquímicos que los agricultores de esta región utilizan sobre sus cultivos, y, además de esto, se desea conocer si estos productores se interesarían en la siembra de nuevas especies reconocidas como recuperadoras de suelo, tales como la especie *Jatropha curcas*

L., con fines de evitar su degradación futura. Los objetivos de esta investigación fueron recocer cuál es la situación de la productividad agrícola en la región e indagar el uso de fertilizantes sobre los cultivos agrícolas, y si existen prácticas de conservación entre los productores. Así como realizar una valoración acerca del interés por el cultivo de *Jatropha curcas* en los municipios de Manlio Fabio Altamirano y Paso de Ovejas, Veracruz.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en los municipios de Paso de Ovejas y Manlio Fabio Altamirano, localizados en la parte central del estado de Veracruz, México, dentro de la región de Sotavento. El primer municipio se encuentra entre los paralelos 19°08' y 19°22' de latitud norte; en los meridianos 96°20' y 96°38' de longitud oeste; altitud entre 10 m y 400 m. El segundo entre los paralelos 18°58' y 19°12' de latitud norte; en los meridianos 96°16' y 96°27' de longitud oeste; altitud entre 20 m y 100 m. Ambos municipios presentan características similares en términos edafoclimáticos, los climas predominantes son Aw0 y Aw1, correspondientes al tropical seco y subhúmedo con lluvias en verano, respectivamente (Díaz et al., 2008).

Metodología

Para identificar la importancia que los agricultores le dan a la fertilidad del suelo con respecto a la producción, es decir, si sus suelos presentan algún problema de erosión y sobre la valoración acerca del interés por el cultivo de *Jatropha curcas*, se entrevistó a productores, ejidatarios y propietarios de tierra y ganado. Consecutivamente, se aplicó una encuesta durante abril, mayo y junio de 2017.

El cuestionario incluyó 27 preguntas semiestructuradas (Anexo 1), y para la selección de los entrevistados se utilizó la técnica de bola de nieve, o tipificación señalada. Ésta consistió en la localización de algunos individuos, los cuales llevaban hacia otros, hasta alcanzar una muestra suficientemente representativa. La decisión sobre lo representativo de la muestra se determinó por el criterio de saturación (Viveros et al., 2012).

Análisis estadístico

Se diseñó una base de datos en Excel (Microsoft ,2010) en donde se capturaron los datos obtenidos en las entrevistas, para luego clasificarlos y depurar las variables. En un primer paso, se utilizó estadística descriptiva para caracterizar las respuestas obtenidas con el propósito de llevar a cabo su análisis.

Resultados y discusión

Datos socio-demográficos

Se encontró que la edad promedio de los productores está por arriba de los 40 años y fue similar a la media nacional, que está por arriba de los 30 años. Esto indica que la población dedicada a las labores agrícolas se mantiene aún dentro del mismo rango, dando un 60% arriba de los 40 años de personas dedicadas al campo. De ello podría suponerse que las personas jóvenes no se están interesando en dicha actividad, tal y como lo comenta Vázquez (2005), quien hace énfasis en que el estado de Veracruz ocupa el primer lugar en campesinos con edad avanzada, arriba de 60 años, por lo que existe riesgo de que el estado sufra una crisis de alimentos, ya que por su edad no pueden realizar todas las actividades para mantener una producción agrícola.

Prácticas agrícolas de los productores de la región de Sotavento

En esta investigación se encontró que la mayoría de los productores no realizan prácticas óptimas para el cuidado del suelo, tales como, rotación de cultivos, dejar superficie en descanso, utilizar algún fertilizante orgánico, optimización del riego, y otras más (Cuadro 1 y 2). En un futuro, esta situación podría agotar la fertilidad natural de estos suelos, misma que impactaría sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, tal como ocurrió en el norte del estado de Tamaulipas donde erróneas actividades agrícolas han generado graves problemas de erosión y desertificación y disminución en el contenido de materia orgánica (MO) de los suelos (Díaz- Franco, 2005). Además, estos productos son el principal peligro en la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Cuadro 1. Datos de producción de los municipios de Manlio Fabio y Paso de Ovejas, Veracruz.

Ítem	Mínima	Máxima
Caña de azúcar	70 t/ha	90 t/ha
Maíz	3.5 t/ha	6 t/ha
Hectáreas sembradas actualmente	<5	70%
	5-9	18%
	10-19	10%
	>20	2%
Superficie en descanso	No	65%
	Sí	35%
Causas de dejar en descanso	Descasar la tierra	12%
	Falta de dinero	35%
	Cambio de uso de suelo	29%
	Sanidad	12%
	Cuadrar zafra	6%
	Falta de fuerza	6%
Rotación de cultivos	Sí	22%
	No	78%

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo.

Por otro lado, se encontró que el 98% de los productores aplican algún tipo de fertilizante químico (Cuadro 2). Este porcentaje es superior a lo reportado por la media nacional, que es de 68.8%. Es fundamental notar que el uso de estos fertilizantes representa un riesgo para la sustentabilidad del sistema, Peña-Cabriales et al., (2001) mencionan que la utilización de agroquímicos para suministrar nutrimentos a los cultivos provoca que la aplicación de las dosis cada vez sea mayor, lo que causa una disminución en el contenido de materia orgánica de los suelos, y contaminan los suelos.

Finalmente, se observa que el 98% de los productores no conocen el cultivo de *Jatropha curcas* ni su atributo como cultivo regenerador de suelos. *Jatropha curcas* es originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales y se desarrolla de forma silvestre; ello podría ser una de las razones por la cual los campesinos desconocen que este cultivo se desarrolla adecuadamente en suelos con baja fertilidad y en terrenos baldíos, donde permite recuperar nutrientes, además de restaurar y rehabilitar suelos afectados por la erosión (Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012).

Cuadro 2. Utilización de fertilizantes y asesoría técnica en los municipios de Manlio Fabio y Paso de Ovejas, Veracruz.

Ítem	Uso	%
Consideración de suelo fértil	Sí	90%
	No	6%
	Indeciso	4%
Realiza análisis de suelos	Sí	2%
	No	98%
Considera fertilizar	Sí	100%
	No	0%
Aplica fertilizante	Sí	98%
	No	2%
Precio del fertilizante	0-150	6%
	151-300	31%
	301-450	63%
Tipo de fertilizante	Ninguno	2%
	Químico	96%
	Orgánico	2%
98% conocía el nombre del fertilizante		
Tipo de fertilizante	Ninguno	2%
	Fosfato	6%
	Nitrato de amonio	14%
	Urea	78%
Recibe asesoría	Sí	8%
	No	92%

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo.

Conclusiones

1. Los productores de Manlio Fabio y Paso de Ovejas no utilizan prácticas agrícolas adecuadas para el cuidado de su suelo, lo cual representa un riesgo para la sustentabilidad de la región. Por lo cual es necesario mayor acercamiento de instancias de gobierno y la academia.
2. Se percibe que los productores no tienen conocimiento del cultivo de *Jatropha curcas*, y esto probablemente se debe a que no es un cultivo tradicional, ya que es una planta

silvestre y ellos no están enterados de sus usos benéficos. Por lo que se propone promover la utilización de esta planta, sobre todo para controlar la erosión y mejorar la fertilidad del suelo.

Literatura citada

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010 Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio [consultado el 20 de abril de 2017].

Díaz-Franco, A., A. Carrillo, M. Cantú-Almaguer e I. Garza-Cano. 2005. Fertilización biológica y producción de maíz en la región semiárida del norte de Tamaulipas, México. *Agricultura Técnica en México* 31(2):153-163.

Díaz, J., M. E. Nava T., F. Gallardo L., J. García y P. Fajersson. 2008. Potencial para turismo alternativo del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 8(2): 199-208. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93980210> [consultado el 20 abril de 2017].

Escalante, R., H. Catalán y S. Basurto. 2013. Determinantes del crédito en el sector agropecuario mexicano: un análisis mediante un modelo Probit. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 10(71):101-124.

Osuna-Osuna, A., J. Díaz-Torres, J. Anda-Sánchez, E. Villegas-García, J. Gallardo-Valdez y J. G. Dávila-Vázquez. 2015. Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010, *Revista Ambiente y Agua* 10(2):350-362.

Pabón, L. y P. Hernández-Rodríguez, 2012. Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 17(2):194-209.

Peña-Cabriales, J., O. Grageda-Cabrer y A. Vera-Núñez. 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en Mexico: uso de las técnicas isotópicas (N). *Terra* 20:51-56.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. <http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/37/Cambio%20Climatico.pdf> [consultado el 17 de abril de 2017].

Sotelo, R., M. Gutiérrez, G. Cruz G., C. Ortiz C. y M. Segura. 2008. Historia y desarrollo de la clasificación de vertisoles en el sistema FAO y la taxonomía, *Terra Latinoamericana* 26(10):325-332.

Vázquez, P. F. 2005. ¿Veracruz se está volviendo viejo?, *Altepepaktli, salud de la comunidad* 1-2:48-51.

Viveros, G. J C., K. A. Figueroa R., F., F. Gallardo L., E. García P., O. Ruiz R. y R. Hernández F. 2012. Sistemas de manejo y comercialización de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en tres municipios de Veracruz. *REMEXCA* 3(6):1217-1230.

GENERACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE EXTENSIONISMO AGROPECUARIO PARA EL SUR DE VERACRUZ

Nicasio Cuello Dorantes³⁸⁶, Diego Armando Candelario Gutiérrez³⁸⁶, Carlos Alberto Tinoco Alfaro³⁸⁷ y
Marina Martínez Martínez

Resumen

El extensionismo rural a través de la asesoría y capacitación, ha buscado transmitir conocimientos sobre tecnologías nuevas o mejoradas, generadas por instituciones de investigación públicas o privadas, con el propósito de mejorar las habilidades técnicas y empresariales de productores del sector rural. No obstante, en las grandes expectativas que se han tenido del extensionismo, siempre han existido limitantes sociales y económicas que no han permitido detonar sus bondades. La modernidad en las áreas del conocimiento y sobre todo la globalización de la producción agropecuaria demanda modelos de extensión con un enfoque integral o de sistemas, en el que puedan coincidir e interactuar tecnologías, conocimientos, apoyos y servicios, para productores. El objetivo de generar y validar un modelo de extensión fue involucrando actores que intervienen en el sector rural a través de un conjunto de acciones y estrategias educativas contribuyendo al desarrollo sustentable del sector agrícola, pecuario y forestal. Para realizar el estudio, se seleccionó la comunidad rural de Comején, del municipio de Acayucan, Veracruz, en la cual se practican actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Para lograr el objetivo, se plantearon cinco etapas que fueron: realización de un diagnóstico social, productivo, económico y ecológico de la comunidad; identificación de los posibles componentes del modelo; identificar el funcionamiento o actividades de cada componente y sus posibles interacciones; identificar los componentes que limitan el extensionismo; proponer acciones que minimicen los problemas que enfrenta el extensionismo. Como parte de los resultados, se puede mencionar que con base en el diagnóstico de la comunidad, el trabajo con autoridades ejidales y productores (principales actores del extensionismo), se identificaron otros actores, con los cuales se generó un diagrama en el que se describen los componentes del modelo, a partir del cual, se diseñaron diversas actividades que permitieron ir determinando el funcionamiento de cada componente y su interacción con los demás.

³⁸⁶ Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. Autor por correspondencia: nicasio-1994@hotmail.com

³⁸⁷ Instituto Nacional en Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRGOC. Campo Experimental-Cotaxtla.

Palabras clave: productores, desarrollo, trabajo grupal, educación, asesoría

Introducción

En el sector rural, hoy en día se demanda el servicio de extensionistas capaces de entender los problemas del campo y las necesidades de los productores agropecuarios, para que puedan cubrir la expectativa de producción de alimentos que la sociedad requiere. No obstante, en la mayoría de los programas del gobierno los productores y los extensionistas, en la última década, han denotado una carencia o ausencia total de asesoría técnica en los sistemas agrícolas, pecuarios y forestales.

Tomando en cuenta que el extensionismo agropecuario se define como un servicio que, mediante procedimientos educativos, asiste y ayuda a la población rural (principalmente a los productores), a mejorar los métodos y técnicas agrícolas, pecuarias y forestales, para aumentar la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción y que finalmente ayuden a mejorar calidad de vida para el productor y su familia (Swanson, 1987).

Dada la importancia que tienen los productores agropecuarios en la generación de alimentos y los retos de los extensionistas como apoyo técnico valioso, desde hace muchos años, se han implementado con éxito modelos de extensión rural como el Productor Experimentado (Villarreal, 2000), los GGAVATTS (Bueno, 2017), las Escuelas de Campo, entre otros. Sin embargo, en la actualidad la globalización de la economía y los nuevos retos sociales, económicos, productivos y ecológicos que enfrenta el sector rural, plantean la necesidad de diseñar nuevos modelos de extensión, que tomen en cuenta las metodologías exitosas de los modelos anteriores, pero que se complementen con nuevas acciones o metodologías que den respuesta a la modernidad que el campo requiere tener para ser competitivo.

Con base en lo anterior se consideró pertinente generar y validar un nuevo modelo de extensionismo agropecuario, que pueda ayudar a los nuevos extensionistas a mejorar su trabajo en comunidades o en regiones de importancia agrícola pecuaria y forestal.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrollo en la comunidad de Comején del municipio de Acayucan, Veracruz durante el periodo de octubre de 2016 - mayo de 2017 y comprendió las siguientes cinco etapas.

Primera etapa. Determinar el nivel tecnológico, social, productivo y económico de la comunidad

Como elemento de partida para que un extensionista aplique el modelo, se contempla la selección de la comunidad de trabajo, en la cual se realiza una investigación documental, complementada con información obtenida de informantes claves. La información documental le permitirá tener al extensionista un marco de referencia que le ayudará en sus entrevistas iniciales con autoridades de la comunidad, productores, organizaciones e instituciones gubernamentales y privadas.

La información documental y de entrevista con informantes clave comprenderá variables, sociales, productivas, económicas como a continuación se describen:

- Variables productivas, principales sistemas de producción, actividades productivas, superficie o cabezas de ganado involucradas en la actividad, rendimientos y volumen de la producción.
- Variables económicas, costos de producción de cada sistema, fuentes de capital y rentabilidad.
- Variables sociales, población, empleo, alimentación, salud, educación, religión, nivel de organización, tradiciones, servicios.
- Variables ecológicas, vegetación, fauna, suelos, manejo y condición de los recursos naturales.
- Variables tecnológicas, asistencia técnica, nivel tecnológico en los sistemas agropecuarios.

Segunda etapa. Identificar los componentes principales del modelo y elaborar su estructura.

Con base en la revisión de otros modelos como los GGAVATT y productor experimentador, la experiencia inicial obtenida con los productores y otros asesores. Se elaboró un diagrama general del modelo.

Tercera etapa. Conocer la función de los componentes o actores del modelo y sus interrelaciones

El primer componente o actor del modelo fueron las autoridades ejidales o de la comunidad en el caso de propiedad privada, será el dueño o encargado del rancho. Cada extensionista que pretenda iniciar un trabajo con productores agropecuarios de una comunidad debe reportarse inicialmente con las autoridades, ya que ellas dan la anuencia y el apoyo para que cualquier propuesta que llegue a la comunidad sea conocida por ellos y canalizada con los

posibles integrantes involucrados. Por lo anterior la interacción con este componente del modelo debe contemplar las siguientes acciones:

- Preparación de documentos e información para ser tratada con las autoridades.
- Visita a las autoridades de la comunidad para platicar con ellos en ese momento.

El segundo actor o componente del modelo fueron los productores agropecuarios

Para que el trabajo del extensionista con los productores agropecuarios sea efectivo y de impacto, el extensionista deberá seguir los siguientes pasos:

Seleccionar los productores con los cuales va a trabajar. Esta acción puede ser lograda a través de reuniones que promueven las autoridades con los productores para ver quién decide participar con el extensionista, o a través de una lista de posibles participantes que las mismas autoridades proponen.

Elaborar un plan de trabajo general, dicho plan se realiza con base en la información de la comunidad, de los informantes clave y de observaciones personales.

Visitar a cada uno de los productores participantes de una comunidad o de ranchos participantes, con la finalidad de explicar el plan de trabajo del extensionista.

Programación de una primera reunión de trabajo, para ampliar la información del plan de trabajo e iniciar algunas actividades contempladas en el mismo.

Elaborar conjuntamente con los productores un programa de reuniones, recorridos de campo y temas a tratar con los productores.

Entregar una libreta o formatos de registro con los cuales los productores vayan anotando información obtenida y registros de sus propios sistemas de producción, que les permitan hacer análisis en las reuniones de trabajo.

Dar seguimiento al programa de trabajo y a cada una de las reuniones realizadas.

El Tercer actor o componente del modelo son las organizaciones de productores agropecuarias

Este componente del modelo es muy importante ya que generalmente agrupan a un gran número de productores con objetivos comunes como acciones de producción, comercialización, transformación, obtención de apoyos, créditos y asesoría, entre otros. Lo anterior puede facilitar el trabajo del extensionista. El contacto con los líderes podrían realizar las siguientes acciones de extensión:

- Elaboración de proyectos para la obtención de apoyos, servicios o créditos.
- Elaboración de un programa de capacitación sobre temas de interés.
- Realización de estudios especiales.
- La forma de abordar a los líderes de las organizaciones que incidan en una región, es muy similar a la planteada con las autoridades de las comunidades.

El Cuarto componente del modelo son las escuelas o centros educativos de la comunidad

Este componente es importante por involucrar a las futuras generaciones de productores, tratando de crear una conciencia de trabajo en el campo con las nuevas generaciones, en mediano plazo puedan darle modernidad al campo y continuidad a los procesos productivos. Las acciones que un extensionista debe seguir para realizar acciones con este componente del modelo son:

- Identificar las instituciones de educación en la comunidad, sus fortalezas y debilidades.
- Seleccionar las instituciones con las cuales desee trabajar, con base en criterios de posible participación, número de estudiantes, disponibilidad de los directores y maestros, etc.
- Elaborar un plan de trabajo a implementar con cada una de las escuelas seleccionadas.
- Programar una entrevista con directores de las escuelas para platicar sobre el plan de trabajo.
- Programar una primera reunión de trabajo con directivos y maestros de las escuelas.
- Realizar una primera reunión de trabajo con los alumnos participantes.

El quinto componente del modelo son las instituciones gubernamentales

El modelo sugiere que el extensionista realice las siguientes acciones:

- Identificar con las autoridades ejidales, productores y organizaciones, cuáles son las instituciones que ya realizan acciones en la comunidad.
- Identificar cuales otras instituciones podrían realizar acciones en la comunidad.
- Conocer sus programas de apoyos y servicios que manejan, identificando sus alcances, metas y requisitos para participar en ellos.
- De acuerdo al plan de trabajo elaborado con productores, organizaciones y escuelas, proponer algunas acciones en las que se puedan involucrar a diversas instituciones.

El sexto componente del modelo son las instituciones privadas

- Identificar con las autoridades ejidales, productores y organizaciones, cuáles son las instituciones que ya realizan acciones en la comunidad.
- Identificar cuales otras instituciones podrían realizar acciones en la comunidad.
- Conocer sus programas de servicios que manejan, identificando sus alcances, metas y requisitos para participar en ellos.

- De acuerdo al plan de trabajo elaborado con productores, organizaciones y escuelas, proponer algunas acciones en las que se puedan involucrar a diversas instituciones, de acuerdo a sus programas.

Cuarta etapa. Identificar factores que afectan la eficiencia de los componentes del modelo

Con base en el trabajo del extensionista en la comunidad y su interacción con los componentes o actores del modelo, lo más seguro es que se enfrente a una serie de problemas que afectarán su trabajo de extensión y que deberá estar preparado para identificarlos:

Problemas principales con las autoridades de la comunidad, relacionadas con responsabilidad, seriedad e importancia que le dan al extensionista

Problemas con los productores seleccionados, en aspectos de participación, compromiso, seguimiento de actividades y valoración del trabajo del extensionista.

Problemas con las organizaciones de productores relacionados con la atención por parte de los líderes e integrantes hacia el extensionista.

Problemas con las escuelas, relacionados con la participación de los maestros, alumnos, etc.

Problemas con las instituciones gubernamentales relacionados con la atención del personal de las mismas, operación de los programas, etc.

Problemas con las instituciones privadas relacionados con la importancia que le dan al extensionista.

Quinta etapa. Generar estrategias y acciones que mejoren la eficiencia de los componentes y sus interacciones

En este apartado el extensionista deberá realizar una evaluación del avance de su programa de trabajo, identificando los componentes que no estén funcionando correctamente y tratando de identificar el o los problemas que están afectado su programa y en que podrán estar involucrados uno, varios o todos los actores del modelo (autoridades, productores, organizaciones, escuelas, instituciones gubernamentales e instituciones privadas), a las cuales se deberán plantear estrategias de solución.

Resultados y discusión

Como aspectos relevantes del diagnóstico realizado en la comunidad de Comején para conocerla y ayudar a generar y validar el modelo, se puede mencionar que en la comunidad habitan 1380 habitantes, de los cuales 687 son hombres y 693 mujeres. Las principales

actividades agrícolas, pecuarias y forestales que requieren servicios de extensión se relacionan con la siembra de maíz, caña de azúcar, el manejo de sistemas de producción pecuaria de bovinos de doble propósito y la producción de palma de aceite. En la comunidad hay pocas fuentes de empleos algunas son temporales como es en el caso de los cortadores de caña, ellos obtienen empleo sólo 5 meses. En la figura 1 se muestra el diagrama de los componentes del modelo de extensión.



Figura 1. Diagrama de los componentes del modelo de extensión

Definición de los componentes del modelo de extensión

Con información obtenida del diagnóstico de la comunidad se generó un diagrama en que se indican los componentes o actores del modelo (Figura 1). Es importante señalar que por Jerarquía, el primer componente es el extensionista, seguido por las autoridades ejidales, los productores, las organizaciones de productores, las agroindustrias, las instituciones de educación y las instituciones gubernamentales y privadas.

Funciones e interacciones de cada uno de los componentes del modelo

El Extensionista. Funciona como un facilitador que propone la implementación del modelo, con el objetivo de que el productor a través de este modelo educativo, logre un desarrollo

rural. Los resultados obtenidos por los extensionistas en el proceso de validación fueron favorables, identificando oportunidades para mejorar su funcionamiento como: desarrollar un liderazgo situacional, adquirir metodologías para el trabajo en equipo y desarrollar una mayor empatía con los productores. Un aspecto muy importante que ningún extensionista debe olvidar, es la elaboración de planes de trabajo con la participación de los productores asesorados.

Las autoridades ejidales. Permitieron el trabajo de los extensionistas en la comunidad, además de proporcionar una lista de productores agropecuarios que pudieran estar interesados en mejorar sus procesos de producción, bajo un esquema de capacitación continua. La lista la integraron 25 productores, es importante señalar que sin la anuencia y ayuda de ellos los extensionistas difícilmente podrían trabajar en la comunidad, de ahí que las primeras entrevistas con ellos fueron con objetivos e información clara, lo cual facilitó el proceso de trabajo en la comunidad.

Agricultores agropecuarios participantes en el proceso de extensión. Con la lista proporcionada por las autoridades, se visitó a cada uno de los productores en su casa, con la finalidad de invitarlos a participar en el proceso de extensión y se definió con ellos el día, hora y el lugar para la primera sesión de trabajo. Así mismo para favorecer la cultura del dato, se les entregaron cuadernos y lapiceros para llevar registros, y anotaciones importantes de sus sistemas.

Como parte del plan de trabajo elaborado con los productores, se llevaron a cabo una serie de pláticas y prácticas como:

1. Análisis de costo de producción de cultivos. En esta actividad el análisis conjunto de la información presentada, los productores concluyeron que sus ganancias son mínimas y que esto se debe a que las comercializadoras que les proveen de semillas y agroquímicos sólo ven en ellos un negocio. Un productor externo que siembra de maíz criollo, señaló que no invertía en la compra de semillas y que obtenía rendimientos similares a las semillas mejoradas, pero con menores costos de producción, lo cual puede ser una estrategia para disminuir costos.
2. Desde el punto de vista práctico, se conocieron y analizaron las condiciones de las parcelas de los productores participantes. Lo más relevante fue concluir con ellos, que sus parcelas están deforestadas, argumentaron que no tienen asistencia técnica adecuada para cada cultivo, que las condiciones climáticas han cambiado que no saben cómo adaptarse al cambio climático.
3. Plática en campo sobre gusano cogollero, se aprendió en conjunto con los productores instalar trampas con feromonas.

4. Con productores pecuarios del grupo se trabajó en la elaboración de Nutrol (preparación líquida de melaza-urea), en la práctica de elaboración de Nutrol se procedió a presentar las cantidades de cada ingrediente a utilizar y las fórmulas para calcular la cantidad.
5. Elaboración de block nutricional, a los productores les interesó mucho la práctica, argumentaron que es muy sencillo la elaboración, pero no cuentan con técnicos.
6. Elaboración de insecticida orgánico, les fue atractivo por los bajos costos de los insumos por hectárea además de las grandes propiedades benéficas que tiene para el cultivo y el control.

Los temas anteriores, denotan la diversidad de información que requieren los productores y para lo cual el extensionista debe estar preparado y atento en descubrir que temas les interesan realmente a los productores y cómo hacer para que ellos tengan una participación directa.

Organizaciones de productores o grupos organizados. El extensionista puede trabajar fácilmente con ellos porque ya están organizados. Sólo es necesario contar con un plan de trabajo estratégico. Los resultados de los extensionista se enfocaron con la CNC, la cual tiene acciones en la comunidad, el contacto con el líder de esta organización permitió saber que existe disposición por parte de ellos en apoyar a las acciones de extensión con los recursos materiales disponibles de su parte.

Componente de agroindustrias. En la comunidad inciden las agroindustrias de la palma de aceite y el ingenio azucarero de Cuatotlapam, con ellos es factible implementar cursos de capacitación a productores, ya que ellos no cuentan con el personal suficiente para cubrir la demanda de los productores, sólo habría que hacer el contacto con ellos y generar un plan de trabajo conjunto.

Componente centros educativos. Se dio una interacción con escuelas de bachillerato y primarias de la comunidad, ambas demandaron capacitación relacionados con temas agropecuarios y ambientales. El trabajo en estas instancias tiene como objetivo el desarrollar en ellos la mentalidad de que hay mucho por hacer en el campo y que con su preparación pueden ir incidiendo en las decisiones de producción con sus padres y familiares, ellos pueden ser a futuro los próximos productores.

Instituciones gubernamentales. Estas ofrecen apoyos y servicios y por ser diversas, es factible que en un buen programa de trabajo puede ser de gran apoyo para el extensionista y de impulso para los productores organizados. Una debilidad es que tampoco tienen personal;

sin embargo, promueven algunos programas que pueden ser de beneficio para el productor agropecuario.

Instituciones privadas, ofrecen el servicio de extensión como idea de negocio, pueden ser de gran utilidad, siempre y cuando se tenga claro que pueden aportar para mejorar los sistemas de producción.

Conclusiones

El modelo que se generó es una guía sencilla de apoyo para recién egresados interesados en llevar a cabo acciones de transferencia de tecnología, minimizando las situaciones de rechazo o avances lentos en el proceso de extensión.

La aplicación del modelo por parte del extensionista exige cualidades como: tolerancia, responsabilidad, apertura, ética, perseverancia, empatía, respeto a las opiniones.

Quien desea aplicar el modelo debe prepararse continuamente en el dominio de los temas a trabajar, así como en el manejo de las actitudes y programas de trabajo para interactuar con los productores.

Literatura citada

Bueno Díaz, H. M. 2017. ¿Qué es un GGAVATT?. Unión Ganadera Regional de Jalisco. http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=545

Swanson, B. E. 2010 Estudio mundial sobre buenas prácticas de los servicios de extensión y asesoramiento agropecuarios en el mundo. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. Roma. <http://www.fao.org/docrep/013/i0261s/i0261s00.pdf>

Villarreal Farías, E. 2000. Guía para la aplicación del Modelo Productor Experimentador. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/Taller%20sobre%20Tecnologas%20Sustentables%20para%20la%20Agric/Attachments/6/prodexp.pdf>.

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS ABONO QUÍMICO Y ORGÁNICO EN LA PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), EN EL MUNICIPIO DE ATZALAN ESTADO DE VERACRUZ

Esteban Escamilla Prado³⁸⁸, José Domingo Robledo Dominguez³⁸⁸, Anastacio Nanco Ortiz³⁸⁸ Jaime Negrín Ruiz³⁸⁹ y Fernando Arturo Gómez Díaz³⁸⁹

Resumen

Con el objetivo evaluar los efectos de los abonos químico y orgánicos, en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), durante año 2015, en la Comunidad de Almanza, Municipio de Atzalan, Veracruz, se estableció una parcela experimental, bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, con aplicación de abonos químicos para el tratamiento uno (T1), se realizaron tres aplicaciones, la primera con una fórmula de 10–10– 10, la segunda, 17–17–17 y la tercera 10-20-20; lombricomposta como abono orgánico en el tratamiento dos (T2), y una combinación del 50% de ambos productos para el tratamiento tres (T3) y un testigo como tratamiento cuatro (T4). Se realizaron las actividades de limpieza, tutoréo, bajo el sistema de conducción de espalderas, la poda, control de plagas con productos químicos para el T1 y orgánicos para el T3 de acuerdo a los tratamientos, realizando la toma de datos a partir del cuarto mes cada quince días hasta completar el año. Se realizaron 14 tomas de datos, los resultados reportan que en la tercera, cuarta y sexta evaluación existe diferencia estadística entre las medias de la altura, el diámetro de tallo, tamaño de la hoja y la longitud de la guía. Se identificó una correlación alta entre la longitud promedio de botones sanos, longitud de guías y el peso del fruto a la cosecha con respecto al rendimiento entre los tratamientos. Dichos resultados demuestran que el abono de lombricomposta permite obtener mejor desarrollo de la planta y mejor rendimiento durante el ciclo anual del cultivo.

Palabras clave: nutrición, fertilización, manejo sustentable, producción

³⁸⁸ Universidad Autónoma Chapingo. CRUO. Huatusco, Veracruz. Autor por correspondencia: espreschoca@yahoo.com.mx

³⁸⁹ Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Campus Cuitláhuac.

Introducción

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es una fruta tropical originaria de Brasil, que crece en forma indeterminada y pertenece a la familia de las Passifloraceas con dos especies de importancia comercial. *Passiflora edulis* Sims, conocido localmente como maracuyá morado, cultivado en áreas semicálidas y templadas; *Passiflora edulis* F. *flavicarpa*, llamado maracuyá amarillo que es una mutación del morado y el cual se cultiva ampliamente en áreas tropicales y subtropicales (García, 2010).

Los países como Brasil, Ecuador, Australia y México han tenido superficies de 32,539, 6500,00, 267,00 y 150,00 respectivamente, siendo Ecuador el país con mayor volumen, de hasta 85,500.00 toneladas. En México los estados productores son: Tabasco, Puebla, Veracruz, Michoacán, Guerrero, Nayarit, Jalisco y Estado de México. En el estado de Veracruz los municipios que desde los noventas se han dedicado al cultivo son: Huatusco, Totutla, Comapa, Tlaltetela, Tlacotepec, Tenampa, Sochiapa, Zentla, Álamo, Tecolutla, Misantla, Colípa, Actopan, Martínez de la Torre, El Ídolo, Tlapacoyan, Las Choapas, Atzalan y Nautla (Robledo y Escamilla, 2015).

A través de reuniones entre instituciones con representantes estatales de SAGARPA, SEDESOL, FIRA, SEDARPA, SECRETARÍA DE ECONOMÍA, la Universidad Autónoma Chapingo, en el Centro Regional de Universitario de Oriente se inician trabajos que consistieron en el establecimiento manejo y evaluación de maracuyá (*Passiflora edulis*) en ocho municipios cafetaleros del centro de Veracruz (Robledo, 2003). Se instalaron parcelas con productores, que recibieron capacitación, asesoría y acompañamiento en el manejo tecnológico del cultivo, con el propósito de impulsar la producción, la transformación y comercialización del maracuyá, el cual por aspectos de desconfianza entre productores y políticas no se logró consolidar la industria, ni el centro de acopio, sin embargo.

Durante el 2014 y 2015, la Diversificadora Agroindustrial y Comercializadora del Trópico (DYCTROSA) en conjunto con la UACH-CRUO, realizan la gestión económica ante el CONACYT, para coordinar trabajos de capacitación y asesoría dirigida hacia organizaciones dedicadas al cultivo de maracuyá en el municipio de Atzalan, Veracruz, para lo cual se realizaron parcelas demostrativas en la comunidad de Almanza, con la finalidad de evaluar los efectos de la nutrición orgánica y la fertilización química del cultivo, en el presente documento se describen las actividades del estudio, así como, los resultados (Robledo y Escamilla, 2015).

Materiales y métodos

La parcela de investigación se localiza en la comunidad de Almanza, al oriente del municipio de Atzalan, en la zona centro del estado. Limita al norte con Martínez de la Torre, al este con Misantla, al sureste con Tenochtitlán, al sur con Altotonga, al suroeste con Jalacingo y al noroeste con Tlapacoyan (Figura 1).



Figura 1. Micro región del municipio.

Material y equipo para el estudio

Los materiales para el desarrollo del trabajo de investigación, consistieron en material vegetativo (planta), insumo, materiales y consumibles mismos que se en listan a continuación:

Diseño del estudio de investigación y distribución de la parcela de investigación

Para la distribución de las parcelas de investigación se inició con el trazado de las líneas de plantación con orientación de norte a sur, con una distancia entre plantas de tres metros, cinco entre surco, dejando de cuatro metros los pasillos. Las parcelas se asignaron de forma aleatoria y distribuida completamente al azar (Figura 2).

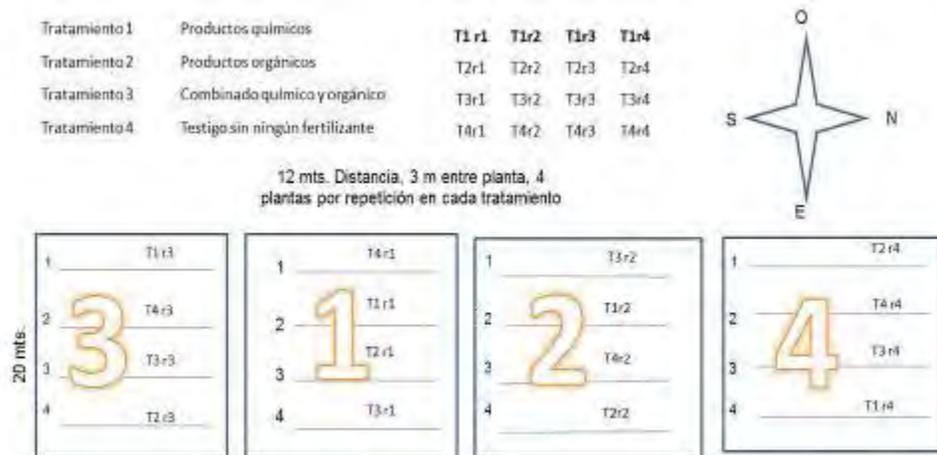


Figura 2. Distribución de las parcelas de investigación.

Para conocer los efectos de la fertilización química y orgánica, durante el desarrollo de la planta de maracuyá, se tomó en cuenta: un tratamiento uno (T1) con la primera aplicación de 50 g de triple 10 – 10 – 10, la segunda con 50 g de triple 17–17-17 y en una tercera 40 g de 10 – 20 – 20 Nitrógeno, Fósforo y Potasio; al tratamiento dos que consistía de abono orgánico (T2), en la primera aplicación de 5 kg, por planta, la segunda 4 kg y una tercera de 2 kg, el tratamiento tres se combinó químico y orgánico (T3), se aplicó el 50% de las proporciones de químico y orgánico durante las tres aplicaciones de los tratamientos uno y dos, tomando en cuenta un testigo que no se le aplica nada durante todo un año del cultivo. Los cuatro tratamientos se distribuyeron de manera aleatorias en cuatro parcelas, con cuatro repeticiones, con cuatro plantas de unidades de evaluación por tratamiento.

Las variables analizadas fueron: crecimiento o altura de los primeros tallos, guías secundaria, tamaño de la hoja, número de frutos, tamaño, peso, botones fértiles e infértiles y condiciones fenológicas generales de la planta. Para la descripción e interpretación de resultados se utilizó el paquete estadístico de Statistica versión 7.5, con análisis descriptivos y vivariado a través de la correlación con el rendimiento final.

Resultados y discusión

A una edad de la planta de 60 días se realizó el trasplante, en el cual se aplicó la primera dosis de abono que correspondió a cada tratamiento, iniciando con la toma de datos a los 40 días después siendo un total de 14 evaluaciones y reportando los siguientes resultados.

Estadísticamente el tratamiento dos reporta un mayor promedio entre las medias de: tamaño de la hoja, en la tercera y cuarta evaluación, así como en el diámetro del tallo, con diferencia

significativa (Figura 3). El número de botones sanos, la longitud promedio de guías en la sexta y séptima evaluación respectivamente muestran una relación alta respecto al rendimiento, demostrando también una relación alta en los pesos de los frutos cosechados y diferencia estadística (Figura 4). En el análisis vivariado se reporta una relación media entre el diámetro del tallo respecto al rendimiento en la tercera y cuarta evaluación, mostrando que el tratamiento dos y tres con una mínima diferencia significativa (Figura 5).

El número de frutos y el tamaño tiene una relación alta respecto al rendimiento, demostrando que la combinación del abono químico y orgánico son los que tienen mayor número de frutos y tamaño (Figura 6). De acuerdo al peso promedio de frutos cosechados en la onceava y catorceava evaluación se reporta una relación baja y media respecto a los rendimientos, una fase fenológica en la que la planta mantiene su producción en el tratamiento dos y tres, lo que demuestra que los tratamientos con abono orgánico y combinado mantienen con mayor tiempo la producción (Figura 7).

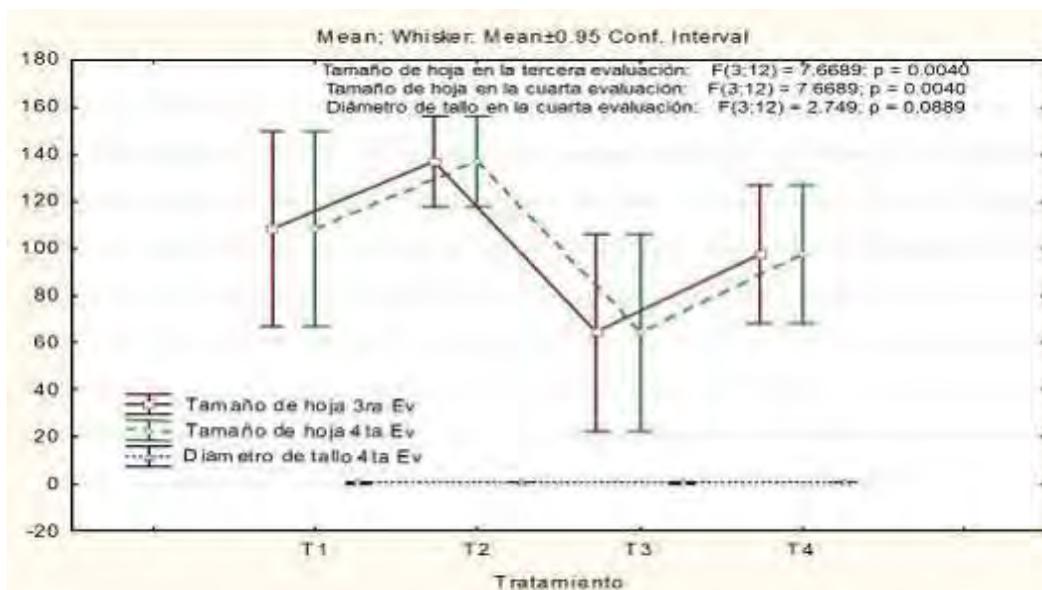


Figura 3. Análisis estadístico entre los tratamientos y el desarrollo de la hoja y diámetro del tallo.

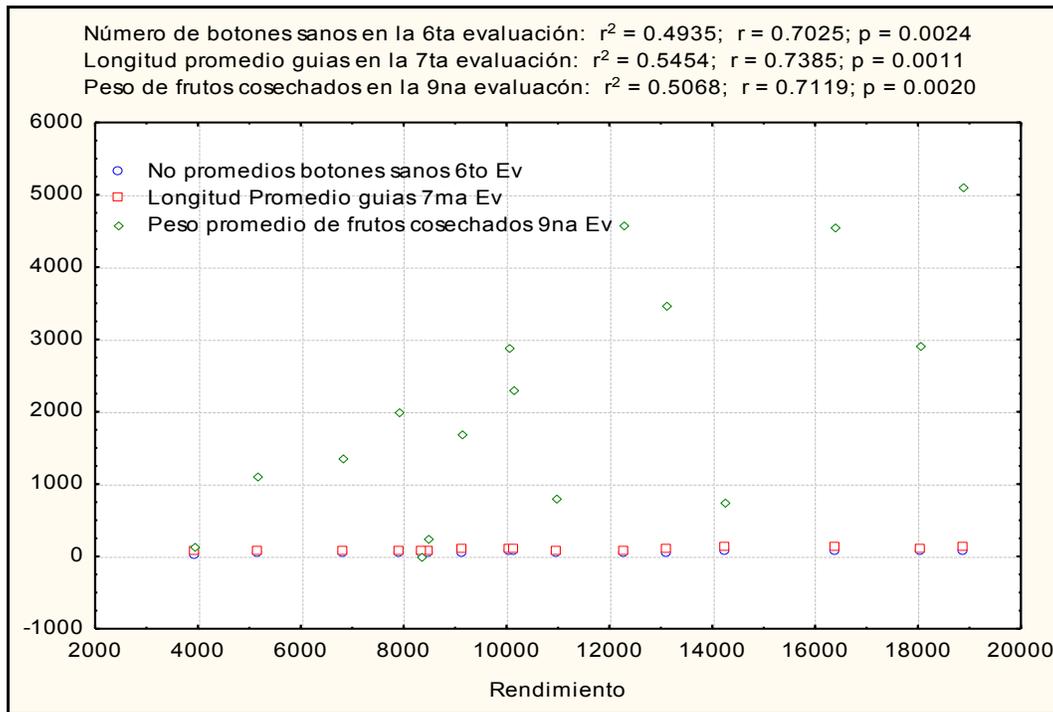


Figura 4. Análisis de correlación entre el rendimiento, el numero promedio de botones, longitud de la guía y peso de los frutos cosechados respecto al rendimiento.

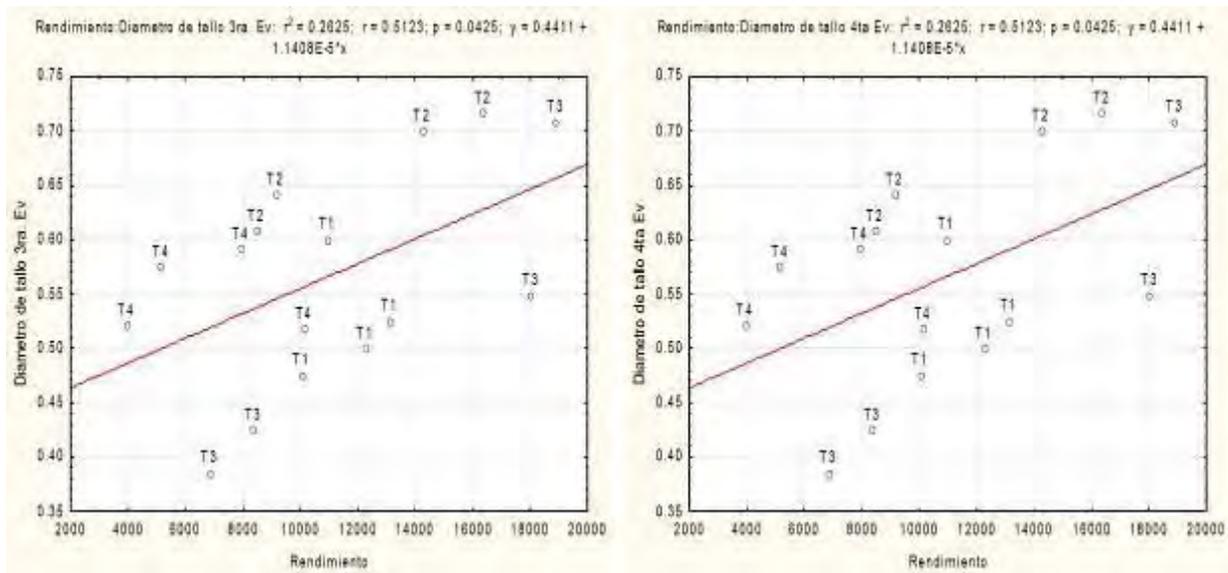


Figura 5. Relación del diámetro del tallo en tercera y cuarta evaluación respecto al rendimiento.

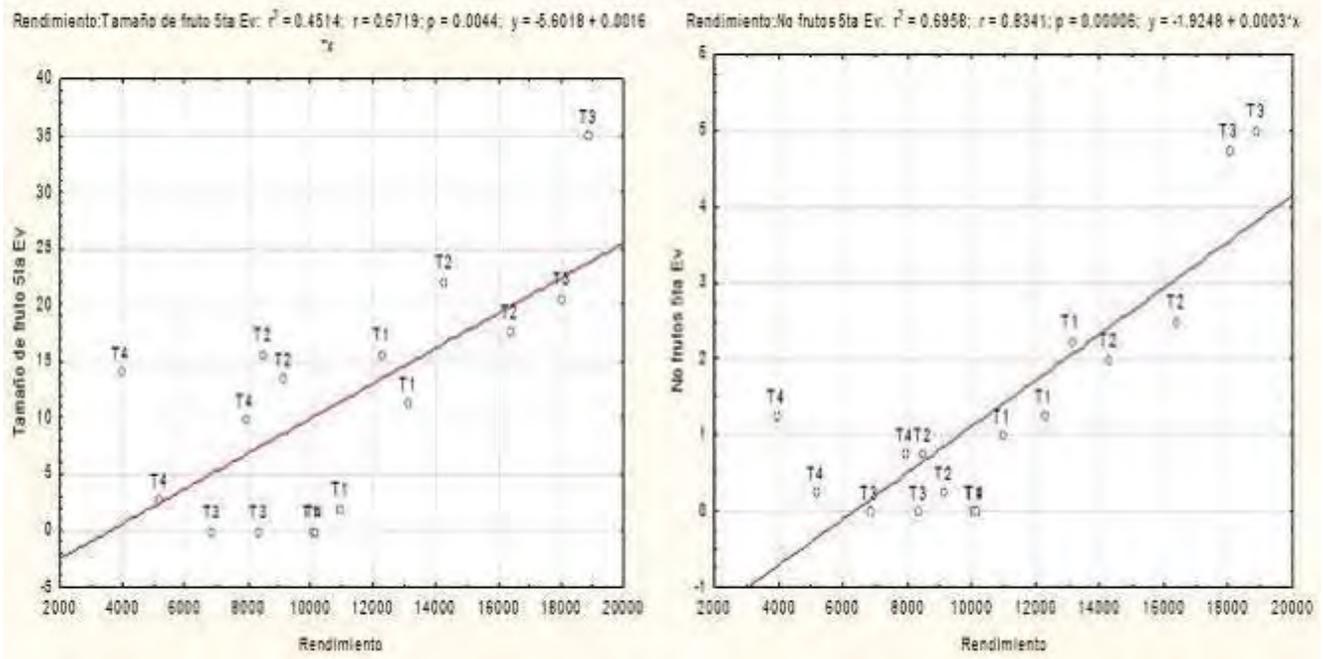


Figura 6. Tamaño del fruto respecto al rendimiento.

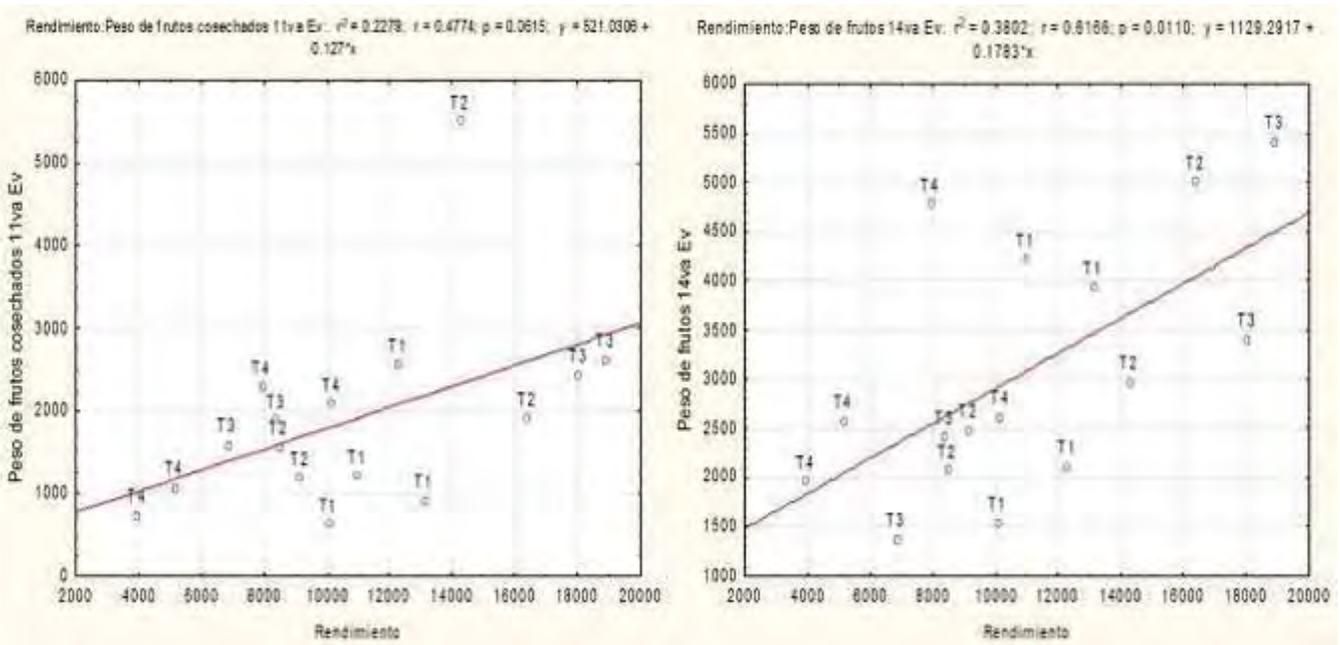


Figura 7. Número de frutos cosechados en la onceava y catorceava evaluación.

Conclusiones

Con el crecimiento de las hojas, diámetro del tallo, longitud de las guías primarias, secundarias y terciarias en plantas de maracuyá que se les aplicó abono de lombricomposta, demostraron superar a las plantas que se les aplicó abono químico, así como las que se les aplicó de manera combinada. Por lo tanto, producir maracuyá con técnicas de conservación de suelo y orientadas de norte a sur, sin la necesidad de remover el suelo con sólo la aplicación de un total de 10 kg anualmente se obtienen frutos de mayor tamaño y plantas con mayor desarrollo y producción.

Agradecimientos

Al CONACYT, por la aportación del recuso para hacer posible el trabajo de investigación.

Universidad Autónoma Chapingo y los responsables de la gestión y coordinación del proyecto del Centro Regional Universitario de Oriente en Huatusco, Veracruz.

DYCTROSA, por la coordinación y organización de los productores, así como por el apoyo de sus promotores de campo en la fase de campo.

La UTCV, por la oportunidad de pertenecer a la institución, por la confianza y apoyo en la presentación del trabajo a eventos de difusión científica.

Literatura citada

García A. 2010. Guía técnica del cultivo de maracuyá, Programa MAG – CENTER – FRUTALES, Centro Nacional de tecnología Agropecuaria y Forestal. p 36.

Escamilla P. y Robledo M. 2015. Situación experiencias en el cultivo del maracuyá en la región centro del Estado de Veracruz. 1er Foro Nacional de Maracuyá.

Robledo M. 2003. Establecimiento manejo y evaluación de maracuyá (*Passiflora eduli*) en ocho municipios cafetaleros de la zona centro de Veracruz.

MARCO METODOLÓGICO CUALITATIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE APOYO AL CAMPO

Mario Alejandro Hernández Chontal³⁹⁰ y Felipe Gallardo López³⁹⁰

Resumen

Con el objeto de aportar un marco metodológico para la evaluación de los programas de desarrollo se realizó un análisis de una investigación documental tomando como base las herramientas metodológicas del enfoque centrado en el actor y el concepto de interfaz social. Se realizó una reflexión sobre cómo se desarrolla el proceso de interacción social entre implementadores y beneficiarios que van incidiendo en la dinámica y resultados de un programa. La propuesta gira en torno a una metodología cualitativa contraria a los enfoques cuantitativos de evaluación, se resalta la necesidad de un trabajo de tipo etnográfico, a través de herramientas cualitativas y códigos conceptuales que diluciden los efectos no planificados de los programas y que impactan en el resultado de una evaluación. Es importante identificar a los actores que intervienen en los programas para tratar de comprender la realidad del fenómeno.

Palabras clave: actor, interfaz social, programas, interacción social

Introducción

Las políticas públicas tienen como principal objetivo crear condiciones de equidad social, así como promover y garantizar el ejercicio de los derechos sociales (Ziccardi, 2008). Las políticas y programas tienen la intención de inducir estados de mejoría social y económica entre la población rural (Herrera, 2009). En los programas existe una problemática en cuanto a su formulación y ejecución, traducido en una disociación entre lo que se ha diseñado en el papel, lo que se divulga en el discurso de los funcionarios y lo que realmente sucede en la

³⁹⁰ 1Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Veracruz, México, C. P. 91700, MÉXICO.*hernandez.mario@colpos.mx.

vida cotidiana de los técnicos que lo ejecutan en el campo y de quienes perciben directamente los beneficios (Cogco et al., 2010; Castillo y Villarreal, 2015).

La mayoría de los programas están orientados al desarrollo del capital humano por medio de subsidios a la demanda de servicios de salud, educación y apoyos en efectivo, para ello es necesario cumplir con una serie de corresponsabilidades para acceder a los beneficios (Hevia, 2009), o sólo son paliativos o acciones de beneficencia, por lo que no logran resolver la problemática real (Casas et al., 2007). Otra problemática es el poder que tienen las autoridades de ingresar o expulsar del programa a las familias o controlar la cantidad de ingresos a los que acceden por medio del control de las condicionalidades, que se complica cuando comprendemos los procesos de operación de estos programas, donde participan diversos agentes o actores gubernamentales (federales, estatales, municipales), donde hay distintas interfaces (Hevia, 2009), hay deficiencias en cobertura y calidad de estos programas (Casas et al., 2007).

Todo lo anterior no se menciona en las evaluaciones de los programas, en las cuales sólo se trata de mostrar los aspectos positivos de estos y no dilucidar todos los encuentros que ocurren en la dinámica de los programas para generar estrategias o políticas que atiendan a las necesidades reales de los usuarios y beneficiarios.

Para ello el enfoque centrado en el actor y el concepto de interfaz social (desarrollados por Norman Long), son herramientas metodológicas para el diseño de un marco de evaluación de resultados de los programas. El enfoque centrado en el actor, recobra una visión antropológica, histórica y el aporte de la microsociología que toca la esfera de la vida cotidiana, donde es fundamental que los actores sociales en los espacios locales asuman roles protagónicos en la confección de políticas de desarrollo localmente significativas, las cuales pongan en práctica los mecanismos incluyentes con los que se articule una nueva sociología del desarrollo, sustentada en el reconocimiento explícito de la heterogeneidad y la diversidad cultural (Long, 2007).

Los actores sociales aparecen como: personas individuales, grupos informales o redes interpersonales, organizaciones, o agrupaciones colectivas. "No se debe suponer que organizaciones o colectividades como los movimientos sociales actúan al unísono o con una sola voz, de hecho, los esfuerzos "colectivos" y "organizativos" se representan mejor en términos de "coaliciones de actores", "proyectos de actor entrelazados" e "interacción de discursos" (Long, 2015a). Los actores sociales están comprometidos con diferentes estrategias de subsistencia, intereses culturales y trayectorias políticas (Long y Liu, 2009).

Dentro del enfoque centrado en el actor es la noción de interfaz social la que proporciona un útil dispositivo heurístico para identificar y analizar los puntos críticos de intersección entre diferentes campos o niveles de organización social, considerando que en estas interfaces se revelan discrepancias y discontinuidades de valores, intereses, conocimiento y poder (Long y

Liu, 2009). La interfaz social es un punto crítico de intersección entre diferentes mundos de vida, campos sociales o niveles de organización social en donde es más probable localizar discontinuidades sociales, basadas en discrepancias en valores, intereses, conocimiento y poder (Long, 1989).

Se puede argumentar que la interfaz es: un espacio de conflicto y un espacio donde se efectúan relaciones (comúnmente) asimétricas entre sujetos sociales (conflictos que constan de las dimensiones estratégica y comunicativa) (Vera y Hevia, 2006). Las interfaces definen áreas de conocimiento e interacción que entrecruzan las perspectivas de una gran diversidad de actores (estatales, no gubernamentales, la población beneficiaria, los proveedores del crédito, tecnologías, maquinarias, herramientas, insumos, etc.). Es decir, un campo socialmente construido a partir del conflicto y la negociación, en el que se define la distribución de recursos y la legitimación de los procesos de intervención de los distintos actores (Feito, 2007).

Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue generar un marco metodológico para la evaluación de los programas de apoyo al campo desde una perspectiva centrada en el actor y el concepto de interfaz social.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación documental sobre el enfoque centrado en el actor e interfaz social, para identificar elementos y construir un marco metodológico para la evaluación de los programas.

Se seleccionaron y analizaron documentos donde se abordará el concepto de enfoque centrado en el actor e interfaz social, para reflexionar sobre cómo se desarrolla el proceso de interacción social entre implementadores y beneficiarios que van incidiendo en la dinámica y resultados de un Programa.

Resultados y discusión

La propuesta del marco conceptual gira en torno a ciertos elementos:

Se requiere un trabajo etnográfico, donde se realicen visitas regulares a las personas, con la finalidad de convivir y participar en algunas de sus actividades de campo, sociales y culturales con la finalidad de entablar pláticas en confianza y obtener la mayor información. Lo anterior permitirá aprender de las actividades de las personas en el estudio en el

escenario natural a través de la observación y participando en sus actividades (Kawulich, 2005).

Desde la perspectiva de los actores es necesario identificar todos los actores que intervienen en la dinámica de los programas para tener la mayor información de referencia.

Para ello se deben realizar entrevistas informales, escribir notas de campo detalladas (DeWalt y DeWalt, 2011), realizar entrevistas individuales a profundidad y entrevistas grupales o focales según sea el caso. Además de historias de vida con la finalidad de identificar las acciones de un individuo como actor humano y participante en la vida social mediante la reconstrucción de los acontecimientos que vivió y la transmisión de su experiencia vital y narrar algo vivido, con su origen y desarrollo, con progresiones y regresiones, con contornos sumamente precisos, con sus cifras y significado, utilizando grabaciones, escritos personales, visitas a escenarios diversos, fotografías etc. (Cordero, 2012). Finalmente se debe considerar en un estudio de este tipo, un punto de saturación, que indica cuando finaliza el muestreo, esto significa que no se hallan datos nuevos o son repetitivos (Hernández, 2014).

Todo lo anterior deberá realizarse en base a códigos conceptuales (Cuadro 1), que ayuden a dilucidar los encuentros que ocurren entre actores y de esta forma plantear elementos que contribuyan al diseño de políticas públicas que impacten en el bienestar social.

Cuadro 1. Códigos conceptuales para un marco metodológico para la evaluación de los programas.

Código teórico	Categoría descriptiva
Incompatibilidad social	Intereses y objetivos contradictorios o un poder desigual de relaciones (Long, 2015a).
Conflicto social	El conflicto es abordado como un proceso dinámico que ocurre entre partes que sufren reacciones emocionales negativas al percibir discrepancias e interferencias en el logro de sus objetivos (Barki y Hartwick, 2004).
Negociaciones	Las personas deben ceder algo de sus intereses individuales para llegar a una solución que pueda beneficiar también a las otras personas que participan en la interacción (Billeke, 2015). Las negociaciones en la interfaz son a veces llevadas a cabo por personas que representan grupos particulares, grupos u organizaciones (Long, 2015b)
Enfrentamiento entre diferentes paradigmas culturales	Las situaciones de la interfaz proporcionan a menudo los medios por los cuales los individuos o los grupos vienen a definir sus propias posiciones culturales o ideológicas éstos que defienden o que tipifican opiniones opuestas (Long, 1990).
Conocimiento	Parte de dos formas, el conocimiento explícito y el conocimiento tácito. El conocimiento que puede explicitarse es una parte muy valiosa del mismo, pero que este se complementa con el conocimiento que se produce a partir de la vivencia y la experiencia de las personas. Cuando se comprende esto, se tiene claro entonces, que hay una importante parte del conocimiento, denominado conocimiento tácito, que es intangible y

que permanece en cada uno de las y los individuos que conforman el grupo social (Camacho, 2016).

Poder entre actores

Capacidad que tiene una unidad de diversa índole de imponer su voluntad a las demás, no es un valor absoluto sino más bien una relación entre personas (Creus, 2013).

De la revisión realizada sobre el concepto de enfoque centrado en el actor e interfaz social en los programas, se encontraron distintos códigos conceptuales (Cuadro 2), que pudieran servir de referencia para la construcción del marco metodológico.

Cuadro 2. Códigos conceptuales encontrados en la revisión bibliográfica realizada.

Códigos	Códigos	Códigos	Códigos	Códigos	Códigos
Condicionamientos para recibir apoyos.	Demandas.	Presencia de condicionalidades en la entrega de los apoyos y la entrega de dinero en efectivo.	Emergencia de nuevos intermediarios.	Negociaciones.	Autoritarismo.
Diferencias en enfoques y metas de beneficiarios y funcionarios.	Nula participación en programas.	Experiencias democráticas y participativas.	Intercambio de recursos e información.	Poder.	Clientelismo.
Intereses.	Tensiones y conflictos de poder.	(Hevia, 2009).	Poder local.	Interpretación y manipulación de la política del gobierno.	Corrupción.
Negociaciones.	(Feito, 2007).		(Hevia, 2010).	(Long y Liu, 2009).	Ineficacia.
(Castillo y Villarreal, 2015).					Desinterés.
					Apatía.
					Desconfianza.
					(Sánchez-Mejorada, 2004).

En el cuadro anterior se muestran elementos que no son considerados en las evaluaciones de los programas y que pueden dilucidarse para generar políticas que atiendan las problemáticas reales de la sociedad.

Conclusiones

El enfoque centrado en el actor e interfaz social, son herramientas que pueden ser de gran utilidad para la evaluación de los programas. Es necesario dilucidar elementos no planificados en los programas para el diseño de políticas públicas que sean pertinentes con la sociedad.

Literatura citada

Barki, H. y Hartwick, J. 2004. Conceptualizing the construct of interpersonal conflict. *Int J Confl Manage* 15:216-244.

Billeke, P. 2015. Negociación social: Cómo nuestro cerebro se anticipa a las decisiones de otras personas. *Ciencia Cognitiva* 9:22-25.

Camacho Jiménez, K. 2016. Gestión del conocimiento: Aportes para una discusión latinoamericana. *Knowledge Management for Development Journal* 19.

Casas Cázares, R., Martínez Saldaña, T., González Cossio, F. V. y García Moya, E. 2007. Limitaciones y perspectivas del desarrollo rural sustentable en México. *Textual*: 67-100.

Castillo Herrera, B. y Villarreal M. 2015. Dinámica del programa productivo alimentario "hambre cero" de Nicaragua. *Orbis. Revista Científica Ciencias Humanas* 11.

Cogco Calderón, Adolfo Rogelio; Rodríguez Vargas, Miriam; Pérez Cruz, Jorge Alberto. 2010. Un análisis de la política social en México a través de los programas implementados por la Secretaría de Desarrollo Social y su relación con la descentralización de funciones: Una mirada desde lo local. *Iberoforum. Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana* 9:1-35.

Cordero, M. C. 2012. Historias de vida: Una metodología de investigación cualitativa. *Revista Griot* 5:50-67.

Creus, N. 2013. El concepto de poder en las relaciones internacionales y la necesidad de incorporar nuevos enfoques. *Estudios internacionales* 45:63-78.

DeWalt, K. M. y DeWalt, B. R. 2011. *Participant observation: A guide for fieldworkers*. Rowman Altamira.

Feito, M. C. 2007. Modalidades de intervención social sobre los horticultores bonaerenses: Una mirada antropológica. *Avá*:78-96.

Hernández Carrera, R. M. 2014. La investigación cualitativa a través de entrevistas: Su análisis mediante la teoría fundamentada. *Cuestiones Pedagógicas* 23:187-210.

Herrera Tapia, F. 2009. Apuntes sobre las instituciones y los programas de desarrollo rural en México: Del estado benefactor al estado neoliberal. *Estudios sociales* 17:7-39.

Hevia de la Jara, F. 2009. Mecanismos de participación ciudadana y control social en los programas de transferencia condicionada de renta en México y Brasil, un análisis comparado. *Nómadas* 22:383-402.

Hevia de la Jara, F. 2009. Relaciones sociedad-estado: Análisis interactivo para una antropología del estado. *Espiral* 15:43-70.

Hevia de la Jara, F. 2010. Uso político de programas sociales y nuevos intermediarios institucionales: El programa progresa/oportunidades en el sur de veracruz. *Desacatos*:119-132.

Kawulich, B. 2005. La observación participante como método de recolección de datos. *Forum: qualitative social research*. p. 1-32.

Long, N. 1989. Encounters at the interface: A perspective on social discontinuities in rural development. Agricultural University.

Long, N. 1990. From paradigm lost to paradigm regained? The case for an actor-oriented sociology of development. *Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe / European Review of Latin American and Caribbean Studies*: 3-24.

Long, N. 2007. Sociología del desarrollo: Una perspectiva centrada en el actor CIESAS y el Colegio de San Luis. p. 504.

Long, N. 2015a. Acercando las fronteras entre la antropología y la psicología para comprender las dinámicas de desarrollo rural. In: (Coordinador) F. L.s (ed.). *Hacia una psicología rural latinoamericana*. CLACSO Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. p. 77-96.

Long, N. 2015b. Activities, actants and actors: Theoretical perspectives on development practice and practitioners. Constructing a new framework for rural development. Emerald Group Publishing Limited. p. 31-58.

Long, N. y Liu, J. 2009. The centrality of actors and interfaces in the understanding of new ruralities: A chinese case study. *Journal of Current Chinese Affairs* 38:63-84.

Sánchez-Mejorada Fernández, M. 2004. De actores y programas sociales en la ciudad de México: El caso del programa de vivienda en lote familiar. *Andamios*: 77-108.

Vera, E. y Hevia, F. 2006. Relaciones sociedad civil-estado en México: Un ensayo de interpretación. *Cuadernos para la Democratización*:1-133.

Ziccardi, A. 2008. Las políticas y los programas sociales de la ciudad del siglo XXI. *Papeles de Población* 14:127-139.

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR E IMPLEMENTACIÓN COMO POLÍTICA PÚBLICA EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Ariadna Linares-Gabriel^{391*} y Felipe Gallardo-López³⁹¹

Resumen

Se realizó una reflexión sobre el paso del concepto de cadena de valor hacia las políticas públicas y su implementación en el sector agrícola. El presente ensayo tiene como objetivo realizar un ensamblaje conceptual de cadena de valor y las políticas públicas, así como su implementación en el sector agrícola. La metodología se basa en un análisis crítico de los conceptos de cadena de valor y su paso a las políticas públicas. Se encontró que las estrategias de acción dentro del sector agrícola surgen dentro de una construcción conceptual de cadena de valor utilizadas como una herramienta de análisis para la implementación de las políticas públicas para el desarrollo económico.

Palabras clave: ventaja competitiva, estrategias, empresas

Introducción

Una de las dificultades en la agricultura es que los productos agrícolas muestran una gran pérdida de calidad en poco tiempo (Reyes, 2012). Además de que los mayores incrementos de valor se producen fuera de la fase productiva, por lo que el agricultor necesita participar en esas otras fases del proceso agroalimentario (García et al., 2004).

Para comprender el enfoque agronómico, es necesario conocer el comportamiento de los mercados y las políticas agrícolas. Para ello vale la pena considerar el concepto de “cadena de valor”, que fue popularizado por Michael Porter (1986) a finales de la década de los 80.

³⁹¹ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. linares.ariadna@colpos.mx

Según este autor el concepto te permite identificar formas de generar más beneficio para el consumidor y con ello obtener ventaja competitiva. En la cadena de valor, los procesos centrales de la empresa implican una interrelación funcional que se basa en la cooperación.

Diseñar políticas públicas suele ser una actividad más parecida a redireccionar cursos de acción ya en desarrollo (Hernández, 2015), que son adoptadas por un actor o grupos de actores políticos que involucran la definición de metas y medios para su logro en el marco de una situación particular (Fischer et al., 2007).

Las políticas públicas se interrelacionan con las cadenas de valor cuando se conoce qué factores determinan la conducta de los agentes de la cadena, los tipos de vínculos y relaciones que se establecen entre éstos, así como las reglas explícitas y tácitas en que enmarcan sus conductas (Padilla y Oddone, 2016).

Así, cualquier iniciación, acercamiento o introducción al campo de las “Políticas Públicas” se debe hacer primero, desde la conceptualización y segundo desde lo que es un “problema público” (Salazar, 2012).

La implementación de las políticas públicas en la cadena de valor en el sector agrícola requiere una gobernanza para lograr un mayor grado de cooperación y vinculación entre el estado y las organizaciones no gubernamentales, entre los diferentes niveles de gobierno y actores sociales y privados (Pierre, 2000).

El presente ensayo tiene como objetivo realizar un ensamblaje conceptual de cadena de valor y las políticas públicas, así como su implementación en el sector agrícola.

Materiales y Métodos

La metodología se basa en un análisis crítico de los conceptos de cadena de valor y su paso a las políticas públicas.

Para la obtención de la información se consideraron criterios de inclusión con base a escritos y palabras claves y escritos relacionados al concepto de cadena de valor, políticas públicas, ventajas competitivas y planificación estratégica.

Se utilizaron los siguientes buscadores: Google académico, Springer Link (Springer's comprehensive online), Scielo (Scientific Electronic Library Online), Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal).

Resultados y discusión

El concepto de cadena de valor, surge del pensamiento económico, que da la pauta para la realización de políticas económicas. Tiene relación con la creación de empresas como motor de desarrollo de las economías modernas tanto en lo referente a la generación de ocupación como para el crecimiento económico (Urbano et al., 2007). De esta forma, la cadena de valor ha sido propuesta por muchos autores de la dirección estratégica de la empresa como instrumento de análisis interno, entre los que se podrían destacar a Johnson y Scholes (2000); Hax y Majluf (1997); y, Porter (1986).

El concepto de “cadena de valor” lo describe y populariza Porter (1986), en textos como ventaja competitiva y estudios de sectores industriales y de la competencia, publicados a finales de la década de los 80, que permiten identificar formas de generar más beneficio para el consumidor y con ello obtener ventajas competitivas.

Lo anterior compete a la planificación estratégica, que para Andrews (1971), es el conjunto de metas y las principales políticas para alcanzar dichas metas, establecidas de manera que definan en qué negocios está o debiese estar la empresa, cómo debiese ser el tipo de organización y la naturaleza de la contribución económica y no económica que busca conocer la actuación a sus accionistas, empleados, clientes y de la comunidad.

Jiménez y Peralta (2004), señalan que el pensamiento estratégico tiene como propósito complementar el ejercicio de planificación estratégica en la medida que propicia una mirada y visión de futuro como percepción dinámica de la realidad y como proceso de preconfiguración de alternativas viables.

Por lo tanto, la cadena de valor es una de las herramientas del pensamiento estratégico más comúnmente utilizadas en los procesos de planificación (Quintero y Sánchez, 2006).

De ahí que en la cadena de valor es pertinente la utilización de estrategias, que de acuerdo con Porter (1996), es la construcción única y valiosa en el mercado, sobre la base de un conjunto de actividades específicas y únicas de una empresa.

Por lo anterior, surgen dentro de las cadenas de valor tres conceptos: empresa, ventaja competitiva y política pública, éstas parten de la creación o construcción mental para posteriormente aplicarlas a la realidad social.

Considerando que la empresa es como un tipo determinado de organización (Gómez, 1988), que se encargará de la realización, integración o conformación de la cadena de valor de un producto determinado, esto permitirá describir las actividades más importantes para diagnosticar sus ventajas competitivas, de acuerdo a las actividades realizadas y con ello alcanzar (Miranda y Sánchez, 2009) el posicionamiento de algún producto y mantenerse en el mercado.

Lo anterior no puede ser logrado sin tomar en cuenta las reglas estructurales que en determinada acción se requieren, en este marco la política pública juega un papel pertinente, ya que es un proceso integrador de decisiones, acciones, inacciones, acuerdos e

instrumentos; adelantado por autoridades públicas con la participación eventual de los particulares (en este caso las empresas), y encaminado a solucionar o prevenir una situación definida como problemática (Velásquez, 2009).

Las políticas son entonces, la actividad del estado que crea valor público a través de combinaciones particulares de productos, decisiones vinculantes e ideas. Es la articulación de estos elementos que denominamos: “perfil de intervención pública”, lo que conduce (o no) a la realización de situaciones consideradas públicamente valiosas (Hernández, 2015).

En este ámbito de la conjunción entre el concepto de cadena de valor y de las políticas públicas en el sector agrícola surgen las estrategias de acciones transversales como se señala en el Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2013-2018), donde se plantea llevar a cabo políticas públicas que eliminen los obstáculos que limitan el potencial productivo de los ciudadanos y empresas. De igual manera incentivar entre todos los actores de la actividad económica el uso eficiente de los recursos productivos.

La propuesta de Porter (1986) y Tarziján (2008), es que la cadena de valor considere como actividades primarias o de valor agregado, las intervienen directamente en el proceso de construcción de valor de la empresa: logística interna, operaciones, logística externa, marketing y ventas y servicios.

De igual manera Tarziján (2008), menciona que las actividades de apoyo son aquellas que sostienen y permiten que el desarrollo de las actividades primarias se realicen de manera adecuada, como son: infraestructura de la empresa, administración de recursos humanos, desarrollo de tecnología y abastecimiento.

Por otra, la cadena de valor proporciona un esquema coherente para diagnosticar la posición de la empresa respecto de sus competidores y un procedimiento para definir las acciones tendientes a desarrollar una ventaja competitiva sostenible.

Como ya se ha mencionado desde el origen del concepto de cadenas de valor y dentro las políticas públicas, hay una gama de interdependencia de actores involucrados en la que no existe convergencia e impide la ventaja competitiva en el sector agrícola.

La utilización de la cadena de valor permite identificar capacidades, en la medida en que éstas representan una habilidad para resolver determinados problemas y hacer bien determinadas actividades.

Toda actividad de la cadena de valor y del sistema de valor es una fuente potencial para buscar o bien el liderazgo en costos o bien la diferenciación. Al mismo tiempo, no todas tienen el mismo significado para lograr la deseada ventaja competitiva.

Así, el proceso de seleccionar una ventaja competitiva comienza, según Hax y Majluf (1997), con la comprensión de la estructura de la industria, la selección de la estrategia genérica adecuada, que en este caso sería la diferenciación del producto vía calidad, y la identificación

de las actividades cruciales dentro de la cadena de valor que permitan que el negocio logre la correspondiente ventaja competitiva sostenible.

De acuerdo a García-Pérez (2004), la estrategia de integración horizontal o asociacionismo permitiría al agricultor dotarse de los recursos y capacidades necesarios para aportar al mercado un producto de mayor calidad que el que se obtendría por parte del agricultor individual.

Por lo tanto, el agricultor integrado aparece más propenso a percibir posibles mejoras en la calidad del producto, modificando las primeras actividades de la cadena de valor, opción que en menor porcentaje, también contempla el agricultor individual (García et al., 2004).

Este enfoque de cadenas de valor puede plantearse como herramienta de análisis en el sector agrícola y cumplir con las expectativas que plantea el Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2013-2018) dentro de las estrategias transversales tales como Democratizar la Productividad y tener un Gobierno Moderno, que pueden incidir en la calidad de vida de los productores.

Es un hecho no asimilado, desde diversos espacios de la sociedad, las dificultades con las que se encuentra la empresa agraria individual, debido a las condiciones económicas, políticas, técnicas y humanas, y principalmente a su reducido tamaño, para lograr una ventaja competitiva que le permita salvaguardar o inclinar a su favor las fuerzas del mercado, y en especial las relacionadas con las ventajas en costos y diferenciación. Esta última es considerada como la estrategia genérica adecuada para sectores maduros como el agrario (Menguzato y Renau, 1991; Aldanondo y Florido, 1995 y Munuera y Rodríguez, 1998).

La distribución del valor se realiza a través de los precios que se fijan en las transacciones entre los miembros del canal, por lo general mediante una negociación, que depende del poder de mercado que detentan las partes. En estas negociaciones se pueden dar un conjunto de prácticas abusivas o desleales, consecuencia del desequilibrio en el poder de mercado. Esta situación genera un conflicto entre las partes que puede tener consecuencias o externalidades, que se consideran nocivas para la economía y justifica una intervención de los poderes públicos (regulación) o bien que los propios agentes decidan excluirlas mediante la autorregulación (Cruz, 2015).

Pero también cuanto mayor sea la cuota de mercado que detente un competidor, más difícil será sustituirlo, encontrando mercados alternativos, pero también cuanto más diferenciado sea un producto (marca o denominación de origen) será más difícil su sustitución.

Este desequilibrio de poder en el mercado nos acerca a las condiciones materiales de operación de las políticas. En efecto, analizar una política es, en primer lugar, conocer qué se produce, cuánto y para quiénes (Hernández, 2015).

El Estado obliga y prohíbe, promueve y desalienta comportamientos en función del poder de coacción que los ciudadanos le reconocen. Éste puede sancionar, beneficiar o castigar

comportamientos en el marco de la legitimidad que le otorgan las leyes y con los límites y condiciones que éstas establecen. Las normas, en efecto, no sólo seleccionan comportamientos en la sociedad sino que también regulan la propia actividad del Estado estableciendo también para él obligaciones, prohibiciones, incentivos y desincentivos (Hernández, 2015).

Por lo anterior cabe la pena mencionar ciertos criterios que se deben considerar para el funcionamiento de la cadena de valor, por ejemplo en el caso del agricultor individual, el cliente-distribuidor es el que establece el precio en la mayoría de los casos, seguido muy de cerca por el propio agricultor; mientras que en el caso del agricultor integrado a alguna cooperativa, el mayor porcentaje lo ostenta el proveedor que coincide con el cliente, en segundo lugar el cliente-distribuidor, y el tercer lugar lo ocupa una negociación entre las partes (García et al., 2004).

Como se vuelve a apreciar, el agricultor individual se encuentra en una situación diferente al integrado pues mientras una importante proporción de los primeros establece el precio, calidad, técnica de producción y cantidad de producto, los segundos se encuentran controlados por ambos lados de la cadena de valor por los proveedores (García et al., 2004). Reyes (2012) menciona que un rasgo general del sector agrícola en particular, es que su producción se ve limitada relativamente. Ello se debe a que es en éste sector se reciben subsidios en especial en los países más desarrollados. Esto es un obstáculo muy significativo para la libre circulación de bienes agrícolas, al que se agregan otras medidas contra el libre comercio como cuotas, tarifas, aranceles directos y restricciones no arancelarias.

Situación que coincide con García et al. (2004), Cruz (2015) y Hernández (2015) donde las prácticas desleales y función de poder de coacción ocurren en su mayoría en productores individuales. Sin embargo, los grupos de productores necesitan mayor autonomía y empoderamiento para que las políticas públicas establecidas, se puedan regir tal y como son planteadas, por lo que se requiere un mayor desarrollo económico como lo plantea el Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2013-2018).

Conclusiones

Las estrategias de acción dentro del sector agrícola surgen de una construcción conceptual de cadena de valor, utilizado como una herramienta de análisis para la implementación de las políticas públicas para el desarrollo económico dentro del sector agrícola.

En el sector agrícola, los actores involucrados están en constante divergencia, lo que limitan tanto la ventaja competitiva de sus productos como la implementación de las políticas públicas.

El sector agrícola tiene que ser visto como empresa, para poder ser establecido así en las políticas públicas relativas a la comercialización de sus productos.

Literatura citada

Aldanondo, A. M. y Florido, C. 1995. El concepto de competitividad y su aplicación en el sector agrario. II Congreso Nacional de Economía y Sociología Agraria, Valencia. p. 56-60

Andrews, K. 1971. The concept of Corporate Strategy. Irwin. <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=pechXoVRX4EC&oi=fnd&pg=PA52&dq=Andrews,+K.+1971.+The+concept+of+Corporate+Strategy&ots=g71xk6aQ83&sig=p-7Xo7YAv5wOAakpxUdEtOnEGw8#v=onepage&q=Andrews%2C%20K.%201971.%20The%20concept%20of%20Corporate%20Strategy&f=false> [consultado el 20 de mayo de 2017].

Cruz, R.I. 2015. La cadena de valor y el canal de distribución agroalimentario conflicto y métodos de superación. *Mediterráneo Económico* 28:117-134.

Fischer, F., Miller, G. y Sidney, M. 2007. *Handbook of Public Policy Analysis: Theory, Politics, and Methods*. Lincoln, United States, CRC Press. p. 29-40.

García-Pérez, Á. M., Oreja-Rodríguez, J. R. y González-Dávila, E., 2004. La calidad en la cadena de valor del producto agroalimentario. Diferencias percibidas entre el agricultor individual y el asociado. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa* 10:1, 69-91.

Gómez B. Hernán. J. J. 1988. La empresa como organización: una propuesta de delimitación de su concepto. *Anales de Estudios Económicos y Empresariales* 3:225-238.

Hax, A. y Majluf N. 1997. *Estrategias para el liderazgo competitivo. De la visión a los resultados*. Prentice-Hall. 536 p.

Hernández, D. 2015. El Modelo de la Cadena de Valor Público para el análisis de políticas. Asociación Argentina de Presupuesto y Administración Financiera Pública. *Revista Institucional*. 54: 19 pp. <http://www.asap.org.ar/investigaciones-y-publicaciones/publicaciones/revistas/> [consultado el 20 de junio de 2017].

- Jiménez, S., y Peralta, M. A. 2004. Herramientas de planificación y pensamiento estratégico para la gestión del postgrado y el doctorado. Pautas y Lineamientos Generales 1:27-33.
- Menguzato, M. y Renau J.1991. La dirección estratégica de la empresa: Un enfoque innovador del management. Cuadernos. 23:127-135 <http://cuadernos.uma.es/pdfs/pdf498.pdf> [consultado el 20 de junio de 2017].
- Miranda P. M. y Sánchez, O. A. 2009. Alcanzando el éxito a través de la Sinergia entre las Tecnologías de la Información y la Cadena de Valor: El Caso de las PYME en el Cluster Minero de Antofagasta. J. Technol. Manage. Innov. 4(1):114-124.
- Munuera A. J. L. y Rodríguez, E. A. 1998. Marketing Estratégico: Teoría y Casos. Madrid. Pirámide. p. 731.
- Padilla, P. R. y Oddone, N. 2016. Manual para el fortalecimiento de cadenas de valor. CEPAL. p. 114.
- Pierre, J. 2000. Debating Governance. Oxford, Oxford University Press. p. 55.
- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Diario Oficial de la Federación pp. 99 http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013&print=true. [consultado el 15 de junio de 2017].
- Porter, M. 1986. Ventaja Competitiva. Editorial C.E.C.S.A. México. 556 pp.
- Porter, M. 1996. What is Strategy? Harvard Business Review.18 pp.
- Quintero, J y Sánchez, J. 2006. La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico. Telos 8(3):377-389.
- Reyes, Giovanni E. 2012. Problemas estructurales de empresas del sector agrícola y subsidio recurrente a otros sectores económicos en América Latina. Revista de Ciencias Sociales XVII (3):503-516.
- Salazar, V. C. 2012. La definición de Política Pública. Bien Común 18(209):47-52.
- Tarziján, J. 2008. Fundamentos de Estrategia Empresarial. Ediciones Pontificias Universidad Católica de Chile. 616 pp. <http://ediciones.uc.cl/ediciones-uc-econom%C3%ADa-y-administraci%C3%B3n-fundamentos-estrategia-empresarial-p-427.html> [consultado el 12 de junio de 2017].
- Urbano Pulido, D., Díaz Casero, J. C. y Hernández Mogollón, R. 2007. Evolución y principios de la teoría económica institucional. Una propuesta de aplicación para el análisis de los

factores condicionantes de la creación de empresas. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa 13(3):183-198.

Velásquez, G.R. 2009. Hacia una nueva definición del concepto “política pública”. Desafíos 20:149-187.

IMPULSO AL DESARROLLO ECONÓMICO DE LAS MUJERES INDÍGENAS CON VIVEROS DE TRASPATIO CON MORINGA

Luis Alonso Díaz Prieto^{392*}, Juan Carlos González Gallardo³⁹³, Yazmín Elizabeth Piña Alfaro³⁹³,
Ángeles Herrera Arroyo³⁹³ y Mario Alejandro Hernández Chontal^{392,394}

Resumen

Con el objeto de impulsar el desarrollo económico de las mujeres indígenas utilizando como estrategia viveros de traspatio con moringa. Se realizó el estudio en comunidades del sur de Veracruz. Para ello se implementaron viveros con moringa y se realizaron capacitaciones, y se trabajó en conjunto con mujeres indígenas. Lograron instalarse 6 viveros, 3 estratégicos y 3 operativos en relación al proyecto. Lograron beneficiarse 181 familias incluyendo además de mujeres, personas de la tercera edad, jóvenes y niños. Las mujeres compartieron sus experiencias adquiridas durante los talleres y lo más relevante fue cuando cada una de ellas presentó diferentes alimentos elaborados con la moringa como ingrediente principal.

Palabras clave: alimentación, desarrollo, capacitación

Introducción

³⁹² Centro de Enseñanza e Investigación para el Desarrollo Agrícola A.C. Acayucán, Veracruz. Autor por correspondencia: luis.alonso123@hotmail.com

³⁹³ Educación para el Desarrollo Rural A.C.

³⁹⁴ Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.

Moringa (*Moringa oleifera* Lam), se ha utilizado para consumo humano y animal por su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales (Fahey, 2005). Las semillas pueden ser usadas como floculante para purificar agua o para la producción de aceite (Rashid et al. 2008), las vainas como alimento y fertilizante, además de tener propiedades medicinales junto con flores, hojas, corteza y raíces (Fahey, 2005). Las hojas de moringa presentan actividad hipoglucemiante e hipotensora, entre otras actividades biológicas (Iqbal y Bhangar 2006). Debido a lo antes mencionado ha cobrado importancia e interés por las personas principalmente para su consumo. Las mujeres indígenas del sector rural enfrentan grandes retos para participar en la economía, la población que reside en las áreas rurales del país presenta niveles menores de desarrollo y de bienestar y constituyen uno de los grupos marginados principales. Viven en localidades dispersas, lo que les dificulta contar con infraestructura de servicios y de comunicación, además su principal sustento económico, lo constituyen las actividades agropecuarias. Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue impulsar el desarrollo económico de las mujeres indígenas utilizando como estrategia viveros de traspatio con moringa.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se escogieron tres comunidades (Figura 1) de forma estratégica para instalar los viveros experimentales, brindar las capacitaciones y consolidar los grupos de trabajo. Además de la ubicación con fácil acceso, se identificaron mujeres líderes y un interés a nivel comunitario, que facilitó llevar a cabo los objetivos planteados.



Figura 1. Comunidades de estudio.

El proyecto estuvo enfocado a las mujeres y sus familias que tienen como principal fuente de ingresos la producción de maíz y el ganado, las edades de las mujeres están en el rango de 25-50 años, en su mayoría beneficiarias del programa social federal, PROSPERA. Son mujeres indígenas de las etnias nahua y popoluca, viven en condiciones de marginación alta, pero cuentan con la capacidad de emprender propuestas e iniciativas que les permiten mejorar sus condiciones de vida. Se eligieron a 100 mujeres de las diferentes comunidades de los tres municipios.

De forma indirecta se beneficiaron a los hombres que son quienes se enfocan a las actividades productivas, ya que con el proyecto se les proveerá de insumos para mejorar sus cultivos. Pueden utilizar la moringa, es excelente como abono verde, para tratamiento de agua, como forraje para ganado, además de sus atributos medicinales.

Presentación del proyecto a las autoridades de las respectivas comunidades

Se presentó el proyecto a las autoridades, para coordinar las posteriores asambleas a nivel comunitario y dar a conocer a las mujeres y también a los productores la importancia del proyecto, para contribuir en la mejora desde el aspecto ambiental hasta nutricional de las familias campesinas.

Soteapan, se presentó el proyecto al Agente Municipal de la comunidad de Cuilonia Nueva quien nos apoyó para coordinar las primeras reuniones. En la marcha se contó con la participación de una vocal representante de las mujeres indígenas de la comunidad. Lo que facilitó realizar las actividades con ellas y contar con su participación.

Mecayapan, se presentó el proyecto en primera instancia con la Comisaria Ejidal y el Consejo de Vigilancia de la localidad de Huazuntlan. Quienes brindaron todo su apoyo para coordinar y apoyar en las asambleas comunitarias. El proyecto generó mucho interés y una respuesta alentadora por parte de las mujeres destacando la presencia de las vocales líderes, representantes de las mujeres de por lo menos 5 sectores de la comunidad (cada sector involucra alrededor de 50 mujeres). Aún más relevante fue cuando la comunidad solicitó que se presentara el proyecto a la Universidad Veracruzana Intercultural las Selvas. Para lograrlo se realizó una reunión de trabajo en las instalaciones de esta institución educativa donde se reunieron los Coordinadores de la Universidad, la Comisaria Ejidal de Huazuntlan y el coordinador y técnicos de campo de la asociación civil EDUDER. La reunión fue todo un éxito y se firmó un acuerdo de colaboración. Además, la institución apoyó prestando parte del terreno que dispone, para la instalación del vivero comunitario. Es importante mencionar que el manejo del cultivo en el vivero fue totalmente orgánico desde el control de plagas, por medio de la elaboración de repelentes con plantas nativas de la región y fertilización a base de la fermentación de plantas leguminosas ricas en nitrógeno. Por lo que la experiencia fue muy grata para ambas partes.

Pajapan, se trabajó en la misma cabecera municipal donde se presentó el proyecto al departamento de Fomento Agropecuario quien brindó el apoyo y realizó la vinculación con el Instituto Municipal de la Mujer, esto resultó muy alentador y dio el impulso para realizar el proyecto. El segundo paso fue presentar el proyecto al Presidente Municipal quien quedó fascinado y abrió todas las puertas para llevarlo a cabo, facilitó las instalaciones de la Biblioteca Municipal para realizar las capacitaciones y talleres y un espacio para instalar el vivero.

Instalación de viveros

Después de las primeras reuniones para convocar a los grupos de trabajo iniciamos con la instalación de los viveros, la única condición que pusimos para participar en el proyecto fue que tendrían que aportar de su trabajo para instalarlos. Lo cual tomaron muy bien pues como recompensa se les impartió capacitación mediante talleres innovadores y que generaron mucho interés entre los pobladores y sobre todo las plantas que al final se les repartieron entre los participantes y habitantes de la comunidad. Ya instalados los viveros la capacitación se enfocó al cultivo orgánico de la moringa en viveros, traspatios y parcelas.

El primer vivero para la producción de plantas de moringa se instaló en la comunidad de Cuilonia Nueva del municipio de Soteapan, en los terrenos que corresponden al ejido específicamente la comisaria ejidal. Se instaló la segunda semana del mes de agosto, donde

se registraron temperaturas muy altas, sin embargo, el cultivo se regaba dos veces por semana a partir de la siembra. Cabe destacar que la germinación ocurrió muy rápido a partir de los siete días después de la siembra, el crecimiento fue muy acelerado de tal modo que en 30 días las plantas ya contaban con unos 70 cm de altura y con muy buen vigor.

El segundo vivero que se instaló fue en la localidad de Huazuntlan del municipio de Mecayapan en los terrenos de la Universidad Veracruzana Intercultural. Se estableció en una parcela donde había mucha maleza a los alrededores, aquí se registró mucho la presencia de mosquitas, las cuales se ahuyentaron a partir de infusiones de cempasúchil, y neem. En un principio se trabajó con ajos y cebollas donde se tenían que realizar más de dos aplicaciones por semana.

El tercer vivero se instaló en el municipio de Pajapan, este inició su operación en noviembre, sin embargo la germinación y crecimiento de las plantas se vio limitado por las condiciones climáticas. Las bajas temperaturas que se registraron en esos días pusieron en letargo a las semillas, que germinaron a las dos semanas, el inicio se dio a partir de los 14 días. El crecimiento fue lento y se atribuyó a las bajas temperaturas.

Los viveros de Soteapan y Pajapan se establecieron dentro de los solares (traspaltos) de dos colaboradoras del proyecto. La presencia de plagas y enfermedades fue mínima reduciéndose solamente a gusanos, que rápidamente completaban su ciclo biológico sin causar un daño significativo a la planta. En la Figura 2 se reportan los temas de los talleres de capacitación, impartidos en la capacitación en las comunidades.

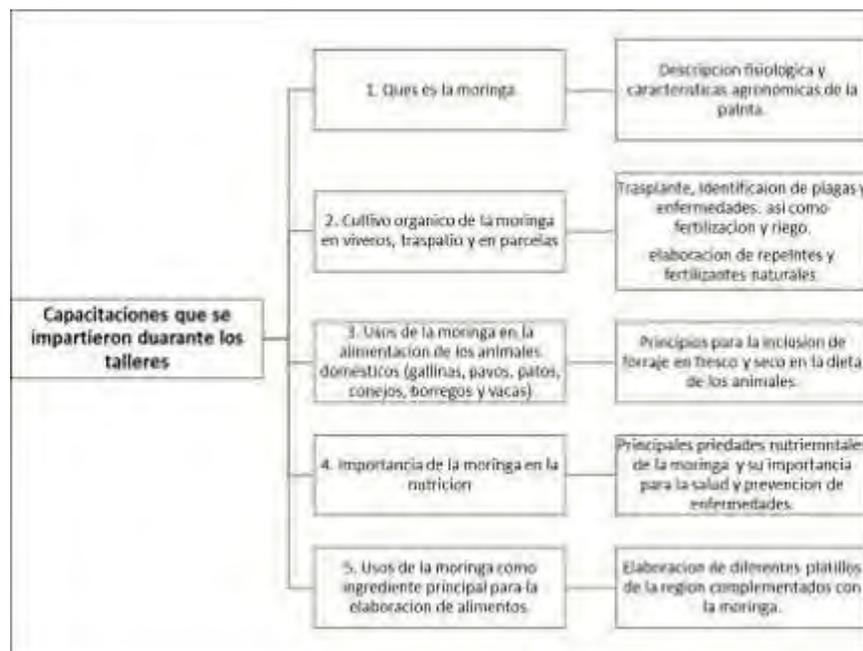


Figura 2. Temas impartidos durante las capacitaciones en las comunidades.

Para concluir realizamos dos foros masivos para involucrar a una cantidad mayor de las localidades donde se ejecutaron los proyectos: uno en Huazuntlan y uno en Pajapan, esto

con el objetivo de difundir el proyecto y promover los beneficios tanto nutricionales como al medio ambiente que nos brinda esta planta.

Resultados y discusión

Ayudó mucho en municipios como Mecayapan y Pajapan que la gente ya conocía la moringa por la gran difusión que le hacen por la radio y porque ya la venden por sus propiedades medicinales en especial para el control de la diabetes. También nos ayudó mucho la disposición de las autoridades locales y de las mujeres que participan en el programa de PROSPERA. Durante el proyecto tuvimos algunas dificultades en especial para la instalación de los viveros pues fue necesario traer los materiales de otros lados como la tierra negra que la trasladamos desde el municipio de Catemaco y la malla sombra con un 70% de sombra que la conseguimos en Puebla. La aceptación del proyecto fue muy buena, la enseñanza más importante ha sido la formación de las mujeres líderes como capacitadoras, para que en la siguiente etapa ellas puedan dar los cursos a sus grupos (capacitación campesino-campesino). Esto aparte de garantizar la permanencia del proyecto, permite la formación de nuevos grupos.

Otro elemento que no consideramos para esta fase fue la capacitación en el uso de la moringa en la alimentación. Sin embargo, dada la demanda se diseñó un taller de nutrición y alimentación con moringa en donde aprendimos todos junto con las mujeres las diferentes formas de cocinar la moringa. Nuestra propuesta inicial fue brindar herramientas para establecer el cultivo de la moringa como una fuente de ingresos sin embargo la iniciativa de las mujeres que participaron fue más allá y se establecieron sociedades cooperativas de mujeres para producir fertilizantes y repelentes naturales para los cultivos agrícolas. En el cuadro 1 se muestran los resultados logrados.

Cuadro 2. Indicadores de resultados en las comunidades.

Número de municipios atendidos.	La cobertura del proyecto abarca tres municipios; Soteapan, Mecayapan y Pajapan del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave			
	HUAZUNTLAN			
Número de familias que participan en las capacitaciones (número de niños y niñas, número de jóvenes hombres y mujeres y número de adultos mayores hombres y mujeres).	Familias beneficiarias indígenas etnias náhuatl			<u>62</u>
	0-14 años	M	0	H
	15-29	M	0	H
	30-44	M	23	H
	45-59	M	20	H
	60 y más	M	8	H
	PAJAPAN			
	Familias Beneficiarias indígenas etnias náhuatl			<u>84</u>

	0-14 años	M	0	H	
	15-29	M	7	H	
	30-44	M	32	H	
	45-59	M	27	H	
	60 y más	M	16	H	1
SOTEAPAN					
Cuilonia Nueva					
	Beneficiarios indígenas etnias Zoque popoluca				<u>35</u>
	0-14 años	M	0	H	0
	15-29	M	6	H	5
	30-44	M	7	H	5
	45-59	M	2	H	8
	60 y mas	M	1	H	1
	Total		16	19	35
Número de viveros instalados.	3 viveros instalados en puntos estratégicos tomando en consideración la ubicación, vías de acceso, disponibilidad de agua, terreno. 1 en la localidad de Cuilonia Nueva para proveer de plantas también a las localidades de Morelos, Mirador Saltillo y Benito Juárez. 1 en la localidad de Huazuntlan para proveer también a la localidad de Encino Amarillo. 1 en Pajapan para proveer a la cabecera municipal.				
Número de viveros operando.	3 viveros operando estratégicamente				
Cantidad de producción de planta por vivero.	1 en la localidad de Cuilonia Nueva con capacidad para 2500 plantas 1 en la localidad de Huazuntlan con capacidad para 1400 plantas 1 en Pajapan con capacidad para 1000 plantas Todos los viveros estuvieron al máximo de su capacidad debido a la distribución de los lotes y callejones dentro del espacio.				

Se generó una gran convocatoria reuniendo en cada evento un número significativo de mujeres que recibieron una plática referente a las bondades, propiedades y características de la planta de moringa, así como sus diferentes usos.

Como parte del programa en cada foro participaron mujeres donde compartieron las experiencias adquiridas durante los talleres y lo más relevante fue cuando cada una de ellas presentó diferentes alimentos elaborados con la moringa como ingrediente principal. Se reunieron un promedio de 90 mujeres indígenas de las etnias nahuas en Pajapan y Huazuntlan en el municipio de Mecayapan. Al final de los foros se les dio como cortesía una degustación de los alimentos donde los más solicitados fueron: las famosas chancletas de pollo con moringa que resultaron en una sensación y por si fuera poco uno de los grupos de trabajo en Pajapan ya comercializa tamales con moringa en su municipio y están generando un ingreso económico adicional a sus familias.

En el municipio se cultivan maíces criollos de manera natural sin involucrar el uso de agroquímicos ni fertilizantes y producen un rendimiento promedio de unos 900 kg por hectárea. El grupo de trabajo ha visto la posibilidad de producir fertilizantes y repelentes naturales y ponerlos a un bajo costo a disposición de los productores agrícolas de jícama,

camote, yuca y maíz. Además, se han hecho estudios con extractos de la hoja de moringa para repeler las garrapatas en el ganado bovino y están visualizando los diferentes usos que harán de la moringa para generarse ingresos además de que es un excelente ingrediente y con buen sabor en los alimentos. Un punto importante a mencionar es el gran interés que se ha generado entre los habitantes de los municipios de Mecayapan y Pajapan y muchas más personas están a la expectativa de los próximos eventos o capacitaciones referentes a la moringa. Por lo tanto, las expectativas son muy buenas.

Conclusiones

Los viveros con moringa son una estrategia de empleo y generación de ingresos para las mujeres indígenas. Por lo encontrado en el estudio la moringa logró ser una alternativa de alimentación para las mujeres. Es importante dar seguimiento a los proyectos para lograr el empoderamiento de las mujeres.

Literatura citada

Fahey, J. W. 2005. Moringa oleifera: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic and prophylactic properties. Part 1. Trees life Journal 1:1-15.

Iqbal, S., y Bhanger, M. I. 2006. Effect of season and production location on antioxidant activity of M. oleifera leaves grown in Pakistan. Journal of Food Composition and Analysis 19:544-551.

Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R., y Knothe, G. 2008. Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel. Bioresource Technology 99:8175-8179.

REVISIÓN Y ANÁLISIS PARA LA ESTRATIFICACIÓN DE PRODUCTORES DEL ESTADO DE VERACRUZ

Carmen Aridai Hernández Estrada^{395*}, Rogelio Miranda Marini³⁹⁵, Ana Lid del Angel Pérez³⁹⁵, y
Jeremías Nataren Velázquez³⁹⁵

Resumen

El presente estudio, surge de la necesidad de obtener la tipología de productores del estado de Veracruz; para ello se analizó la información obtenida en el diagnóstico del sector rural y pesquero: identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México 2012. Se utilizó la base de datos de la encuesta de línea base 2008, de los programas de la

³⁹⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. hernandez.carmen@inifap.gob.mx

SAGARPA y la encuesta nacional agropecuaria 2014. También, se consideraron datos recabados en los proyectos de investigación sobre su población objetivo, para canalizar eficientemente los desarrollos de investigación, programas públicos y propuestas alternativas para el aprovechamiento de los recursos naturales, refiriéndose a productos agrícolas que no son considerados de interés nacional o estatal, pero que forman parte de los productos cultivados en algunos estratos de productores. La metodología consideró revisión bibliográfica y análisis de información de bases de datos del estado de Veracruz, y se analizó con el programa SPSS v 19.

Palabras clave: estratos de productores, base de datos, tipología

Introducción

El periodo 2015-2016, fue crítico para la economía de México, ya que el sector rural sufrió el impacto desfavoreciendo al sector productivo agropecuario, con el incremento del precio del dólar, repercutiendo directamente en los costos de producción, entre muchos otros factores que pudieran señalarse (Naude y Andrade, 2017). Esta situación llevó a las instituciones a buscar la eficiencia en la utilización de los recursos económicos, y dar respuestas inmediatas a la problemática del sector. Derivado de ello, la planeación del Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el estado de Veracruz, y que atiende principalmente a productores agrícolas, requirió identificar las características de los productores de su entorno.

Para contar con un panorama de la población objetivo, la mayoría de los organismos públicos han realizado censos y muestreos que les permiten conocer y atender su población objetivo (Oliver y Santos, 2017; Klein y Tokman, 2000). De esta forma, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), clasifica mediante grados de marginación a la población, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Aranda et al., 2012), mide la pobreza en México y evalúa los programas sociales, y la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA), estratifica a los productores por ingresos, grado de marginación, educación, entre otros factores. La estratificación utiliza variables socioeconómicas principalmente para determinar proporcionalmente a las unidades de producción a nivel nacional o estatal, como los casos de Albala et al., (2005), quienes también consideran seis estratos, socioeconómicos, o bien en el ámbito pecuario Cuevas et al., 2016, tipificaron explotaciones ganaderas de doble propósito en Sinaloa, mientras que Góngora et al. (2010), caracterizaron la producción ovina en Yucatán. En Veracruz, Hernández et al. (2002), tipificaron a productores de mojarra tilapia e identificaron cuatro

estratos: empresarial, intermedio, artesanal e inicial; destacaron la necesidad de que la tipología de productores fundamente los programas de apoyo y asistencia técnica puesto que están sujetos a factores económicos, sociales, culturales y políticos que influyen y definen la idiosincrasia, economía y manejo tecnológico.

Además de la estratificación de productores, también es relevante la distribución de la agricultura en el estado y el país (García et al., 2017); hasta el ejercicio 2016, el estado de Veracruz consideraba la atención a las cadenas productivas importantes agrícolas (piña, plátano, papaya, mango, chayote, chile, vainilla, hule, arroz, limón persa, maíz, oleaginosas, cítricos, café, coco, ornamentales y caña de azúcar), pecuarias (aves, porcinos, ovinos, caprinos, bovinos carne, bovinos leche y miel) y acuícolas (trucha, tilapia y escama); Desafortunadamente la planeación estatal, también se ha rezagado (Koff et al., 2016), y las políticas nacionales partiendo de la encuesta nacional agropecuaria 2014 (INEGI, 2016), son la base para emitir la agenda de cultivos de importancia (García et al., 2017)), en los que Veracruz destaca en: maíz blanco, maíz amarillo, caña de azúcar, mango, café, limón, naranja, plátano, arroz, soya y chile, y con menor superficie sembrada en el estado aguacate, frijol, papa, jitomate y calabaza.

Materiales y métodos

Se realizó un análisis de literatura y datos de la encuesta de la línea base 2008, de los programas de la SAGARPA, los datos de dicha encuesta consideraron la parte productiva, es decir la obtención de los principales productos cultivados en el estado, en los diferentes estratos, y la información base se complementó con publicaciones del sector, con énfasis en el estado de Veracruz. La encuesta de línea base 2008 de los programas de la SAGARPA, aplicó un total de 1,569 encuestas en el estado de Veracruz, en diferentes estratos, y los clasifiqué en seis, principalmente por sus características socioeconómicas (Albala et al., 2005, FAO, 2012) en el caso del censo agropecuario 2014; a nivel nacional se muestrearon 66,398 unidades de producción, basadas principalmente en los productos de representatividad nacional y nueve de representatividad estatal en algunas entidades, y son los siguientes:

Estrato 1. Agricultura familiar, sin vinculación con el mercado, produce lo que consume y aun así no le alcanza y busca ingresos adicionales; Estrato 2. De carácter familiar con ventas de productos primarios, lo cual corresponde al costo de oportunidad de la mano de obra del medio rural. Obtienen ingresos externos por trabajo asalariado; Estrato 3. Estrato empresarial

en transición; Estrato 4. Estrato empresarial frágil; Estrato 5. Estrato empresarial pujante. Ventas de más de 500 mil al año; Estrato 6. Empresarial dinámico con ingreso en millones/año. La encuesta nacional agropecuaria, también permitió la estratificación de productores basado en el acceso a riego o temporal y la superficie, enfocada en los 34 cultivos de interés nacional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estratificación de productores riego y temporal, y superficie, con enfoque nacional.

Estrato	Riego o temporal	Superficie en Ha
Autoconsumo	Riego	Hasta 0.2 ha
Transición		> de 0.2 a 5 ha
Comercial		> de 5 ha
Autoconsumo	Temporal	Hasta 5 ha
Transición		> de 5 a 20 ha
Comercial		> de 20 ha

Resultados y discusión

Del análisis de los cultivos considerados en el cierre anual SIAP (2016), de acuerdo a los reportados para el estado de Veracruz en el SIACON (2014), se deriva la información del Cuadro 2.

Cuadro 2. Superficie sembrada de los principales cultivos en Veracruz.

No.	Sistema Producto	Agenda 2017	ENA 2014	Cultivo	Superficie Sembrada 2016 (Ha.)
1	Maíz	Sí	Sí	Maíz Grano	586,501.55
2	Caña Azúcar	Sí	Sí	Caña De Azúcar	300,753.25
3	Cítricos	Sí	Sí	Naranja	168,573
4	Café	Sí	Sí	Café Cereza	145,407.25
5	Limón Persa	Sí	Sí	Limón	45,430.76
6	Piña	Sí	No	Piña	35,105
7	Frijol	Sí	Sí	Frijol	34,597
8	Mango	Sí	Sí	Mango	17,927.00
9	Plátano	No	SI	Plátano	15,590.72
10	Hule	No	No	Hule Hevea	15,451.00
11	Oleaginosas	Sí	Sí	Soya	13,800

12	Cítricos	No	No	Tangerina	11,392.50
13	Cítricos	No	No	Mandarina	9,073.90
14	Sorgo	Sí	Sí	Sorgo Grano, forrajero y Escobero	9,506
15	Cítricos	Sí	No	Toronja (pomelo)	7,465.75
16	Palma de aceite	Sí	No	Palma Africana o de Aceite	7,151
17	Papa	No	Sí	Papa	6,124.75
19	Chile	Sí	Sí	Chile Verde	5,893
20	Cítricos	No	No	Tangelo	5,169
22	Arroz	Sí	Sí	Arroz Palay	4,279
23	Papaya	Sí	No	Papaya	3,576
24	Chayote	No	No	Chayote	2,392
25	Plátano	No	Sí	Hoja De Plátano (velillo)	2,255
33	Tabaco	No	No	Tabaco	1,010
35	Vainilla	Sí	No	Vainilla	840

Aunque la información se muestra parcialmente, se identifican los sistemas producto del estado, que representan el 95% de la superficie cultivada. Algunos de ellos pueden no ser considerados como importantes en el estado y son reconocidos por la encuesta nacional agropecuaria (ENA, 2014), y por importancia económica y demanda, destacan. Así mismo, la agenda de innovación 2017 menciona los cultivos importantes para el país, y aunque no se muestran en el Cuadro 2, Veracruz produce 91 cultivos, de los que solo se enlistan por sistema producto y de importancia nacional.

Para la definición de los tipos de productores de la estratificación propuesta por la SAGARPA y que se describe en el Cuadro 3, se compara con los datos a nivel nacional que reporta González (2012). De acuerdo con la información se comprueba que el mayor porcentaje de la población del sector agropecuario en Veracruz se encuentra en el estrato E2, aunque hay zonas marginadas y forman parte del E1, como Chiapas y Oaxaca. Veracruz es un estado que se caracteriza por ocupar el quinto lugar en la aportación al PIB agropecuario, lo que se relaciona por tener un porcentaje alto de productores en los estratos E3, E4, con respecto a los valores nacionales; los estratos E5 y E6, en el estado de Veracruz se encuentran en la media nacional, esto se debe en esencia a que los terratenientes producen cultivos de exportación como limón, café y piña.

Cuadro 3. Población en el estado en los estratos sugeridos por la SAGARPA.

Estratos	% UER por estrato en Veracruz	% UER por estrato Nacional
E1: Familiar de subsistencia sin vinculación al mercado	2.2 %	22.4 %
E2: Familiar de subsistencia con vinculación al mercado	59.2 %	50.6 %
E3: En transición	15.6 %	8.3 %
E4: Empresarial con rentabilidad frágil	14.3 %	9.9 %
E5: Empresarial pujante	8.5 %	8.4 %
E6: Empresarial dinámico	0.2 %	0.3 %
Total	100%	100 %

A nivel estatal, los productores del estrato 1, se encuentran en las zonas de alta marginación consideradas dentro de los municipios de la cruzada nacional contra el hambre, en Veracruz destacan los distritos de desarrollo rural (DDR) 1,12 4 y 5 principalmente.

El estrato 1. Se dedica únicamente agricultura familiar, sin vinculación con el mercado produce lo que consume y aun así no le alcanza por eso busca ingresos adicionales. En este estrato los principales cultivos son maíz y frijol o maíz-frijol (Figura 1), en este estrato un 5.8% puede tener especies mayores, las cuales registran como bovinos; a pesar de que estudios en zonas marginadas señalan que un 35% de la población en promedio tiene aves de traspatio, aunque no precisamente para satisfacer sus necesidades de consumo.

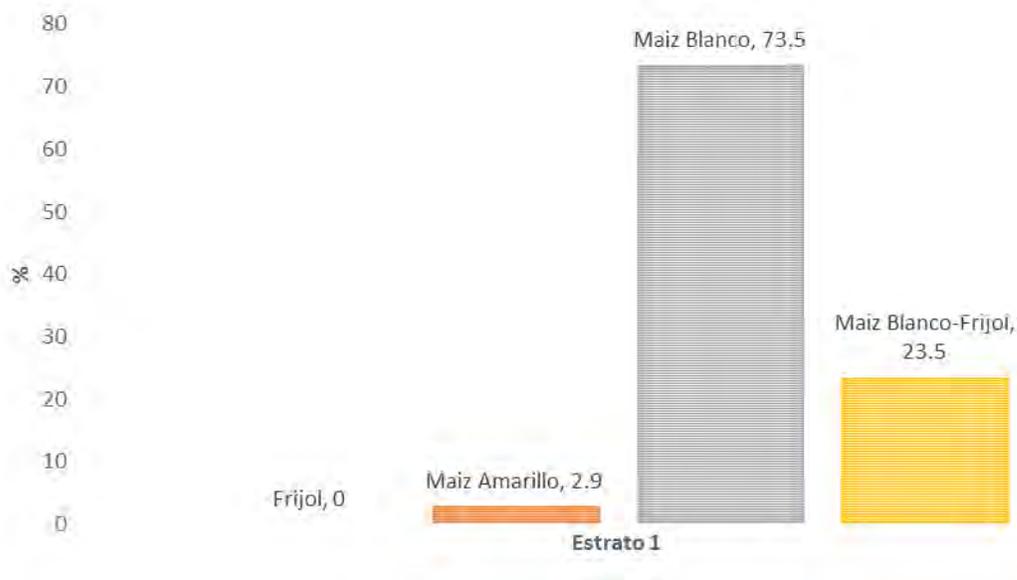


Figura 1. Distribución porcentual de los cultivos en el estrato 1.

El cultivo principal del estrato 1 es el maíz, seguido de la asociación maíz-frijol, ambos considerados cultivos básicos, aunque el frijol es una oleaginosa importante en la alimentación no se registraron siembras exclusivas de este cultivo como fue el caso del maíz blanco y en menor medida el maíz amarillo.

De acuerdo con los datos de la encuesta el mayor porcentaje de la población agropecuaria es catalogada en el estrato 2, las Figuras 2 y 3 muestran los cultivos que destacan, este tipo de productores se caracteriza por abastecer parte del consumo familiar y las ventas de productos primarios, lo cual corresponde al costo de oportunidad de la mano de obra del medio rural. Este estrato percibe ingresos externos, principalmente por trabajo asalariado, es decir aquí se ubican todos aquellos productores que venden su mano de obra por la realización de oficios como albañilería, fontanería, jornalero o tienen algún negocio en su localidad como una tienda, tortillería, papelería, etc, estos datos son similares a los que documentan De la Garza et al. (2016) y Oliver y Santos (2017).



Figura 2. Distribución de los principales cultivos en el estrato 2.

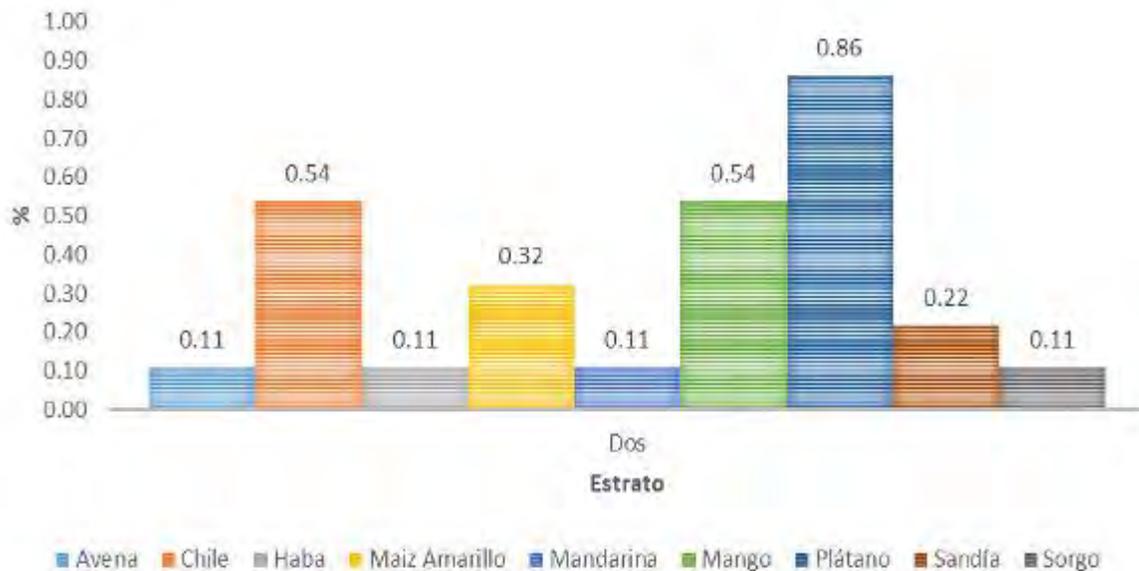


Figura 3. Distribución de los cultivos presentes en menos del 1% de la población del estrato 2.

Aún con esta diversidad de cultivos presentes en el estrato dos, existen las siguientes variantes, hay 16 cultivos diferentes, pero 12 de ellos siempre están asociados en el 56% de las unidades de producción con maíz, sobresalen cultivos como: café, naranja, caña, limón y frijol con una distribución uniforme. A través del análisis de esta información podemos observar como este estrato busca involucrarse en los sistemas producto reconocidos por el mercado, como: arroz, cítricos (naranja y mandarina), limón persa, plátano, mango, chile, caña, café, coco y maíz en agrícolas; así como bovinos, cerdos, aves, caprinos y ovinos en el caso pecuario así mismo hacen uso de la diversificación. Este estrato pudiera representar el más complejo en atención porque carece en demasía de muchos temas, bajo nivel de escolaridad, no tiene infraestructura, poca introducción de tecnologías en la producción agropecuaria y en consecuencia bajos rendimientos.

Estrato 3. Empresarial en transición. Este estrato logra desplazar y colocar parte de su producción en el mercado, inclusive es muy tendiente a buscar la transformación artesanal de los productos, sin embargo, su rentabilidad es muy tambaleante, principalmente por un bajo nivel tecnológico, activos productivos insuficientes, baja capacidad de inversión. En el estado de Veracruz, los cultivos que predominan en este estrato se muestran en la Figura 4. El 34.7% de los productores de este estrato se dedican exclusivamente a la actividad pecuaria. Hasta 2012 se consideraba que la mayor proporción de productores agropecuarios del estado de Veracruz se encontraba en el estrato 3.

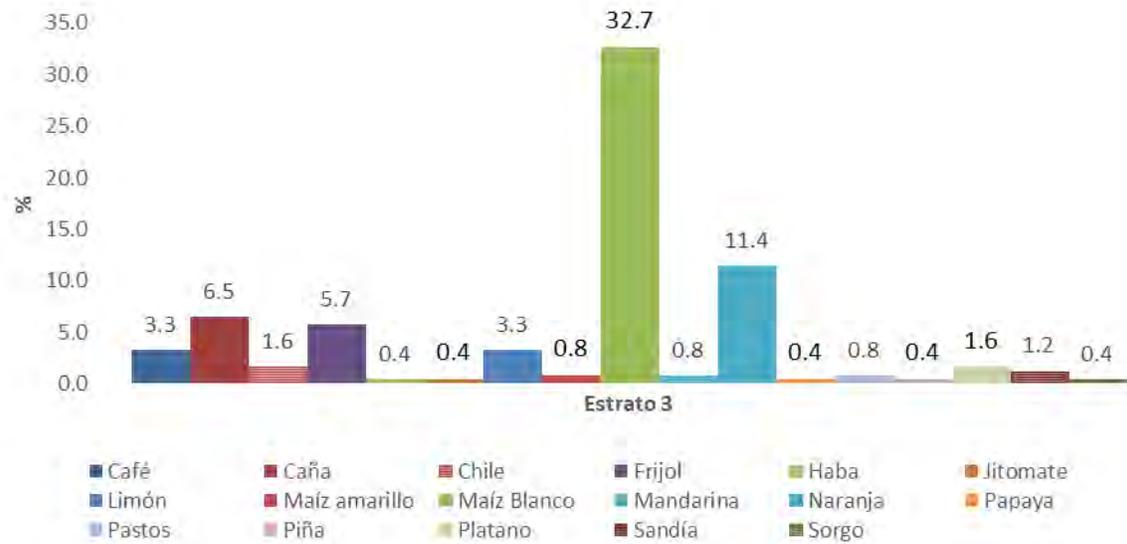


Figura 4. Principales cultivos agrícolas de los productores del estrato 3.

El estrato 4 representa en Veracruz el 14.3%, se considera como un estrato empresarial con rentabilidad frágil, aunque obtiene un promedio de ventas de \$151,958/año, su rentabilidad es mínima, y basa sus ingresos principalmente en la actividad primaria es este estrato empieza a haber menor población analfabeta y puede tener un promedio de 37.5 ha. Los principales cultivos en el estado de Veracruz en este estrato se muestran en la Figura 5.

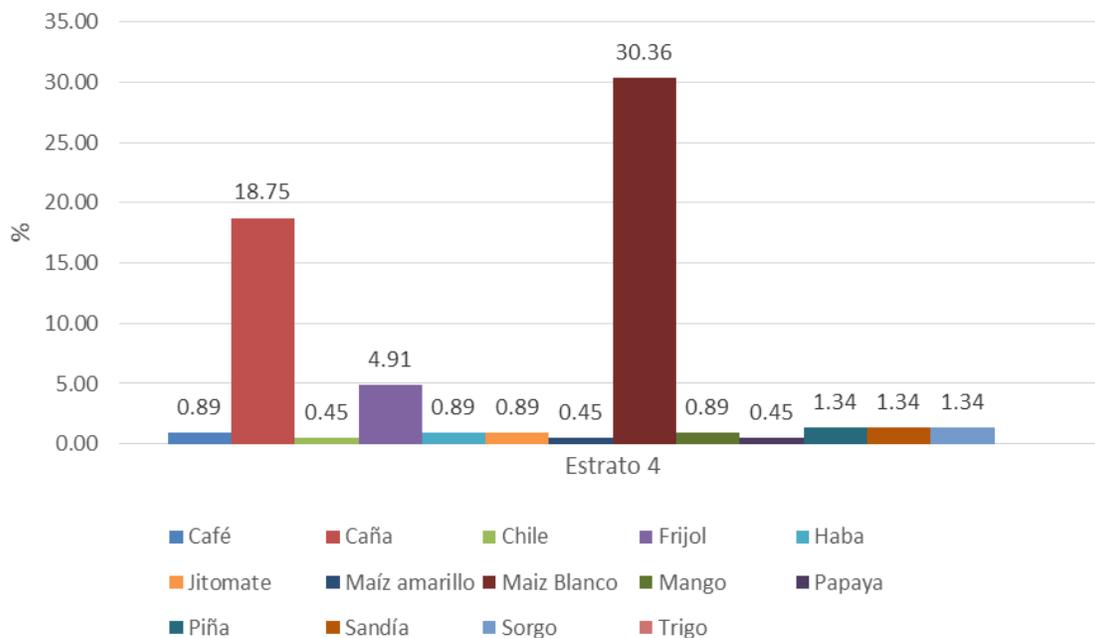


Figura 5. Principales cultivos agrícolas de los productores del estrato 4.

El estrato 4 en Veracruz el 31.3% se dedica exclusivamente a la actividad pecuaria. Se considera que en este estrato una de las principales limitaciones es la baja capacidad de gestión empresarial; el Estrato 5 denominado empresarial pujante, en Veracruz representa solo el 8.5% del sector se considera que obtiene un promedio de ventas por año de \$562,433. En el estado destacan los cultivos que se muestran en la figura 6. Estrato 6, empresarial dinámico, en Veracruz solo representa el 0.2%, del sector se considera que obtiene ingresos de hasta \$11'700,000/año. Los representantes de este estrato, tienen mayor nivel educativo, y en el estado destacan los cultivos piña y caña.

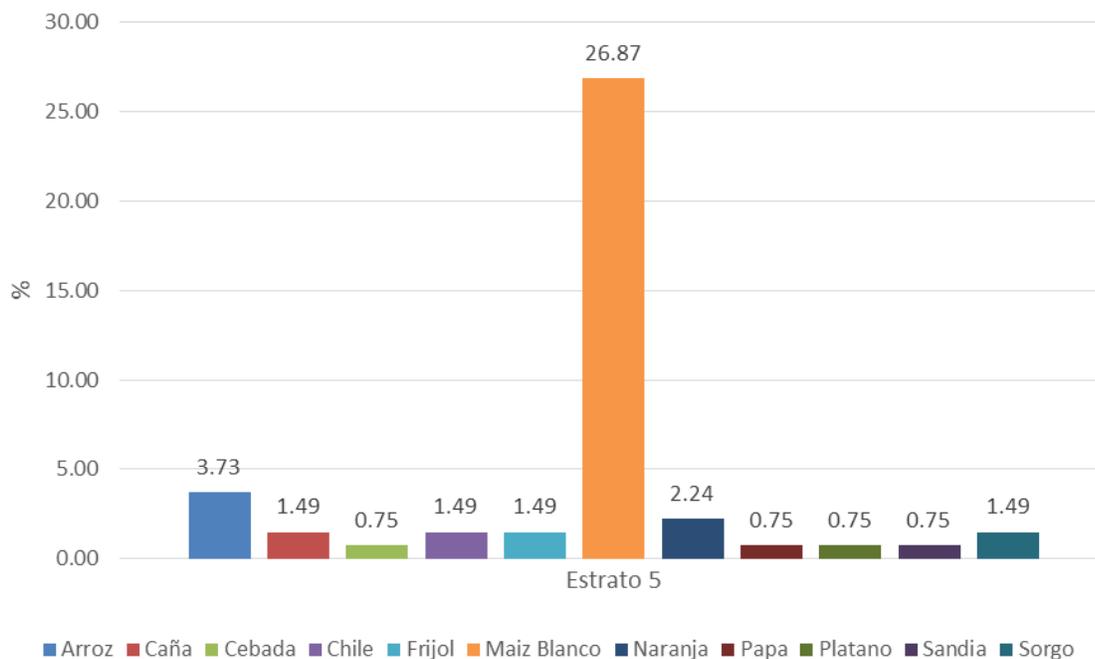


Figura 6. Principales cultivos agrícolas de los productores del estrato 5.

Conclusiones

Definir la tipología de productores en el estado de Veracruz, a partir del análisis de información nos permitió un acercamiento a la realidad actual, así mismo dar la importancia a los cultivos o sistemas producto formalizados y conocer el resto de posibilidades en el resto de los cultivos, pero de igual forma destaca el interés de los productores desde el estrato 2, por incursionar en cultivos de alguna cadena productiva importante en el estado; lo cual también deja ver la necesidad de plantear alternativas tecnológicas al nivel de este estrato pues sus superficies de cultivo, acceso al riego e infraestructura no los colocan en las mismas condiciones que los estratos más altos.

Literatura citada

Albala C., M. L. Lebrao, E. M León D., R. Ham C. A., J. Hennis, A. Palloni et. al. 2005. Encuesta Salud, Bienestar y Envejecimiento (SABE): metodología de la encuesta y perfil de la población estudiada. Revista Panam Salud Pública 17(5/6):307-322.

Aranda, B. R., J. M. Lima V., E. E. Minor C., C. H. Pérez C. y H. H. Sandoval G. 2012. Construcción de las líneas de bienestar. Documento metodológico. Metodología para la medición de la pobreza. CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social). México D.F. 74 p. http://docreader.readspeaker.com/docreader/?jsmode=1&cid=bzyxi&lang=es_mx&url=http%3A%2F%2Fwww.coneval.org.mx%2FInformes%2FCoordinacion%2FINFORMES_Y_PUBLICACIONES_PDF%2FConstruccion_lineas_bienestar.pdf&autotag=0&referer=http%3A%2F%2Fwww.coneval.org.mx%2FInformesPublicaciones%2FPaginas%2FMosaicos%2FConstruccion-de-las-lineas-de-bienestar.aspx&v= [consultado el 6 de junio de 2017].

Cuevas, R. V., A. Loaiza Meza, J. A. Espinosa García, A. Vélez Izquierdo y M. D. Montoya Flores. 2016. Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos doble propósito en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 7(1):69-83.

De la Garza, N. T., C. R. Pérez G., K. Barrios S., D. M. Franco V. y C. Aguilar. F.

2016. Evolución de la canasta alimentaria y del índice la tendencia laboral de la pobreza. CONEVAL. México. 11 p.
http://www.coneval.gob.mx/Evaluacion/Paginas/estructura_alcance_instrumentos_CNCH.aspx

X

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. Diagnóstico del sector rural y pesquero: identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México. Identificación de la Problemática que atiende PROCAMPO. México: FAO, SAGARPA.
<http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otras%20Evaluaciones/Attachments/22/Procampo%20Diagnostico%20FINAL%2022.03.212.pdf> [consultado el 6 de octubre de 2017].

García, A. G. R., A. C. Pérez M., A. R. Miranda, C. and A. E. García. 2017. Food sovereignty: The approach from the territories and agrifood networks/A soberanía alimentar: O enfoque desde os territórios e as redes agro-alimentares. SAPIENTIAE 2(2):127-147.

Góngora-Pérez, R. D., S. F. Góngora-González y M. Á. Magaña-Magaña. 2010. Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. Agronomía mesoamericana 21(1):131-144.

Hernández, M. M., J. L. Reta M., F. Gallardo L. y M. E. Nava T. 2002. Tipología de productores de mojarra tilapia (*Oreochromis spp*): base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPS) en el estado de Veracruz, México. Tropical and subtropical agroecosystems 1(1):13-19.

Klein, E. y V. Tokman 2000. La estratificación social bajo tensión en la era de la globalización. Revista CEPAL 72:7-30.
http://200.9.3.98/bitstream/handle/11362/10705/072007030_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y [consultada el 6 de junio de 2017].

Koff, H., E. Zamora, M., C. Maganda, and O. Pérez-Maqueo. 2016. Ecosystem integrity and policy coherence for development: Tools aimed at achieving balance as the basis for transformative development. Regions and Cohesion 6(3):77-92.

Martínez-Domínguez, M., J. Mora-Rivera J., A. Yúnez-Naude, F. Parra-Inzunza, J. L. Jaramillo-Villanueva e I. Carranza-Cerda. 2017. Cambios sociodemográficos y económicos de los hogares en el México rural, 2002-2007. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 14(1):83-104.

Naude, A. Y. y G. Andrade S. 2017. Efectos multiplicadores de las actividades productivas en

el ingreso y pobreza rural en México. *El Trimestre Económico* 75(298):349-377.

Oliver, L. G. y Santos, A. T. (2017). La política de desarrollo rural en México. ¿Existe correspondencia entre lo formal y lo real? *Economía UNAM* 14(42):93-117.

SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2014. Subsector agrícola. https://www.google.com.mx/search?dcr=0&source=hp&q=SIACON+2014&oq=SIACON+2014&gs_l=psy-ab.3...2965.8521.0.9711.6.6.0.0.0.217.1092.0j4j2.6.0....0...1.1.64.psy-ab..0.5.883...0j0i10k1.0.w13Ja8bvG_o [consultado el 6 de junio de 2017].

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Producción agrícola.

<https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [consultado el 6 de junio de 2017].

DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÍNIMO DE INVENTARIO EN EL MERCADO DE AZÚCAR EN MÉXICO

José A. García-Salazar³⁹⁶ y Luis A. Flores-Cruz³⁹⁶

Resumen

El conocimiento del inventario mínimo es importante porque evita altos costos de almacenamiento. Con el objetivo de determinar el inventario mínimo que garantice el abasto

³⁹⁶ Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Economía. *Autor para correspondencia: flores.luis@colpos.mx.

del consumo doméstico y de las exportaciones de azúcar se solucionó un modelo de equilibrio espacial y temporal y se aplicó al mercado del azúcar en la zafra 2014/15. Los resultados indican que una reducción del inventario inicial de 831 a 416 miles de t disminuiría los costos de almacenamiento en 595 millones de pesos, aumentaría el ingreso del productor en 637 millones de pesos y generaría una ganancia social de 637 millones de pesos.

Palabras clave: exportaciones, volatilidad de precios, espacial, inter-temporal

Introducción

Su uso como materia prima para ciertos productos determina que el azúcar sea uno de los alimentos energéticos más importante en el sector agroalimentario de México. En la zafra de octubre de 2014 a septiembre de 2015 el consumo nacional aparente de azúcar fue 4.41 millones de t (CONADESUCA, 2016a). En el periodo de 2008 a 2013 el consumo per cápita anual de azúcar fluctuó entre 40 y 50 kg, superior al de otros productos básicos como el frijol, el arroz y el trigo, y sólo fue superado por el maíz (FAO, 2017). Con un rendimiento promedio en fábrica de 11.16%, la producción de azúcar en la zafra 2014/15 fue de 5.98 millones de t. El 73.6% de la producción total abasteció el consumo doméstico y 26.4% se exportó a los EE.UU. (CONADESUCA, 2016b).

El azúcar proviene de la industrialización de la caña (*Saccharum officinarum* L.) en 54 ingenios distribuidos en el Golfo, sur, occidente, noreste y centro de México. En la zafra 2014/15 la superficie cosechada de caña fue de 785 mil ha de la cual se obtuvo una producción de 53.68 millones de t (CEMA, 2016).

Al depender de las condiciones biológicas y climáticas, la producción de caña y azúcar es estacional. La zafra inicia en octubre de un año y finaliza en septiembre del siguiente, determinando meses como agosto, septiembre y octubre donde se reduce la disponibilidad de azúcar, y otros como enero, febrero, marzo y abril en donde es frecuente que la producción rebase el millón de t (CONADESUCA, 2016b).

Debido a la estacionalidad de la producción y la distribución uniforme del consumo se requiere almacenar y hacer un manejo de inventarios de azúcar. Datos de CONADESUCA (2016b) indican que los inventarios al inicio (octubre) de las zafras 2012/13, 2013/14 y 2014/15 fueron de 966, 1,460 y 831 miles de t, y que los inventarios finales (septiembre) fueron de 1,460, 831 y 810 miles de t, respectivamente. Si el inventario inicial se compara con el consumo doméstico promedio de azúcar (367 mil t), la diferencia es alta y genera la siguiente interrogante ¿Es óptimo el manejo de inventarios de azúcar? La respuesta hace necesario revisar cuestiones de logística relacionadas con los inventarios.

Se pueden distinguir dos enfoques para el manejo de inventarios: el push y el pull (Ballou, 2004). El enfoque push se basa en la estimación de la demanda y en base a este pronóstico se calcula el inventario requerido para satisfacerla; la empresa debe pronosticar la cantidad de producto que será demandada para producirla y venderla. El enfoque pull mantiene un inventario mínimo porque la empresa sólo produce lo que se demanda. Una desventaja del enfoque push es que los pronósticos sobre la demanda y las ventas a menudo no son exactos, y esto lleva a una acumulación indeseada de inventarios y altos costos de almacenamiento; sin embargo, los altos inventarios tienen la ventaja de satisfacer cualquier aumento inesperado en la demanda. La ventaja del enfoque pull es el bajo costo de almacenamiento por el inventario mínimo, y una desventaja es el riesgo de no poder abastecer un aumento inesperado en la demanda. El sector azucarero mexicano parece practicar el control inventarios push, lo cual genera altos costos de almacenamiento.

Considerando la importancia del azúcar, este trabajo formula un modelo que replica el funcionamiento del mercado del edulcorante. El objetivo del estudio fue determinar el inventario mínimo que permita el abasto del consumo y las exportaciones de la zafra 2014/15.

Materiales y métodos

La solución del modelo de equilibrio espacial e inter-temporal aplicado al mercado del azúcar para la zafra 2014/15 consideró la producción, el consumo y las exportaciones de azúcar estándar y refinada, la distribución de la producción, el abasto del consumo y el almacenamiento. La formulación del modelo se basó en Takayama y Judge (1971) y en estudios empíricos que han usado modelos de equilibrio espacial (García y Skaggs, 2015; Borja et al., 2013).

La función objetivo maximiza el valor social neto, y es igual al área bajo la curva de demanda de azúcar (estándar y refinada), más el valor de las exportaciones, menos el área bajo las curvas de oferta, menos los costos de transporte y almacenamiento. Las restricciones del modelo son ecuaciones de balance que indican cómo se abastece el consumo de azúcar y como se distribuye la producción.

El modelo consideró todas las regiones consumidoras de azúcar (31 estados y CDMX), 54 ingenios (1 en Campeche, 1 en Colima, 2 en Chiapas, 6 en Jalisco, 3 en Michoacán, 2 en Nayarit, 3 en Oaxaca, 2 en Puebla, 1 en Quintana Roo, 4 en San Luis Potosí, 3 en Tabasco, 2 en Tamaulipas, 2 en Sinaloa, 2 en Morelos y 20 en Veracruz), y 12 puntos de salida de las exportaciones (Veracruz, Coatzacoalcos, Tampico y Progreso en el Golfo; Ciudad Hidalgo y

Lázaro Cárdenas en el Pacífico; y Ciudad Juárez, Mexicali, Nogales, Piedras Negras, Nuevo Laredo y Matamoros en el Norte).

Se realizó el siguiente escenario: Se redujo el inventario inicial de azúcar estándar y refinada hasta determinar un mínimo que permitiera el abasto del consumo y exportaciones en la zafra 2014/15.

El modelo usó información mensual para la zafra 2014/15 (octubre de 2014 a septiembre 2015). Las funciones de oferta y demanda se calcularon utilizando la elasticidad precio de la oferta y demanda, los precios al productor y consumidor, y las cantidades producidas y consumidas de azúcar. El modelo también usó información sobre precios internacionales, exportaciones de azúcar por puerto y frontera, costos de transporte y costos de almacenamiento. La solución del modelo de programación se obtuvo usando el procedimiento MINUS escrito en el lenguaje de programación GAMS.

Resultados y discusión

Los datos de la zafra 2014/15 indicaron que la producción, el consumo y las exportaciones fueron 5,985; 4,408; y, 1,581 miles de t, respectivamente, lo cual indica excedentes de azúcar exportados. Del total de la producción, 70.4% fue de azúcar estándar y el restante 29.6% de azúcar refinada; y del total de consumo, 75.3% correspondió a azúcar estándar y un 24.7% a azúcar refinada. En el caso de exportaciones, el 38.9% fue de azúcar refinada y 61.1% de azúcar estándar.

Los resultados del modelo indican que los inventarios iniciales podrían disminuir de 831 a 416 mil t, garantizando el abasto del consumo y exportaciones en 2014/15. Si lo anterior sucediera, los inventarios anuales (suma de inventarios mensuales) pueden disminuir de 17.97 a 12.98 millones de t; el inventario promedio mensual se ubicaría en 1.08 millones de t, sería de cero en noviembre y su valor máximo se observaría en mayo con 2.19 millones de t.

Los resultados del modelo base indican que en la zafra 2014/15 el excedente económico del mercado azúcar fue de 283,741 millones de pesos. Las exportaciones se valoraron en 6,778 millones de pesos, los costos de transporte zonas productoras a mercados domésticos y puertos fueron de 1,970 y 836 millones de pesos, mientras que los costos de almacenamiento ascendieron a 2,127 millones de pesos. El valor social neto en el escenario base fue de 285,586 millones de pesos, y el gasto de consumo (por ventas domésticas) e ingreso del productor fueron de 40,735 y 42,580 millones de pesos.

La reducción de inventarios al mínimo no tendría efectos en el excedente económico, ni en el valor exportado. Los costos de transporte para mover la producción de azúcar disminuirían en 23 millones de pesos (1.52 millones de pesos) por el cambio en la cantidad que se tiene

que almacenar. Los costos de transporte para mover el azúcar de los ingenios a los puertos también disminuirían en 19 millones de pesos por los cambios que se darían en la logística. El costo de almacenamiento disminuiría en 595 millones de pesos, incrementando el ingreso del productor en 637 millones de pesos. El resultado neto del escenario sería positivo, ya que la disminución en los inventarios hasta un mínimo mejoraría el bienestar de la sociedad por la generación de más valor social neto el cual aumentaría en 637 millones de pesos; dicho indicador pasaría de 284,586 a 286,223 millones de pesos, representando un aumento de 0.2%, respecto al modelo base.

Conclusiones

La formulación de un modelo de equilibrio espacial e inter-temporal del mercado de azúcar permitió determinar el inventario inicial que se requeriría para abastecer oportunamente el consumo doméstico y las exportaciones del edulcorante de la zafra 2014/15. El inventario inicial podría disminuir hasta poco más de 400 mil t garantizando el abasto; lo anterior permitiría disminuir considerablemente los costos de almacenamiento y mejorar el ingreso al productor.

Literatura citada

Ballou, R. H. 2004. Logística Administración de la cadena de suministro. 5a ed. Pearson Educación. México, D. F. 789 p.

Borja-Bravo, M., García-Salazar, J. A. y Skaggs, R. K. 2013. Mexican fresh tomato exports in the North American market: A case study of the effects of productivity on competitiveness. *Can. J. of Plant Science* 93:839-850.

CEMA (Compañía Editorial del Manual Azucarero S.A. de C.V.). 2016. Manual Azucarero Mexicano. 59ª Edición. México, D. F. 495 p.

CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016a. Información proporcionada en archivo electrónico por la Subdirección de Eficiencia Productiva y por la Subdirección de Comercio Internacional. [consultado el 01 de agosto de 2016].

CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016b. Balance nacional de azúcar, varios meses. Disponible en: <http://www.gob.mx/conadesuca>. [consultado el 01 de agosto de 2016]

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. FAOSTAT-Food supply-Crops Primary Equivalent. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/CC> [consultado el 10 de enero de 2017].

García-Salazar, J.A. y Skaggs R. 2015. Strategies for white and yellow maize cultivar improvement research and technology transfer in Mexico. *Agronomy J.* 107:1425-1439.

Takayama, T. y Judge G.G. 1971. Spatial and temporal price and allocation models. North-Holland Pub. Co.

ANÁLISIS DE LA VOLATILIDAD DEL PRECIO DEL AZÚCAR EN MÉXICO

Ivonne N. Ramos-Sandoval³⁹⁷, José A. García-Salazar^{397*} y Mercedes Borja-Bravo³⁹⁸

Resumen

³⁹⁷ Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. *davalos@colpos.mx.

³⁹⁸ Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

En los mercados existen diversos factores que pueden intervenir en la formación y comportamiento de los precios, sobre todo en productos de primera necesidad como el azúcar. Dichos precios determinan el comportamiento de la oferta y la demanda, para los participantes en todos los procesos productivos y de consumo. Mediante análisis de la volatilidad de precios, se puede identificar el origen de algunos problemas sobre la oferta. Por ello, se analizaron elementos de precios al mayoreo en las principales centrales de abasto del país, empleando observaciones de los últimos 12 años. Los resultados muestran la presencia de una variabilidad cíclica y estacional, con ciclos de 19 meses, y la variación estacional con periodos de precios altos en septiembre. El mayor precio del azúcar estándar se encontró en la central de la Ciudad de México con $1.83 \text{ \$ kg}^{-1}$, entre el precio real y desestacionalizado, y el precio mínimo se reportó en marzo de 2010 que fue de $-0.95, \text{ \$ kg}^{-1}$. El estudio de las variables detectar problemas de estacionalidad en la producción de azúcar, que puede ser atendido a través de la programación de cosechas de caña de azúcar, insumo requerido para la producción del edulcorante.

Palabras clave: precio del azúcar estándar, estacionalidad, variabilidad cíclica, oferta

Introducción

La producción promedio total de azúcar en México es cercana a 6 millones de toneladas, y la participación promedio por tipo de azúcar es de 62% estándar, 30% refinada, 4% blanca, 3.6% mascabado y 0.1% orgánica. El cultivo de caña de azúcar en México es de enero a julio, y se produce en 15 estados, donde Veracruz produce el 36.1%, Jalisco (14%), San Luis Potosí (8.1%) y Oaxaca (7.5%); dichos estados cubren en promedio el 65.4% de las 824 mil ha de caña sembradas en el país. (CONADESUCA, 2016). La agroindustria azucarera por su parte es importante por la fuente de empleo que genera, más de dos millones de forma directa e indirecta (UNC, 2017), la producción de azúcar inicia en octubre y finaliza en septiembre del siguiente año. Debido a la perecibilidad del cultivo, la producción de azúcar no es constante a lo largo del año, por lo que los precios se caracterizan por ser fluctuantes y volátiles.

La volatilidad se refiere a la disminución y a los aumentos violentos en el precio, y favorece al consumidor quien paga precios bajos, pero es perjudicial para el productor de azúcar y el de caña de azúcar. Datos del Sistema Nacional de Información Integral de Mercados (SNIIM, 2017) indican una marcada variación en los precios de azúcar estándar y refinada. Dichas variaciones son generadas por una demanda constante y a la estacionalidad de producción de caña de azúcar y por ende del azúcar y la variación de los precios internacionales del

azúcar. Las variaciones en el precio, son el resultado de una mezcla de cambios asociadas a la tendencia, la estacionalidad, los ciclos y a un conjunto de factores aleatorios (Tomek y Kaiser, 2014). El objetivo es analizar las fluctuaciones características de los precios del azúcar tratando de cuantificar las fluctuaciones estacionales y cíclicas del precio y la hipótesis es que los componentes estacionales y cíclicos explican un buen porcentaje de la fluctuación del precio del azúcar. El análisis permitió analizar los componentes estacionales y cíclicos, que explican las participaciones de los componentes en las fluctuaciones del precio del azúcar.

Materiales y métodos

Para alcanzar el primer objetivo de la investigación se realizó un análisis de las fluctuaciones características de los precios del azúcar estándar en el periodo de octubre de 2004 a septiembre de 2016. Para determinar la naturaleza de las fluctuaciones del precio (PC) se calcularon los precios reales (PR), los componentes de tendencia (T), estacionalidad (S), cíclico (C) e irregular (I). El análisis de las fluctuaciones características de los precios se ha realizado por diversos autores (Barceinas et al., 1999; Gujarati and Porter, 2010; Tomek y Kaiser, 2014). Dichos estudios usaron un método de análisis cuantitativo que permitió desagregar los componentes de la serie de manera multiplicativa y aditiva. Para el análisis de este trabajo fue seleccionado el modelo aditivo, el cual permite la estimación, la modelación y el pronóstico de la serie de tiempo de los precios del azúcar estándar.

Para estimar cada uno de los componentes del precio del azúcar; el componente estacional se calculó utilizando un índice estacional. Dicho índice se realizó con el método de porcentaje medio, en el cual los datos se expresan como porcentaje de la media anual. El precio desestacionalizado del azúcar de determinado mes en el año, se obtuvo dividiendo la serie original (TSCI) entre el índice estacional (S), la diferencia entre el precio real del azúcar y el precio desestacionalizado es el componente estacional de la serie del precio. El componente de tendencia se obtuvo a través de la estimación de una función polinomial en donde el precio desestacionalizado de azúcar es la variable dependiente y el tiempo variable independiente, descontando al precio desestacionalizado el componente de tendencia, obteniendo el componente cíclico y aleatorio. Para obtener el componente cíclico se calculó un movimiento de medias móviles centrado a 12 meses. Finalmente, al componente CI se le restó el componente cíclico para obtener la variación aleatoria. Para realizar el análisis se utilizó una serie de datos que consideró 144 meses, que corresponden al periodo de enero de 2004 a diciembre 2016. La presencia de volatilidad se verificó al graficar y observar el comportamiento de los precios en las diferentes centrales de abasto. Los precios semanales

se deflactaron por el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), con base en septiembre de 2016 para determinar los precios reales.

Resultados y discusión

Los indicadores estadísticos permiten observar la existencia de una fuerte variación de los precios a lo largo de la serie; por ejemplo, algunas medidas de tendencia central, como la media, la mediana y la moda del precio del azúcar (10.81, 10.12 y 12.5 \$ kg⁻¹) son mayores en Nuevo León, más que en la CDMX (10.20, 9.55 y 9.37 kg⁻¹). La relación de precios mínimos del azúcar en la central de abasto de la CDMX, donde fue de 6.81 \$ kg⁻¹, inferior en 150 % al precio máximo ubicado en 17.02 \$ kg⁻¹. Una situación similar se presentó las centrales de abasto de Guadalajara y Monterrey. Los coeficientes de variación describen la cantidad de variabilidad con relación a la media; dicho coeficiente se ubicó en 24.35 en la CDMX, en 23.63 en Guadalajara, y en 24.00 en Monterrey. El valor del coeficiente indica la existencia de volatilidad en los precios del azúcar estándar. Respecto a la estacionalidad de los precios, se presenta el Índice Estacional (IE), indicador que determina la existencia de variación estacional en los precios del azúcar estándar. El IE para la Central de Abasto de la CDMX tiene mayores valores en octubre, noviembre, agosto y septiembre, meses que coinciden con el inicio y finalización de las zafras; en estos meses el valor del índice fue de 104.71, 101.74, 105.72 y 112.08%. El IE mínimo se presentó en marzo, abril y mayo. En estos meses se registran los inventarios más altos lo que incrementa la disponibilidad de azúcar que se envía al mercado provocando excesos de oferta temporales que disminuyen los precios. El Componente Estacional (CE) de los precios al mayoreo, es positivo en meses donde los precios son altos y negativo, en meses de precios bajos en las centrales de estudio. El valor máximo del CE en las Centrales de Abasto de la CDMX, Guadalajara y Monterrey fue de 1.83 y 1.65 y 1.78 \$ kg⁻¹ y se presentó en el mes de septiembre. El valor más bajo del CE se presentó en la central de Guadalajara -0.88 en marzo de 2010. Los datos anteriores son evidencia de la existencia de un componente estacional en la fluctuación característica de los precios del azúcar estándar. La existencia de un CE es consecuencia de la estacionalidad de la producción del azúcar y de la relativa uniformidad del consumo en el tiempo. Modificar la estacionalidad de la producción no es posible porque la producción de caña depende de las condiciones climáticas y biológicas, y la demanda de productos agrícolas depende de las costumbres y tradiciones del consumidor. Sin embargo, algunas políticas de control de la oferta relacionadas con las ventas y el manejo de inventarios podrían implementarse en el caso de la caña de azúcar, dichas políticas son algunas propuestas en la literatura y trabajos similares (García et al., 2011; Barraza et al., 2013;

García et al., 2014), donde se recomienda el ordenamiento de mercados eliminando excesos de oferta temporales o la sincronización de la producción con el consumo.

Conclusiones

El análisis de precios al mayoreo del azúcar estándar mostro problemas en los ciclos y la estacionalidad de los precios, el problema estacional es derivado de la temporalidad de la producción de caña de azúcar. El problema cíclico se explica por la fluctuación de los precios internacionales del azúcar. La volatilidad que caracteriza a los precios del azúcar en México es nociva para el ingreso de los ingenios y productores de caña en periodos de precios bajos, se recomienda la implementación de políticas de control de la oferta para enfrentar las variaciones estacionales y cíclicas.

Literatura citada

Barraza, R. B. A, J. A. García S. y J. S. Mora F. 2013. Producción de melón y sandía en la Comarca Lagunera: un estudio de planeación para reducir la volatilidad de precios. *CIENCIA ergo-sum* 22(1):45-53.

Barceinas, P. F., G. R. Bouchain, M., A. Mendoza y G. L. A. Ruíz. 1999. Tópicos en Economía Matemática y Econometría. Gráficos Eón, S.A. de C.V. México. D. F. 305 p.

CONADESUCA (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2016. Sistema Sinfocaña. Ir a sistema. Reportes. Dato acumulado. Informe de caña, azúcar producida y superficie. Zafra de 2011/12 a 2016/17. Ver reporte. <http://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/Consulta/ReportesP.aspx?f=1&acu=1>. [consultado en febrero de 2017].

García, S. J. A., R. K. Skaggs and T. L. Crawford. 2011. Analysis of strategic industry planning and organizacional opportunities for Mexican cantaloupe producers. *HortScience* 46(3):439-444.

García, S. J. A., R. K. Skaggs and T. L. Crawford. 2014. Excess supply and Price volatility in the Mexican potato market: A decision making framework. *American Journal of Potato Research* 91(3):291-303.

Gujarati, D. N. and D. C. Porter. 2010. *Econometría*. 5ª Edición. McGraw-Hill. México D.F. 769 p.

SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2017. Mercados Nacionales. Precios de Mercado. Mercados agrícolas. Azúcar. http://www.economia-sniim.gob.mx/Sniim-anANT/e_SelAzu.asp. Febrero de 2017 [consultado en febrero de 2017].

UNC (Unión Nacional de Cañeros A.C.). 2017. Apoyo Técnico. Estadísticas. <http://caneros.org.mx/actual/> [consultado en febrero de 2017].

Tomek, W. G. and H. M. Kaiser. 2014. Agricultural Product Prices. Fifth Edition. Cornell University. New York, USA. 394 p.

TURISMO ALTERNATIVO EN LA REGIÓN DE LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ

Andrea Ivonne Carrillo Vargas³⁹⁹, Dora Angélica Ávalos de la Cruz^{399*}, Carlos García³⁹⁹ y José Pedro Juárez Sánchez⁴⁰⁰

³⁹⁹ Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. *davalos@colpos.mx

⁴⁰⁰ Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

Resumen

En la región de las Altas Montañas de Veracruz en los últimos 20 años han aumentado los sitios de prestación de servicios de turismo alternativo que fortalecen la oferta turística interna. Sin embargo, se requiere caracterizar estos emprendimientos y en general el turismo alternativo potencial, dado que se desconocen los aspectos básicos de ubicación, costo, perfil del turista que buscan, temporadas, oferta de recursos, integración en la cadena turística. El objetivo de este estudio fue conocer los emprendimientos, recursos y atractivos del turismo alternativo en la región de las Altas Montañas de Veracruz para caracterizar los productos turísticos actuales y sus potenciales, y así diseñar una propuesta de productos turísticos. Para realizar esta investigación primero se consultó a informantes clave, para la elección de estos informantes se identificaron unidades responsables de turismo en cada uno de los municipios, a partir del censo de emprendimientos de turismo alternativo se visitaron a los seleccionados en la muestra para verificar que pertenecen a esos municipios y corroborar que se practica alguna actividad relacionada con el turismo alternativo. Después con la información organizada de los emprendimientos turísticos y de los Programas de Desarrollo Municipales se realizó un análisis de componentes principales para la clasificación y jerarquización de emprendimientos, atractivos y recursos turísticos. De los 57 municipios que comprende la región, 30 cuentan con una dirección de turismo, de acuerdo a la información recolectada en base a experiencia personal, informantes clave y fuentes secundarias se encontraron aproximadamente 110 atractivos turísticos de los cuales no todos son conocidos y 195 emprendimientos con diferentes etapas de desarrollo y consolidación. Estos resultados indican que el plan de desarrollo turístico regional a largo plazo fortalecerá la transición a un mejor aprovechamiento y conservación de los atractivos, una visión integral de las actividades turísticas en la región y hacia un turismo sostenible.

Palabras clave: turismo de naturaleza, turismo de aventura, turismo rural, planificación turística, desarrollo regional

Introducción

El turismo es uno de los sectores económicos más importantes y dinámicos en el mundo actual, tanto por su nivel de inversión, participación en el empleo, aportación de divisas, como por la contribución al desarrollo regional. Es una forma de diversificar la oferta turística y fortalecer el desarrollo comunitario, pretende el bienestar de las familias campesinas prestadoras de servicios de esparcimiento en sus comunidades, desde aspectos económicos, sociales y ambientales.

Esta alternativa turística, a diferencia del turismo masivo de sol y playa, representa una oportunidad de conocer los atractivos naturales y culturales de regiones nacionales (Tecpan, 2009). En el caso de México, es un país muy atractivo para visitar, tanto por locales como por extranjeros, por poseer recursos, y recientemente productos turísticos basados en la naturaleza, principalmente en la biodiversidad; y es considerado entre los diez países más ricos del mundo en especies animales y vegetales.

El país se encuentra dividido en dos grandes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical. Esta condición hace que México tenga mares, desiertos, bosques, humedales, selvas húmedas, selvas secas y pastizales (INEGI, 2017). Veracruz es uno de los Estados más diversos en recursos naturales y culturales, que para desarrollar productos turísticos ha sido dividido en 7 regiones: Región Huasteca, Región Totonaca, Región Primeros Pasos de Cortés, Cultura y Aventura, Región Las Altas Montañas, Región Los Tuxtlas, Región Olmeca. México debe desarrollar e implementar modelos que consoliden acciones para el turismo de naturaleza, dado que las políticas de turismo de los estados se han centrado en el turismo de sol y playa. Una ventaja competitiva es la cercanía con Estados Unidos y Canadá, en donde México ha generado productos diseñados específicamente a este segmento de mercado, que se realiza cada año en los meses de marzo-abril en donde se preparan los diversos servidores turísticos para atender a los “spring breakers”. Si bien la derrama económica que generan es importante, diversos estudios demuestran que sólo impacta directamente a las grandes corporaciones hoteleras, y es mucho menor impacto en los trabajadores y en las regiones donde se encuentran estos desarrollos del concepto todo incluido. Por lo que es necesario promocionar y desarrollar otros destinos que permita controlar la llegada masiva a estos destinos, que presentan problemas de contaminación y sobrecarga (López et al., 2016).

Así mismo, la falta de continuidad y congruencia de la política turística nacional que aunado al exceso de burocracia desalientan la realización de nuevos proyectos es un factor que ha repercutido para que México haya obtenido bajos niveles de competitividad (Ibañez et al., 2010).

La actividad turística aporta el 8.7% al PIB en México, y es el tercer país de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) cuyo turismo aporta más al PIB, lo que se considera es una alternativa para el desarrollo económico de nuestro país para fomentar este el tipo de turismo que se puede realizar en cada región para entender su potencial y orientar esfuerzos al desarrollo comunitario y el desarrollo regional.

La capacidad del turismo de generar divisas y aportes suplementarios a la Balanza de Pagos de los países en vías de desarrollo hace que este sector ayude a la financiación de procesos de desarrollo, además, el turismo genera ingresos debido al consumo secundario que

realizan los turistas en sus desplazamientos y a la diversidad de inputs que requiere la realización de la producción turística (Palomo, 2003); lo que ha provocado la creación tanto de empleos directos como indirectos que a su vez ha permitido a las familias mejorar sus condiciones de vida (Cañada, 2010).

Veracruz es un destino turístico de preferencia nacional donde la mayoría de la población carece de la cultura de servicio al turismo, es decir, no se encuentran preparados para recibir al turismo como una alternativa de desarrollo, y por esta misma razón no se tienen estudios donde se profundice sobre los tipos de turismo que se realizan en el estado.

De acuerdo a Mora (2006), los sistemas de planeación estratégica insertos en el programa nacional y estatal de desarrollo, para el Estado de Veracruz no constituyen un factor de apoyo para el desarrollo del turismo alternativo, al carecer de una planificación de largo plazo.

La región de Las Altas Montañas en el centro de Veracruz cuenta con una superficie de 6,053 km², que representan 8.4% del territorio estatal, por lo cual ocupa el quinta lugar por su extensión territorial.

En esta región se sabe que se prestan servicios de turismo alternativo, pero se desconoce en gran medida los tipos de turismo alternativo y las características de los productos turísticos. Por lo que la principal aportación de este trabajo consistirá en ofrecer información básica sobre el turismo alternativo actual y potencial para una planificación a largo plazo.

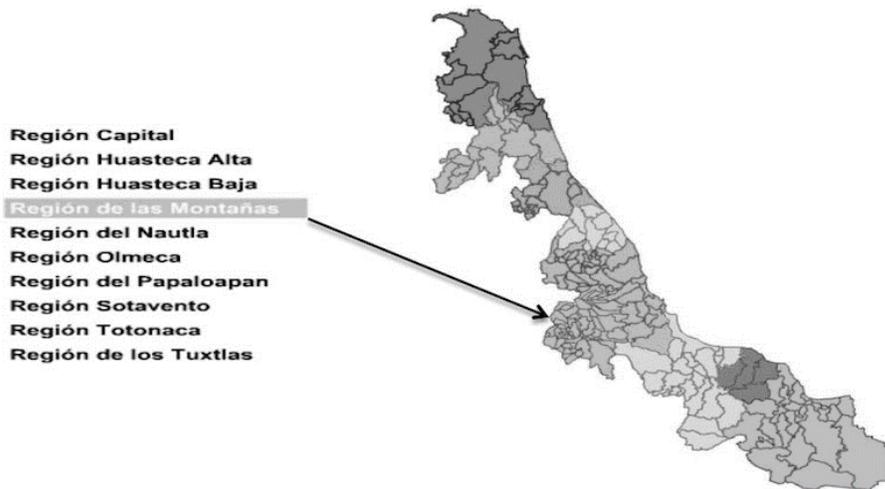


Figura 1. Región de las Altas Montañas.

Materiales y métodos

En la primera etapa se realizó un directorio de las instituciones de turismo con el propósito de conocer información secundaria de los municipios en relación a las actividades de esparcimiento en turismo de naturaleza. Enseguida se consultó a informantes clave con una entrevista semiestructurada para identificar y valorar los recursos, atractivos y productos turísticos de sus territorios, y en general de la región.

Para la elección de los informantes clave se identificaron unidades responsables de turismo en cada uno de los municipios y posteriormente con los informantes externos que conocen la región.

A partir del censo de emprendimientos de turismo alternativo se realizaron visitas de verificación a alrededor de 20% de los emprendimientos seleccionados en la muestra para verificar la información y construir un mapa regional.

Mediante el uso de Quantum Gis se aplicaron técnicas de análisis espacial para mostrar la información obtenida mediante mapas turísticos de la región, así mismo con R Studio se realizó un análisis de estadística descriptiva.

Resultados y discusión

De los 57 municipios que conforma la Región de las Altas Montañas, 30 cuentan con dependencias donde se ofrece información turística. De acuerdo a la información colectada en base a experiencia personal, informantes clave y fuentes secundarias se encontraron

aproximadamente 110 atractivos turísticos de los cuales no todos son conocidos y 195 emprendimientos en la región de los cuales se pueden proponer diferentes rutas turísticas para ofrecer diferentes productos turísticos, satisfacer las necesidades de todos los tipos de turistas y sobre todo mejorar el desarrollo económico de la región.

Los emprendimientos encontrados en la región y los posibles que se puedan desarrollar en cuanto al turismo alternativo se clasificaron de la siguiente forma (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de los municipios dentro del turismo alternativo.

Tipo de Turismo	Municipios con emprendimientos de turismo
Turismo de Aventura	37
Turismo Rural	10
Ecoturismo	14
Agroturismo	25

Se identificaron 22 atractivos turísticos relacionados con cascadas, grutas y senderos. Además, fiestas y tradiciones municipales o regionales que fortalecen la oferta turística regional.

Es importante mencionar que la mayoría de los emprendimientos turísticos se encuentran en una etapa de inicio, a su vez se encontró con emprendimientos que debido a la falta de promoción por parte de las instituciones correspondientes decidieron no continuar con la prestación de servicios, lo cual también afecta a los nuevos emprendimientos.

Existe una oferta amplia para el desarrollo de otros tipos de turismo, como el histórico o el cultural, incluso el gastronómico, así mismo las comunidades muestran una excelente recepción para trabajar con proyectos de turismo.

Se nota la ausencia de capacitación turística por parte de los prestadores de servicios, ya que ellos clasifican sus emprendimientos o servicios en diferentes ramas de turismo.

La infraestructura es un punto favorable en la región ya que se cuentan con carreteras en buen estado haciendo más fácil la llegada de turistas a los municipios y las vías de comunicación también son favorables en la zona.

Gran parte de la población económicamente activa se dedica al sector primario, aplicando la agricultura a sus municipios dentro de las principales actividades es la siembra de caña de azúcar y el maíz y solamente el 16% de la población de la región cuenta ya emprendimientos.

Así mismo es importante mencionar que 9 de 30 municipios que la Región de Las Altas Montañas que prestan servicios de turismo alternativo se mantienen con el mismo grado de rezago social en los últimos 15 años, en base al análisis también observamos que los municipios más grandes tienen un rezago social de muy bajo a medio y los municipios más

alejados cuentan con mayor rezago social, 11 municipios también ha aumentado su rezago social lo cual a pesar de datos negativos para estos municipios presentan un área de oportunidad para la implementación de nuevas alternativas y mejorar su desarrollo económico con el turismo, por ejemplo.

Cuadro 2. Municipios con cambios en rezago social 2000-2015.

Municipio	Grado de rezago social 2000	Grado de rezago social 2015
Tlaquilpa	Alto	Muy alto
Acultzingo	Alto	Alto
Amatlán de los Reyes	Bajo	Bajo
Atlahuilco	Muy alto	Muy alto
Coetzala	Alto	Alto
Coscomatepec	Alto	Alto
Cuitláhuac	Bajo	Bajo
Chocamán	Alto	Alto
Maltrata	Alto	Medio
Orizaba	Muy bajo	Muy bajo
La Perla	Muy alto	Alto
Río Blanco	Muy bajo	Muy bajo
Tlilapan	Alto	Medio
Zongolica	Alto	Muy alto
Atoyac	Bajo	Medio
Cuichapa	Bajo	Medio
Mariano Escobedo	Bajo	Medio
Camerino Z. Mendoza	Muy bajo	Medio
Córdoba	Muy bajo	Bajo
Fortín	Muy bajo	Bajo
Nogales	Muy bajo	Bajo

Conclusiones

El turismo alternativo en la región de las Altas Montañas de Veracruz tiene un gran potencial. Se percibe ausencia de las instituciones dedicadas a fomentar el turismo, dado no brindan el apoyo adecuado tanto a las comunidades como a los emprendimientos de turismo aunado

que los recursos que llegan generalmente se utilizan para la construcción de cabañas y pasado los meses se abandonan estos proyectos turísticos.

Se encontró un área de oportunidad en cuanto a la promoción turística de varios emprendimientos de turismo, es necesario crear redes entre los municipios para que estos sean visitados por más turistas.

Existe una oferta turística muy diversificada en la región, se pueden ofertar servicios de turismo alternativo y complementarlos con la gastronomía local lo cual es muy importante para cierto sector de turistas y también el turismo cultural se encuentra muy presente en la zona.

Se recomienda la realización de un corredor turístico en las faldas del Volcán Pico de Orizaba ya que cuenta con un gran potencial turístico para realizar cualquier tipo de turismo alternativo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo otorgado en la realización de éste trabajo.

Literatura citada

Cañada, E. 2010. Perspectivas del turismo comunitario: cómo mantener vivas las comunidades locales. Pueblos, Revista de Información y Debate.

Ibáñez, R., Juárez, J. y Gómez, I. 2010. Política turística nacional y sectorial contemporánea. Medio ambiente y Política turística en México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2017. Regiones naturales y biogeografía de México. 37p. <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/regionesnaturalesbiogeografiamexico.pdf>. [consultado el 04 de marzo de 2017].

López, S. C.; A. Mazariegos S. y A. I. Milla S. 2016. Aciertos y retos de la oferta turística actual del turismo de naturaleza y ecoturismo en el municipio de Ocosingo, Chiapas en México. Revista Turismo y Desarrollo 9(21):22.

Mora B. A., 2006. Factores ambientales del turismo sustentable, y el enfoque de planeación estratégica. Contribuciones a la Economía. 17 p. <http://www.eumed.net/ce/2006/amb.htm>. [consultado el 18 de abril de 2017].

Palomo P. S., 2003. El turismo y la cooperación al desarrollo. Jornadas de Turismo y Cooperación al Desarrollo.

Tecpan S. E., 2009. El desarrollo del turismo rural en Milpa Alta – Caso San Lorenzo Tlacoyucan. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 114 p.

OPERACIÓN MUNICIPAL DE LA LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE: HUATUSCO Y FORTÍN, VERACRUZ

Gabriela Zamora-Chacón^{*401}, María del Carmen Álvarez Ávila⁴⁰¹ y Felipe Gallardo López⁴⁰¹

Resumen

Las personas al frente de las administraciones públicas juegan un papel muy importante, al aplicar la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), por lo que los gobiernos municipales deben participar sobre la base de los convenios suscritos entre la federación y los estados con apego a las normas estatutarias que se desprendan de esos convenios. Por lo antes expuesto el objetivo del presente trabajo es, plantear una propuesta para la operación eficiente a nivel municipal de la LDRS, en el caso específico de los municipios de Fortín y Huatusco. En la metodología propuesta para el análisis de la operación municipal de la LDRS, se tomó como referente la administración pública federal, estatal y municipal (planes de desarrollo), los programas sectoriales federales y estatales, y la información pertinente de los municipios antes mencionados, se planteó una propuesta para la operación eficiente a nivel municipal de la LDRS. Los procesos de municipalización gestados de una política pública, deben atender no sólo las funciones tradicionales, como la prestación de los servicios públicos, si no redimensionar el ejercicio integral de una política pública.

Palabras clave: consejo municipal de desarrollo rural sustentable, federalización, descentralización

Introducción

En México históricamente el poder legislativo ha creado diversas leyes encaminadas a promover el bienestar social y el desarrollo de las zonas rurales. Por lo que en el año 2001, se promulgó la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). Ésta establece, que para el logro de un desarrollo rural integral planificado, es necesario implementar la federalización y descentralización que otorgue mayores atribuciones administrativas a los municipios en la toma de decisiones sobre desarrollo rural local. Uno de los propósitos de la LDRS es velar

⁴⁰¹Colegio de Postgraduados Campus-Veracruz. Autor de correspondencia zamora.gabriela@colpos.mx

por el bienestar económico, social y ecológico, configurando un ambiente adecuado para la rentabilidad de los productos del campo, favorecidos por los apoyos que se incluyen (pero no siempre se cumplen), en las distintas acciones del gobierno y que no son una concesión gratuita, sino un derecho constitucional.

De acuerdo a la LDRS, los gobiernos municipales deben participar sobre la base de los convenios suscritos entre la federación y los estados y con apego a las normas estatutarias que se desprendan de esos convenios. Los municipios aparecen como la parte inferior de una compleja red de participación que desemboca, en las decisiones tomadas por la comisión intersecretarial. El objetivo del presente ensayo es, plantear una propuesta para la operación eficiente a nivel municipal de la LDRS, el caso específico de los municipios de Fortín y Huatusco.

Materiales y métodos

La presente investigación fue realizada con base a información obtenida de los municipios de Fortín y Huatusco, ubicados en el estado de Veracruz.

En la metodología propuesta para el análisis de la operación municipal de la LDRS, se tomó como referente los planes de desarrollo federal, estatal y municipal, los programas sectoriales federales y estatales y la información pertinente de los municipios antes mencionados.

Es necesario elaborar guías de gestión para el desarrollo rural desde los ayuntamientos, promoviendo las figuras del regidor y del director de desarrollo rural, así como crear modelos y procedimientos para que las diferentes instancias municipales contribuyan al desarrollo territorial y aplicación de la LDRS. Así mismo se hace necesario expedir un reglamento interno del Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS) y del Comité Municipal, con la aprobación previa de sus respectivas asambleas, y las demás disposiciones que normen la planeación y operación de los programas municipales destinados al sector rural, tal como lo establece la LDRS. El ayuntamiento debe evaluar en conjunto con las comunidades y en los grupos de trabajo del CMDRS, la problemática del entorno rural del municipio e identificar alternativas viables que contribuyan a mejorar las condiciones de vida de su población. Para conseguir la operación eficiente de la LDRS es necesario asesorar a la población en general y a los agentes que participen en las cadenas productivas del campo, así como a los encargados de aplicarla.

Resultados y discusión

La LDRS tiene como objetivo impulsar el desarrollo del sector rural con visión de integralidad, así como prever la coordinación y concurrencia de las diferentes dependencias y autoridades federales, estatales y municipales. También crea instancias que permiten la participación de la sociedad en el diseño de las políticas para el campo, como lo son los Consejos Municipales para el Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS) y los Distritos de Desarrollo Rural (DDR).

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013 – 2018 es un documento de trabajo que rige la programación y presupuestación de toda la administración pública federal, el cual ha sido concebido como un canal de comunicación del gobierno que transmite a la ciudadanía de manera clara, concisa y medible la visión de estrategias para el desarrollo. El PND proyecta hacer de México una sociedad donde todos tengan acceso efectivo a los derechos que otorga la constitución e impulsar un federalismo articulado, partiendo de la convicción de que la fortaleza de la nación proviene de sus regiones, estados y municipios. Así mismo, promueve transversalmente en las políticas públicas tres estrategias, las cuales son: democratizar la productividad, consolidar un gobierno cercano y moderno, e incorporar la perspectiva de género. A través de un México incluyente se puede enfocar la acción del estado para garantizar el ejercicio de los derechos sociales y cerrar las brechas de desigualdad social que aún nos dividen. El país debe estar integrado por una sociedad con equidad, cohesión social e igualdad sustantiva. El PND menciona a un México Próspero, que detone el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica y mediante la generación de igualdad de oportunidades. Lo anterior considerando que una infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos fomentan la competencia y permiten mayores flujos de capital, insumos y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo, lo que implica hacer efectivo el ejercicio de los derechos sociales.

El Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD 2016-2018), es una partitura para la libertad, la solidaridad y la igualdad anheladas por los seres humanos que habitan nuestra entidad, el cual expresa la voluntad ciudadana de querer vivir con la tranquilidad social que deriva del estricto cumplimiento de las leyes (LDRS). El desarrollo implica crear mejores condiciones para la vida colectiva de las mujeres y los hombres que habitan nuestra entidad, para ello es necesario conocer las causas que provocan el declive social, económico, político y ambiental, debido a las deficiencias organizativas de instituciones públicas y asociaciones privadas, las limitaciones financieras, materiales, técnicas y de capital humano que entre otras, pueden impedir el progreso de la sociedad. Dentro del PVD se encuentra como factor transversal reforzar el estado de derecho para la vigencia y aplicación de las leyes, resaltando en

específico la LDRS. Esta establece que los DDR coadyuvarán en el fortalecimiento de la gestión municipal del desarrollo rural sustentable e impulsarán la creación de los CMDRS en el área de su respectiva circunscripción y apoyarán la formulación y aplicación de programas concurrentes municipales del Desarrollo Rural Sustentable.

Los planes municipales de desarrollo de Fortín y Huatusco, sustentan conforme a lo establecido por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 115: los Estados adoptarán para su régimen interior la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre y soberano. Para el presente trabajo se tomó como base el plan de desarrollo de dos municipios Huatusco y Fortín, en éstos se hace mención de la importancia que tiene la implementación municipal para lograr una mejor calidad de vida de los habitantes, estableciendo cinco ejes rectores. De éstos se consideran dos: Desarrollo Económico, establece acciones para fortalecer el campo y lograr el desarrollo económico, ordenado y sustentable que brinde una mejor calidad de vida a los habitantes, haciendo énfasis en el desarrollo de la economía local; el segundo eje es la conservación y mejoramiento ambiental, que diseña planes y programas que garanticen la sustentabilidad social a través de una administración eficiente y racional de los recursos naturales e incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Tal es el caso de la LDRS, que establece el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio, comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio.

Los programas sectoriales son los instrumentos de planeación derivados de los planes de desarrollo, que señalan los objetivos, estrategias, líneas de acción y metas calendarizadas de un determinado sector del desarrollo social y económico del municipio y detallan con mayor precisión las políticas públicas consideradas en los planes. Su vigencia no podrá rebasar el periodo constitucional de gobierno, aun cuando sus previsiones deberán ser de largo plazo. En su elaboración e integración, quedan incluidas las propuestas que hace la sociedad a través de los mecanismos de participación que señala la LDRS y el reglamento. Algunos programas emitidos por las diversas secretarías en beneficio del sector rural a nivel municipio, son: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), tiene en marcha el Programa Nacional Forestal, el cual otorga apoyos para contribuir a que la superficie forestal sea incorporada por las personas dueñas o poseedoras a procesos integrales de conservación, restauración y aprovechamiento sustentable, además establece el programa de conservación para el desarrollo sostenible, el cual se encarga de promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las regiones prioritarias, mediante el

aprovechamiento sostenible de los mismos, con igualdad de oportunidades para las mujeres y hombres, con énfasis en la población indígena de las localidades y municipios; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), con el programa de fomento a la agricultura cuyo principal objetivo es incrementar la productividad de las unidades económicas rurales agrícolas mediante incentivos económicos; Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), que contempla el programa de atención a jornaleros agrícolas, el cual otorga estímulos económicos dirigidos para la asistencia y permanencia escolar, cuyos montos varían según el grado escolar que este cursando el niño o niña pertenecientes a un hogar jornalero agrícola. Los diversos programas antes mencionados tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de la población rural.

De acuerdo al análisis realizado anteriormente se presenta una propuesta para la operación eficiente a nivel municipal de la LDRS.

El municipio, por su cercanía con los ciudadanos, es la instancia idónea para el impulso del desarrollo y la mejora progresiva de las condiciones de vida de las sociedades locales. No obstante, esto será posible si cuenta con la organización social y las capacidades institucionales adecuadas. La incorporación del Ayuntamiento en tareas de promoción del desarrollo rural sustentable es reciente, ya que la mayor parte de las provisiones y servicios para los sectores productivos del campo, son proporcionados por autoridades del estado y la federación. Es a partir de la expedición de la LDRS a finales del año 2001, que los municipios adquieren un rol protagónico en el fomento al desarrollo rural, y se convierten en una pieza clave de la descentralización de políticas y programas de desarrollo rural del estado.

Por lo tanto, es necesario elaborar guías de gestión para el desarrollo rural desde los ayuntamientos, promoviendo las figuras del regidor y del director de desarrollo rural, así como crear modelos y procedimientos para que las diferentes instancias municipales contribuyan al desarrollo territorial y aplicación de la LDRS. Así mismo se hace necesario expedir un reglamento interno del Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS) y del Comité Municipal, con la aprobación previa de sus respectivas asambleas, y las demás disposiciones que normen la planeación y operación de los programas municipales destinados al sector rural, tal como lo establece la LDRS. El ayuntamiento debe evaluar en conjunto con las comunidades y en los grupos de trabajo del CMDRS, la problemática del entorno rural del municipio e identificar alternativas viables que contribuyan a mejorar las condiciones de vida de su población. Para conseguir la operación eficiente de la LDRS, es necesario asesorar a la población en general y a los agentes que participen en las cadenas productivas del campo, así como a los encargados de aplicar la LDRS.

Conclusiones

Se concluye que el analizar las políticas públicas es de vital importancia ya que sólo así se puede plantear el desarrollo del municipio, lo cual es necesario para mejorar la calidad de vida de la población rural, lo que implica visualizar el escenario para reconocer el esfuerzo diario de miles de hombres y mujeres que luchan para sacar adelante a sus familias y cumplir con sus anhelos de una vida mejor.

Debido a diversos problemas sociales, políticos, económicos, educativos y culturales que enfrentan los gobiernos municipales, se hace necesario reflexionar y estudiar con nuevos enfoques este proceso. Los procesos de municipalización gestados de una política pública, deben atender no sólo las funciones tradicionales, como la prestación de los servicios públicos, si no redimensionar el ejercicio integral de una política pública.

Literatura citada

Ley de Desarrollo Rural Sustentable. 2001.
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf>. [consultado el 4 de mayo de 2017].

Plan Municipal de Desarrollo de Fortín, Veracruz. 2014-2017. http://www.orfis.gob.mx/planes-municipales-14-17/069_PM.pdf. [consultado el 22 de mayo de 2017].

Plan Municipal de Desarrollo de Huatusco, Veracruz. 2014-2017.
<http://www.huatusco.gob.mx/wp-content/uploads/sites/120/2014/07/PLAN-MUNICIPAL-2014-2017.pdf>. [consultado el 22 de mayo de 2017].

Plan Nacional de Desarrollo. 2013-2018. <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>. [consultado el 15 de mayo de 2017].

Plan Veracruzano de Desarrollo. 2016-2018. <http://veracruz-programa.gob.mx/plan-veracruzano-de-desarrollo-2016-2018/>. [consultado el 18 de mayo de 2017].

Thoenig C. 1997. Política Pública y Acción Publica. Facultad de Ciencias políticas y sociología. 37 p.

DESARROLLO DE PRODUCTOS NUTRICIOS ALTERNATIVOS A BASE DE MALANGA (*Colocasia esculenta*), EN LA ETAPA ESCOLAR

Guadalupe Betzabeth Aguirre López⁴⁰², Reyna Odilia Sanz Rodríguez⁴⁰², Lita Carlota Campos Reyes⁴⁰², Laura Villanueva Martínez⁴⁰² y María del Carmen Álvarez Ávila⁴⁰³

Resumen

El desarrollo en México presenta un panorama de grandes contrastes. Si bien la oferta de energía alimentaria disponible en México sobrepasa los requerimientos para cubrir la demanda, las fuertes deficiencias en el acceso originan un panorama heterogéneo de grandes carencias que requiere de intervenciones focalizadas en ciertos grupos de población y en ciertas regiones. Los estados donde los niveles de pobreza tienden a ser mayores, son los que denotan niveles más elevados de carencia por acceso a la alimentación. Para superar la crisis que padece el campo mexicano se requiere de la integración de nuevas estrategias buscando promover un desarrollo comunitario sostenible a través de la creación de productos alimentarios. Por lo que el objetivo de este trabajo es utilizar la malanga (*Colocasia esculenta*) como alimento no convencional, en el desarrollo de productos alternativos para escolares de Veracruz. Se determinó en escolares de Veracruz el nivel de satisfacción de los productos elaborados, utilizando una escala hedónica facial estructurada de 5 puntos. Los productos a evaluar fueron galletas elaboradas únicamente con harina de malanga sin utilizar harina de trigo que es lo tradicional, mezcladas con otros ingredientes como limón, naranja y chocolate con jengibre. Se requirió una deshidratación previa de la malanga para obtener la harina por medio de un deshidratado solar, y así por el método tradicional de elaboración de galletas se formularon las 3 presentaciones. Posteriormente con los niños de la escuela primaria Federal Niños Héroe ubicada en el municipio de Veracruz, se realizó la evaluación sensorial obteniendo resultados significativos en el color, olor, sabor, y consistencia.

Palabras clave: productos nutricios alternativos, evaluación sensorial

⁴⁰² Facultad de Nutrición. Universidad Veracruzana.

⁴⁰³ Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. Autora por correspondencia: nutri01@hotmail.com

Introducción

Al producir y elaborar alimentos propios de forma perdurable, se puede contribuir a garantizar una distribución más justa de sus beneficios, lo que a su vez asegure que en ninguna comunidad rural del país algún mexicano pobre se quede sin alimentarse por falta de recursos económicos y de esta manera se contribuya al aumento de su seguridad alimentaria y nutrición. Los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) planteados en la Asamblea General de las Naciones Unidas, plantean como una de sus metas la erradicación definitiva del hambre y la malnutrición en todas sus formas antes del año 2030, proclamando el decenio de acción sobre la Nutrición 2016-2025, con el objeto de situar a la nutrición en el centro de la agenda 2030 y promover la cooperación respecto a la seguridad alimentaria y nutricional en todo el mundo (FAO y OPS, 2017). Lo que plantea la necesidad de recurrir a diferentes acciones para contribuir al logro de esta meta, en las diferentes etapas de la vida. En ese sentido desarrollar productos alimentarios es una manera de contribuir a la disponibilidad de alimentos como parte de la seguridad alimentaria.

La etapa escolar abarca de los 6 a los 11 años de edad donde prácticamente no hay diferencias en el peso y la estatura entre los niños y las niñas, y es a los 10 años cuando empiezan a ser notorias (Arroyo Pedro, 2015). En esta etapa es muy común que los niños se malpasen en sus tiempos de comida e incluso que asistan a la escuela sin desayunar, lo que provoca que compren golosinas, comida chatarra, refrescos entre otras cosas, dando lugar a que se afecte su estado nutricional y presenten problemas de salud, sobrepeso, obesidad o desnutrición (Zoumas-Morse, 2001). Sin embargo, ofrecer alternativas saludables que puedan ser consumidas en el plantel educativo representa una opción nutritiva que contribuya a mejorar sus condiciones físicas, intelectuales y favorecer la seguridad alimentaria y nutrición de los mismos. La malanga tiene un alto contenido de hidratos de carbono, calcio, vitamina C, fósforo, magnesio, ácido fólico y agua (Loarca, 2005). Por lo que, a diferencia de las galletas que se expenden en el mercado en las que el nivel calórico y contenido en azúcares totales (que sólo perjudican al niño), es mayor que en galletas elaboradas con harina de malanga mezcladas con otros ingredientes que las convierten en un producto alternativo de alto valor nutritivo y baja densidad energética.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó como resultado de la vinculación institucional entre el Colegio de Postgraduados Campus Veracruz y la Facultad de Nutrición, Campus Veracruz de la Universidad Veracruzana, utilizando las instalaciones de ambas instituciones para la

planeación y ejecución del proyecto. En el Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CAIS), del COLPOS se obtuvo la harina de malanga por secado solar, de acuerdo a la técnica de Alvarez, et al., 2015 y en el laboratorio de Dietología y Tecnología de alimentos de la UV se elaboraron los productos alternativos a base de malanga transformada.

Para el desarrollo de los productos a base de malanga, se consideró la receta tradicional para elaborar galleta de naranja, galleta de limón y galleta de chocolate con jengibre. En este caso, se requirió la participación de escolares para evaluar sensorialmente los productos y determinar su nivel de aceptación relacionándolo con las preferencias de los posibles consumidores. El tipo de estudio fue descriptivo, con una muestra representada por 100 escolares de una escuela primaria ubicada en el municipio de Veracruz, México.

Obtención de la materia prima

Para la obtención de la materia prima se procedió al lavado, desinfectado y pelado de la malanga. Posteriormente con un rayador se cortó en rodajas de 3 mm de espesor para después colocarla en el deshidratador solar en el cual estuvo 36 h a una temperatura de 60 a 65°C, el tiempo varía según el clima del día, pero si se encuentra en la temperatura fija tardará sólo 1 día y medio (Calderón, 2010). Después de ese tiempo cuando ya está deshidratada se recolectan las rodajas, se trituran y colocan en un molino manual, hasta obtener la harina de malanga.

Elaboración de los productos alternativos

Para el diseño y elaboración de los productos alternativos se eligió a la galleta considerando su gran aceptación comercial, y fácil manipulación. Se tomaron en cuenta para su formulación los requerimientos nutricios del niño a manera de que las muestras cubran las necesidades calóricas correspondientes a un refrigerio o colación matutina dentro de la dieta habitual de un niño en etapa escolar. Se elaboraron 3 muestras de diferente sabor que incluían naranja, limón y chocolate con jengibre utilizando la receta tradicional de galletas a base de harina de trigo con naranja modificándola en cuanto a cantidades e ingredientes empleados.

Evaluación sensorial de las galletas

El procedimiento de la prueba sensorial consistió en colocar frente al evaluador las 3 muestras de galletas, con un tamaño de 20g, cada una, en recipientes de cartón biodegradable, explicando el proceso de degustación. En este momento antes de ingerir la muestra, se mencionó el atributo a calificar como fue el sabor, olor, color y textura. El proceso de degustación consistió en: observar el color de la galleta; identificar la consistencia, el producto se partió a la mitad; identificar el olor característico; degustar, masticando

suavemente removiendo con la lengua para identificar mediante las papilas gustativas, el sabor. Al terminar se calificó en la hoja de evaluación. Para no alterar la evaluación sensorial, se debe de enjuagar la boca con agua antes de degustar la siguiente.

Para el análisis e interpretación de resultados, se utilizó el programa estadístico JMP 7. Este programa permite evaluar la probabilidad de ocurrencia de un estudio, rangos con signo y chi cuadrada. El nivel de significancia está dado como alfa (α), con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%.

Resultados y discusión

Se evaluaron los resultados obtenidos de la evaluación sensorial, encontrando que en las pruebas de nivel de agrado la galleta de naranja, galleta de limón, galleta de chocolate con jengibre tienen una buena aceptación existiendo diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la Figura 1.

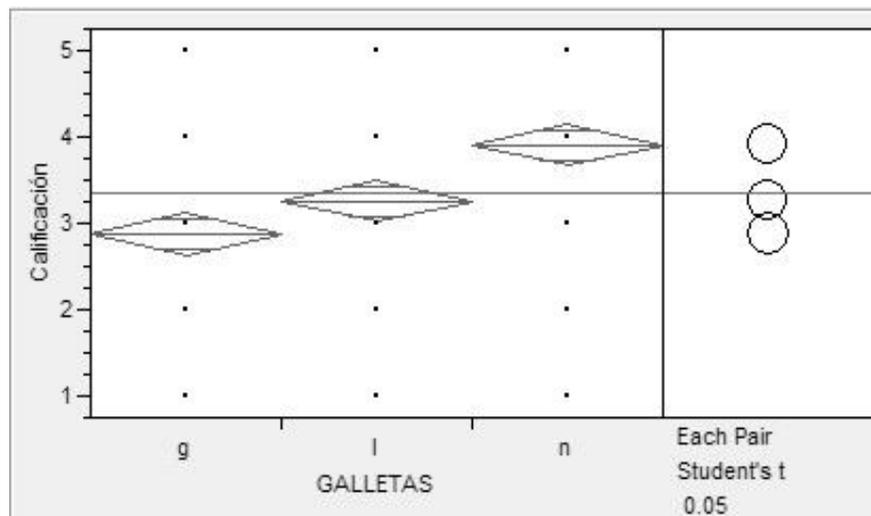


Figura 1. Nivel de agrado de las galletas evaluadas.

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de las galletas elaboradas a base de malanga con limón (l), galletas elaboradas a base de malanga con naranja (n) y galletas elaboradas a base de malanga con chocolate y jengibre (g) donde se observa que las galletas elaboradas a base de malanga con naranja son diferentes significativamente en el nivel de agrado a las otras dos galletas evaluadas. Esto se confirma en los datos presentados en la Tabla 1, que refiere las calificaciones otorgadas en promedio por los consumidores.

Tabla 1. Calificaciones otorgadas a las galletas evaluadas en base al nivel de agrado.

Galletas elaboradas a base de malanga	n	l	g
Calificaciones promedio	3.91 a	3.26 b	2.87 c

P = 0.0001

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Por otro lado, en cuanto al atributo del color, los resultados encontrados denotan que este no refleja una diferencia significativa en las calificaciones otorgadas por los consumidores, lo que se representa en la figura 2.

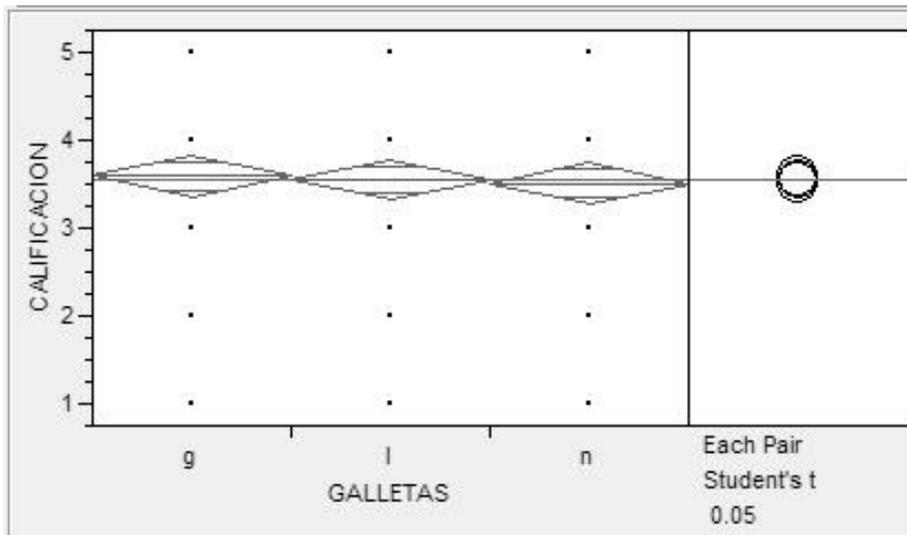


Figura 2. Determinación del color en las galletas evaluadas.

En la figura 2, se presentan los resultados del atributo color en las galletas elaboradas a base de malanga con limón (l), el color de las galletas elaboradas a base de malanga con naranja (n) y el color de las galletas elaboradas a base de malanga con chocolate y jengibre (g) donde denotan el mismo nivel de agrado, lo que indica que no existen diferencias significativas entre ellos, como también se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Calificaciones otorgadas a las galletas evaluadas en base a color.

Galletas elaboradas a base de malanga	g	l	n
Calificaciones promedio	3.59 a	3.55 a	3.51 a

P = 0.8885

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Un atributo muy importante es el sabor y en este parámetro las galletas elaboradas a base de malanga con naranja (n) presentaron una mejor calificación, en comparación a la calificación

otorgada a el sabor de las galletas elaboradas a base de malanga con limón (l), y el sabor de las galletas elaboradas a base de malanga con chocolate, lo que se observa en la Figura 3.

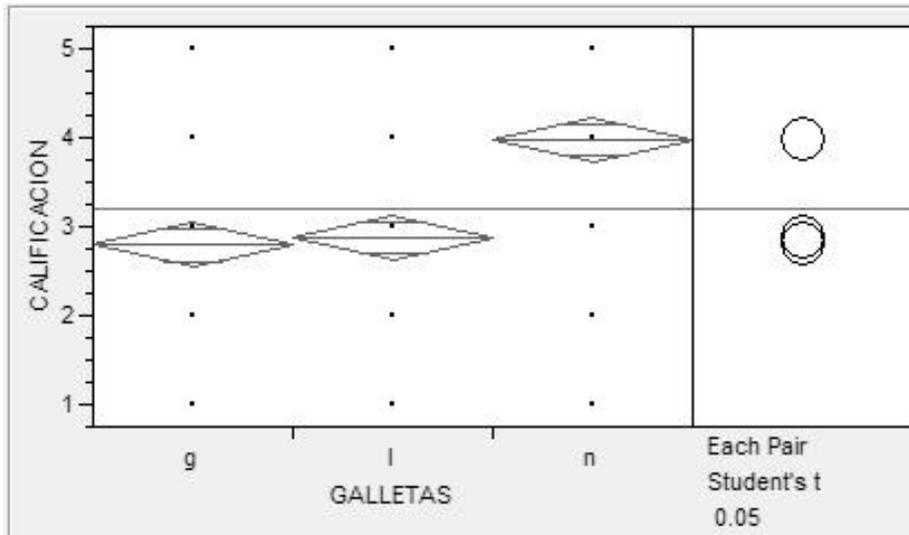


Figura 3. Determinación del color en las galletas evaluadas.

Lo anterior se confirma en la tabla 3, que denota las calificaciones otorgadas por los consumidores en base al sabor, donde el promedio de las galletas elaboradas a base de malanga con naranja es diferente significativamente en el nivel de agrado al sabor de las galletas elaboradas a base de malanga con limón y al sabor de las galletas elaboradas a base de malanga con chocolate y jengibre.

Tabla 3. Calificaciones otorgadas a las galletas evaluadas en base a sabor.

Galletas elaboradas a base de malanga	n	l	g
Calificaciones promedio	3.97 a	2.87 b	2.79 b

P = 0.0001

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Con respecto al olor, la evaluación de este atributo reporto que las galletas elaboradas a base de malanga con chocolate y jengibre (g) tienen diferencia significativa con respecto al nivel de agrado de las galletas a base de malanga con limón (l) y las elaboradas a base de malanga con naranja (n), como se muestra en la figura 4.

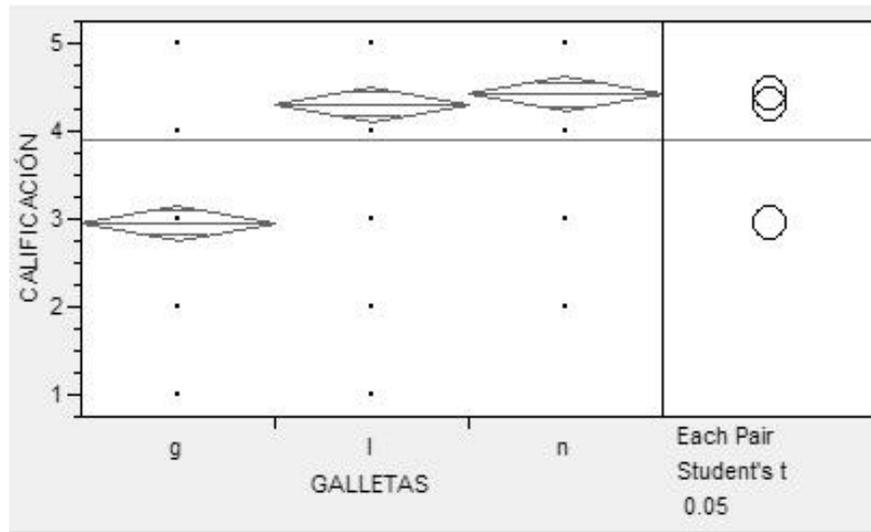


Figura 4. Determinación del olor en las galletas evaluadas.

En ese sentido la tabla 4 presenta las calificaciones que los consumidores otorgaron al olor de las galletas elaboradas a base de malanga, reportando que los promedios del olor de las mismas muestran diferencias significativas en el nivel de agrado al olor de las galletas elaboradas a base de malanga con naranja y al olor de las galletas elaboradas a base de malanga con limón. Lo que indica una menor preferencia por las de chocolate con jengibre.

Tabla 4. Calificaciones otorgadas a las galletas evaluadas en base a olor.

Galletas elaboradas a base de malanga	n	l	g
Calificaciones promedio	4.42 a	4.31 a	2.96 b

P = 0.0001

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Por otro lado, con respecto al atributo de textura, los resultados obtenidos en base a la consistencia de las galletas evaluadas indicaron que las elaboradas a base de malanga con chocolate y jengibre (g) tienen diferencia significativa con respecto al nivel de agrado de las galletas a base de malanga con limón (l) y las elaboradas a base de malanga con naranja (n), como se muestra en la Figura 5.

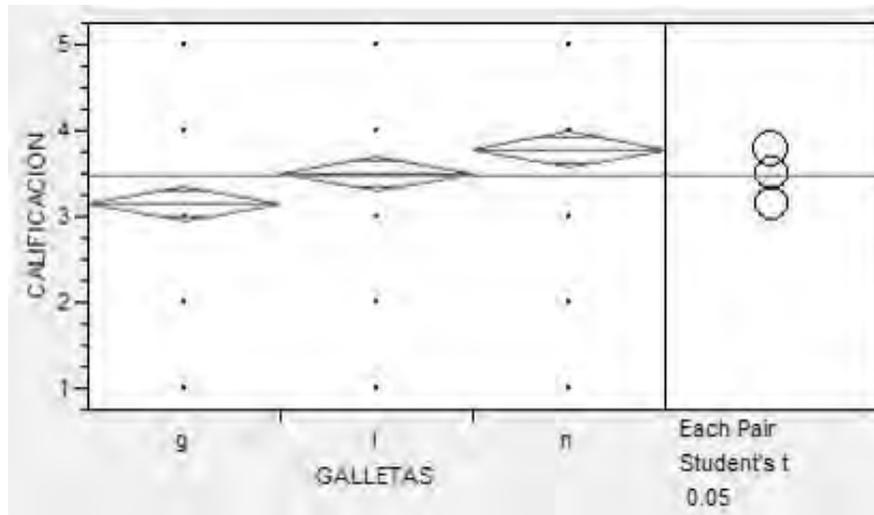


Figura 5. Determinación de la textura en las galletas evaluadas.

Lo anterior se confirma con la tabla 5, donde se observan las calificaciones que los consumidores dieron a la textura considerando la consistencia de las galletas elaboradas a base de malanga con chocolate y jengibre, obteniendo que existe diferencia significativa en el nivel de agrado a la consistencia de las galletas elaboradas a base de malanga con naranja y a la consistencia de las galletas elaboradas a base de malanga con limón.

Tabla 5. Calificaciones otorgadas a las galletas evaluadas en base a textura.

Galletas elaboradas a base de malanga	n	l	g
Calificaciones promedio	3.78 a	3.50 a	3.15 b

P = 0.0002

Niveles no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

Conclusiones

El utilizar productos alternativos a base de malanga para lograr el desarrollo sostenible en una comunidad que se refleje en una contribución a la seguridad alimentaria de la misma, es posible considerando que se puede iniciar en pequeños grupos para luego replicarse a nivel municipal y estatal. La malanga es un cultivo que pocas personas conocen y representa una alternativa para el estado de Veracruz. Los productos elaborados a partir de malanga en esta investigación pueden contribuir al consumo de alimentos alternativos como estrategias innovadoras que aseguren que todas las personas, en particular la población en pobreza y quienes viven en situación de vulnerabilidad tengan acceso a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año. En cuanto a las galletas elaboradas, la evaluación sensorial

reflejó que la galleta a base de malanga con naranja tiene una mayor aceptación en cuanto al nivel de agrado, así como del sabor, olor y textura, en comparación con las galletas a base de malanga elaboradas con limón y chocolate con jengibre. Lo anterior sugiere que así como las galletas a base de harina de malanga tuvieron una buena aceptación en los escolares, también representan una opción para elaborar otros productos alternativos a base de malanga e incluirlos en la alimentación diaria no sólo de escolares sino en la población en general y de esta manera contribuir a la seguridad alimentaria.

Literatura citada

Alvarez, A.M.C., C. Olgún P y A. Asiain H. 2015. Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CAIS). Colegio de Postgraduados. ISBN: 978-607-715-270-5. 46 p.

Arroyo Pedro, K. M. 2015. Nutriología Médica. México, D.F. Editorial Panamericana. <https://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/5267/Nutriologia-Medica.html> (consultado el 25 de abril de 2015).

FAO y OPS, 2017. América Latina y el Caribe. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional. Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. ISBN 978-92-5-309608-4 © FAO y OPS. 174 p.

Loarca Huerta, E.P. 2005. Elaboración de Mezclas de malanga ajonjolí para producción de alimentos listos para servir. Mazatenango: Centro Universitario de Suroccidente. http://www.biblio.colpos.mx:8080/.../Vazquez_Lopez_LC_MC_Produccion_Agroalimentaria (consultado el 20 de abril de 2017).

PLANTAS MEDICINALES EN EL CONTEXTO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Yolanda Trigueros-Vázquez^{404*}, Octavio Ruiz Rosado⁴⁰⁴

Resumen

Con los planes de desarrollo se pretenden alcanzar, retos, prioridades, políticas públicas, objetivos y estrategias que conducen la acción coordinada de los tres órdenes de gobierno y la sociedad. Estos planes consideran rubros ecológicos, genéticos, sociales, económicos, científicos, educativos, culturales, de la biodiversidad. Sin embargo, lo relacionado con uso y manejo de las plantas medicinales recibe poca o nula atención. Situación que obliga a la población de lugares distantes de servicios médicos a usar, manejar y generar conocimiento sobre las plantas medicinales, éste se ha ido erosionando por otras actividades antrópicas sin embargo, debe recuperarse para contribuir no sólo al ahorro familiar (salud y medicamentos) sino por las aportaciones potenciales para la humanidad.

Palabras clave: salud, medicina alternativa

Introducción

El uso de las plantas medicinales tiene importancia a nivel mundial, pues han sido usadas desde tiempos ancestrales y su uso no está limitado a los grupos indígenas exclusivamente ya que además poseen un enorme potencial desde el punto de vista alimenticio, ornamental, de construcción y medicinal propiamente dicho por la producción de compuestos bioactivos. La Organización Mundial de la Salud, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales y el Fondo Mundial para la Naturaleza (OMS, UICN, WWF) desde 1993, informan que el 80% de la población a nivel mundial recurre a las plantas medicinales por los beneficios que reciben.

En México, existe una amplia diversidad vegetal y cultural y cerca del 25% de la población acuden al uso de plantas medicinales (Mirtha 2012 y Rosas 2015). Chiapas ocupa el segundo lugar en el país de mayor diversidad vegetal con (7,830) especies, Oaxaca con (9,054), Veracruz (6, 876), Jalisco (5,931) y Guerrero con 5,529 especies (Pérez García,

⁴⁰⁴ Colegio de Postgraduados Campus-Veracruz. Postgrado en Agroecosistemas Tropicales. Autor de correspondencia: trigueros.imna@colpos.mx

2011; Villaseñor y Ortiz, 2014) y es el segundo estado del país en términos de mayor riqueza florística (Martínez et al., 1994). Además, desde antes de la conquista española, el estado de Chiapas está habitado por diversos grupos étnicos que son los actores principales, quienes conservan aún los conocimientos ancestrales sobre las propiedades y usos de las plantas (Domínguez y Castro, 2002). Los mismos autores mencionan que se han realizado pocas exploraciones etnobotánicas en las diferentes zonas fisiográficas del estado de Chiapas.

Lo anterior destaca la oportunidad de hacer esfuerzos para evitar y reducir la erosión de conocimientos sobre el uso y manejo de la diversidad de plantas medicinales, no sólo para preservar esta herencia cultural, sino también para generar información sobre ciertas especies útiles, que podrían ser relevantes para la población local y generar sus propias fuentes de medicamentos, así como otros beneficios potenciales para la humanidad.

Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo bajo un análisis a partir de los planes de desarrollo nacional, estatal, municipal y también algunos programas sectoriales, con la finalidad de conocer los diversos factores que directa e indirectamente puedan tener un impacto en la erosión de este conocimiento en cuanto al uso y conservación de plantas medicinales, ya que en las últimas dos décadas del siglo XX la transmisión del conocimiento tradicional de la utilidad de estas plantas con fines terapéuticos ha sido afectada por diversos factores, como: la acelerada degradación de la vegetación o deforestación y los cambios sociales, económicos y culturales (Henríquez, 2001); la utilización de plantas combinadas con productos farmacéuticos alópatas; la creciente urbanización, que da como resultado el alejamiento de las fuentes silvestres (Salaverry y Cabrera, 2014), entre otros. Por lo antes mencionado, es necesario diseñar estrategias de conservación de la diversidad de especies medicinales apoyadas con programas que ayuden a propiciar beneficios a las comunidades rurales.

Resultados y discusión

Actualmente la complejidad en el conocimiento, uso y comercialización de plantas medicinales requiere de políticas públicas que permitan atender efectivamente la problemática de salud de una región, localidad o territorio. Las políticas públicas como una estrategia fundamental en los procesos de transformación de la realidad, en este caso de las plantas medicinales, desde un contexto global que garantice a una población el bienestar,

tomando en cuenta la participación de cada individuo como actor principal que convive diariamente con la naturaleza, enfatizando a zonas de muy alta y alta marginación con una economía precaria. También se hace énfasis a un sin número de publicaciones científicas que dan poco interés a la dinámica de los sistemas de conocimiento local tradicional, sin dar atención a la tarea de realizar o sugerir estrategias para compensar o retroalimentar a los usuarios de las plantas con propiedades medicinales. De aquí que se percibe que este conocimiento se va erosionando día a día.

Dentro de los planes de desarrollo analizados a nivel estatal y municipal, se ha percibido un potencial de comercialización de plantas medicinales que puede contribuir a la economía familiar con exportación hacia otros países. Al mismo tiempo dentro de los planes se pronostica fortaleza institucional, desarrollo social, del capital humano, igualdad de oportunidades y proyección internacional.

En el Plan Nacional de Desarrollo (2012-2018), se tiene el siguiente diagnóstico: México cuenta con amplios recursos para el crecimiento; disponibilidad de fuerza laboral; la productividad ha decrecido en los últimos 30 años a una tasa promedio anual de 0.07% que implica un crecimiento negativo y que limitan la capacidad productiva. Sin embargo, tomando en cuenta la cuarta meta del Plan de Desarrollo Nacional que es: impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo. Se puede considerar de acuerdo a Aguilar (2003), que el mayor problema de los países ricos en biodiversidad es que se conoce poco sobre los recursos, cómo pueden ser utilizados y cuál es su valor en términos económicos o de otros beneficios, y que la pérdida de la biodiversidad ha sido producto de la depredación del ser humano, y por ende muchas plantas medicinales utilizadas tradicionalmente desaparecen sin que puedan ser usadas por el resto de la humanidad, siendo que pueden beneficiar a las presentes y futuras generaciones de todos los habitantes del planeta. Esto da pauta a que se lleven a cabo estrategias de conservación, talleres participativos brindando información al respecto y donde pueda existir ese intercambio de saberes, en cuanto al uso y manejo de plantas medicinales. Es claro que se tiene un potencial en la comercialización a nivel mundial de estas plantas medicinales ya que, de los países latinoamericanos México encabeza la lista con mayor diversidad vegetal.

Una de las metas que existe dentro del Plan de Desarrollo Estatal (2013-2018) es: Chiapas exitoso y aquí se proyecta el desarrollo económico integral y sustentable del estado a partir de la modernización del campo, estímulo a las empresas e industrias, generación de empleos y consolidación del turismo como motor de prosperidad. Y aprovechando las oportunidades dentro de este eje se tiene que el conocimiento de plantas medicinales ha tenido éxito contribuyendo en la conservación y manejo de los recursos naturales. Ya que, se ha visto que la biodiversidad promueve grandes beneficios diferentes como: usos intelectuales,

culturales y económicos; para aprovechar el potencial y la riqueza que la madre naturaleza nos ofrece, la sociedad y los gobiernos deben trabajar en común acuerdo para lograr una mejora dentro del desarrollo y así generar nuevas estrategias de políticas. Como por ejemplo llevar a cabo una buena gobernanza; es decir, tener una buena relación entre gobierno-sociedad, involucrando así, a los actores sociales como una estrategia social, que proteja los derechos colectivos de una comunidad o territorio sobre los recursos biológicos y el conocimiento de éstos.

Es importante preguntarse: ¿Por qué es útil e importante hacer énfasis en proteger los derechos colectivos de una comunidad o territorio en lo que respecta a las plantas medicinales, algunos productos de la domesticación en agroecosistemas y otras aun en hábitats naturales? Es sabido que la mayoría de las plantas medicinales tienen un potencial de aprovechamiento (debido a sus principios activos) que al ser transformados en fármacos, reportan beneficios económicos. Sin embargo, éstos casi siempre quedan en las empresas, sin ningún tipo de reconocimiento o retribución para los generadores de este conocimiento, quienes han sido los que han conservado los agroecosistemas y/o ecosistemas en donde habitan las plantas con propiedades medicinales.

Aguilar (2003), menciona que cuando se utiliza el conocimiento de los pueblos indígenas, las posibilidades de éxito con beneficios para la humanidad aumentan considerablemente. De acuerdo a Gheno (2010), el conocimiento también ha mostrado su potencial de manera conservacionista e integral en diferentes sistemas de producción (agrícolas, agroforestales y forestales); pero también algunos recursos naturales han sido transformados en mercancías, tal como se ha mencionado anteriormente, teniendo éxito en el mercado internacional. Así es como se debe de trabajar de común acuerdo entre gobierno y sociedad y unir esfuerzos tanto de los estados mesoamericanos, industrias farmacéuticas con tecnología, de los que tienen los recursos genéticos y sobre todo y el más principal, el conocimiento tradicional, para así lograr el mismo objetivo que es la búsqueda de medicamentos que ayuden a contribuir a la salud. En Japón, algunos países de Europa, como Francia, existe una demanda significativa de plantas medicinales más que de medicinas de patente. Es por eso que este amplio y rico conocimiento tiene que ser protegido, en base al Convenio de Diversidad Biológica acordado en la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible, Río de Janeiro, Brasil en 1992. Esta es una forma de realizar esfuerzos para evitar la pérdida definitiva de este conocimiento, no sólo para preservar esta herencia cultural, sino también para registrar la información sobre ciertas especies útiles, que podrían ser relevantes para el desarrollo de nuevas fuentes de medicamentos y de otros beneficios para la humanidad, contribuyendo al mismo tiempo, a proteger la biodiversidad in situ o ex situ, y del mismo modo apoyar a la economía familiar y no estar esperanzados en los servicios médicos que por lo regular se encuentran distantes de la localidad. Además de la constante amenaza sobre el mal uso de los recursos naturales,

ya sea por: proyectos de desarrollo, carreteras, incendios forestales que diezman la disponibilidad del hábitat en el que se desarrollan las plantas con propiedad medicinal, sin olvidar que también hay animales silvestres con propiedades medicinales.

Chiapas exitoso, destaca los factores de producción, para un campo rentable que permite posicionar los productos dentro y fuera del territorio. Para eso se ha tomado como referencia a la base de datos Etnobotánicos de Plantas Mexicanas (BADEPLAM), la más completa de México sobre flora útil, incluye un total de 4,000 especies de plantas útiles. En tanto que el Instituto Mexicano del Seguro Social reporta, 4, 400 especies medicinales lo que representa una oportunidad para que Chiapas avance para posicionarse como reservorio mundial de biodiversidad.

A nivel municipal el crecimiento y desarrollo de Tapachula, demanda una gestión gubernamental eficaz y eficiente, que sea capaz de enfrentar y responder de manera positiva a los retos que se identifican en materia social, económica, territorial, administrativa y política, para ofrecer mejores niveles de bienestar a los tapachultecos. Se considera pertinente tomar en cuenta en esta investigación el tercer eje: Desarrollo Social y Participación Ciudadana, ya que aquí en este eje se le da especial importancia a los servicios de salud para el bienestar del pueblo, estableciendo mecanismos para prestar servicios integrales de salud en población con rezago social. Sin embargo, habría que ver que está pasando con este eje, porque, en cuanto a servicios de salud, la población derechohabiente pasó de 20.1% en 2005 a 56.8% en 2010, siendo el Seguro Popular el de mayor crecimiento en este periodo, al pasar de una cobertura de 22.6 a 65.7% de atención. Sin embargo, en 2011 se contabilizaron 77 unidades médicas de consulta externa y 14 de hospitalización en el régimen de seguridad social, y para asistencia social fueron 1,231 unidades de consulta externa con 41 hospitales. Con los 5,893 médicos del sector salud, se tiene un promedio de 1.2 médicos por cada 1,000 habitantes, de acuerdo a la información reportada por el CONEVAL, datos similares a los que menciona Aguilar, (2003). La mitad de los países de la región cuentan con un médico por cada mil habitantes, las condiciones de salud en las áreas rurales son más delicadas que los promedios nacionales, por lo tanto, se considera un servicio muy deficiente, existiendo poblaciones de personas que pueden llegar a carecer de este servicio.

Conclusiones

A través del análisis que se ha realizado en los planes de desarrollo se ha llegado, se concluye: es necesario conjuntar esfuerzos, para lograr el mismo objetivo entre los planes de los tres niveles de gobierno; evitar el daño a la madre tierra y a la naturaleza que fue-es-será la principal fuente de medicina. También es importante cconsiderar los beneficios desde un

paradigma positivista, el comercio de plantas medicinales, bajo un tratado de libre comercio que propicie la generación de nuevos empleos y oportunidades en México, al aumentar las exportaciones, se espera que habrá un nivel más alto de empleo reduciendo o evitando la movilidad de la mano de obra, y que tienda al mejoramiento de la calidad de vida local.

Dada las situaciones que se van presentando en la actualidad y tomando en cuenta el análisis de los planes de desarrollo se observa que existen inconsistencias, además de que se atiende de forma limitada a las necesidades locales. Por lo que para atender o satisfacer las demandas de medicina local, surge la oportunidad del establecimiento de parcelas con cultivos de plantas medicinales, siendo que de esta manera se podrá contribuir a la economía familiar principalmente y a tener a la mano la mejor medicina que pueda existir, sí, y sólo sí sean bien administradas y con el conocimiento local de quienes a través de los años las han utilizado.

Literatura Citada

Araya, R. y J. A. Acosta. 2000. Adaptación del frijol a suelos de baja fertilidad bajo presión de enfermedades foliares en Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 11(2):31-36.

Aguilar, G. 2003. Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad en el proyecto manejo integrado de ecosistemas por pueblos indígenas y comunidades. <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/ICAP/UNPAN027583.pdf> (consultado el 27 de abril de 2017).

Domínguez-Vázquez, G., y Castro-Ramírez, A. E. 2002. Usos medicinales de la familia Labiatae en Chiapas, México. *Etnobiología*, 2(1):19-31.

Gheno H. 2010. La etnobotánica y la agrobiodiversidad como herramientas para la conservación y el manejo de recursos naturales: un caso de estudio en la organización de parteras y médicos Indígenas tradicionales 'nahuatlxiuhitl'. Tesis de doctorado. Ixhuatlancillo, Veracruz, México. p. 1-5.

Henríquez, P. 2001. Estudios de la agrobiodiversidad en Mesoamérica (aspectos metodológicos). Red Mesoamericana de Recursos Filogenéticos-REMERFI. San Salvador, El Salvador. 57 p.

Martínez, E., C. H. Ramos A. y F. Chiang. 1994. Lista florística de la Lacandona, Chiapas. *Bol. Soc. Bot. México* 54:99-177.

Mirtha P., V. 2012. Legislación en Chile sobre fitofármacos y plantas medicinales. Rev. Farmacol. Chile 5(2):7–11.

Pérez-García E.A. 2011. Diversidad Florística de Oaxaca: De Musgos a Angiospermas (Colecciones y Listas de Especies). Editores: García-Mendoza A. J. y Meave J. A. Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. www.redalyc.org/pdf/577/57721249011.pdf (consultado el 20 de abril de 2017).

Rosas L. 2015. Contribución al conocimiento etnofarmacobiológico de plantas medicinales de la región Cañada, Oaxaca. Rev. CIBA (3):1-18.

OMS/UICN/WWF.1993. Directrices sobre conservación de plantas medicinales. Editorial Media Natura. Londres. 55 p.

Salaverry, O., y Cabrera, J. 2014. Florística de algunas plantas medicinales. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública 31(1).

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>. [consultado el 20 de mayo de 2017].

Plan Estatal de Desarrollo de Chiapas 2013-2018. http://www.ped.chiapas.gob.mx/ped/wp-content/uploads/ped/PED_2013-2018_MVC Plan municipal de desarrollo. [consultado el 25 de mayo de 2017].

Plan Municipal de Desarrollo de Tapachula 2015-2018. <http://www.portal.tapachula.gob.mx/docs/PMD/PlanMunicipaldeDesarrollo.pdf> [consultado el 28 de mayo de 2017].

Villaseñor J.L y Ortiz E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85:134-142.

IMPORTANCIA DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

Lita Carlota Campos Reyes⁴⁰⁵, María del Carmen Álvarez Ávila⁴⁰⁵ y Oscar Velázquez Camilo⁴⁰⁶

Resumen

La seguridad alimentaria y nutricional en México presenta un panorama de grandes contrastes. Si bien la oferta de energía alimentaria disponible en México sobrepasa los requerimientos para cubrir la demanda, las fuertes deficiencias en el acceso originan un panorama heterogéneo de grandes carencias que requiere de intervenciones focalizadas en ciertos grupos de población y en ciertas regiones (CONEVAL, 2010). El objetivo de esta investigación es presentar un panorama de las políticas públicas en relación a la seguridad alimentaria y nutricional. Para lograrlo se plantea la elaboración de productos alternativos, que además contribuyan a mejorar la calidad de vida. La metodología se basa en la identificación de los programas sectoriales, planes de desarrollo y organismos que apoyen al desarrollo y aplicación de las políticas públicas que coadyuvan a la seguridad alimentaria. El análisis crítico de la revisión documental, evidencia como aspectos importantes los siguientes: la seguridad alimentaria como un asunto que preocupa a los gobiernos y sociedades de todos los países, sin embargo alcanzarla no es tarea fácil, debido a la diversidad de factores que intervienen en ella; la pobreza en México, cada día más aguda y alarmante, se manifiesta en problemas de malnutrición proteica energética y por ende en el incremento de enfermedades carenciales, debido al volumen reducido en la ingesta de alimentos poco nutritivos. Desde finales de 2007, la crisis de los precios de los alimentos afectó a la seguridad alimentaria no sólo en México sino a nivel mundial por lo que se han creado políticas públicas nacionales e internacionales. La FAO y la OPS en 2017, han analizado el panorama de la seguridad alimentaria y nutricional, donde hacen énfasis en los sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición con acciones de promoción para la cooperación respecto a la seguridad alimentaria y nutricional en todo el mundo. Por esta razón se analizaron las políticas públicas en torno a ello y las posibles recomendaciones.

Palabras clave: malnutrición, programas sectoriales de apoyo a la nutrición

⁴⁰⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

⁴⁰⁶ Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. Autora por correspondencia: campos.lita@colpos.mx

Introducción

De acuerdo a la Cumbre Mundial de la Alimentación en 1996, se concluyó que: “existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana”. Esta definición aceptada globalmente permite identificar las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria planteadas por la FAO en 2012, que son: disponibilidad de alimentos, es decir la suficiencia del abasto en cantidad y calidad apropiada, sea de producción nacional o adquirida en el exterior; acceso, el cual ocurre cuando denota la capacidad de obtener recursos adecuados ya sea por empleo, o mediante el aprovechamiento de bienes para la producción, así como derechos para adquirir los alimentos apropiados para una dieta saludable; utilización de los alimentos por el organismo, o también llamada utilización biológica la cual requiere no sólo de una dieta diversa y saludable en alimentos nutritivos e inocuos, sino también de condiciones adecuadas de vida, vivienda, sanitarias, agua potable y cuidados de salud y estabilidad, se vincula tanto con la oferta como con el acceso a los alimentos a lo largo del tiempo, es decir, que los hogares y las personas no carezcan de alimentos por efecto de impactos económicos o de oferta, problemas comerciales o de mercado, fenómenos climatológicos adversos o problemas laborales (FAO, 2013). En México la seguridad alimentaria es un tema importante que ha recibido gran atención, tanto en el marco de las políticas públicas como en el de las propuestas de las organizaciones de la sociedad civil. La Cruzada Nacional contra el Hambre en el 2013, impulsada por el actual Gobierno es una iniciativa que permite posicionar el tema de la Seguridad Alimentaria al frente de las prioridades políticas nacionales, planteada en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018. Sin embargo, aún falta articular una política de seguridad alimentaria que responda a las necesidades del país. Es por ellos que el objetivo que se plantea es, El objetivo de esta investigación es presentar un panorama de las políticas públicas en relación a la seguridad alimentaria y nutricional.

Materiales y métodos

Se basa en el análisis crítico de los principios de la seguridad alimentaria y nutricional, así como de los programas sectoriales, planes de desarrollo y organismos que apoyen al desarrollo y aplicación de las políticas públicas que coadyuvan a fortalecer el sistema alimentario mexicano y contribuir al logro y mantenimiento de la misma. El análisis de las políticas públicas actuales, ha permitido conocer la situación actual y plantear una propuesta

de operación de las mismas, considerando como referente el panorama actual de la seguridad alimentaria y nutricional en México.

Resultados y discusión

En el análisis realizado la política pública alimentaria más importante en la actualidad forma parte del programa nacional México Sin Hambre y su alineación al plan nacional de desarrollo 2013-2018, cuyo objetivo principal es el lograr un país con cero hambre a partir de una alimentación y nutrición adecuada de las personas en pobreza extrema y carencia de acceso a la alimentación, así como disminuir la desnutrición infantil aguda y crónica, y mejorar los indicadores de peso y talla de la niñez. Además de promover el desarrollo económico y el empleo en las zonas de mayor concentración de pobreza extrema, considerando la participación comunitaria para la erradicación del hambre.

Es conveniente mencionar que para la erradicación de la inseguridad alimentaria se requiere un rediseño de una política y estrategias orientadas a tal fin, en un proceso participativo que considere la multidimensionalidad de la seguridad alimentaria, la institucionalidad que asegure la coordinación de las políticas sectoriales y los recursos indispensables. La complejidad económica, social, política y ambiental de la seguridad alimentaria demanda una participación amplia en el debate sobre las distintas opciones que se tienen para asegurar una disponibilidad suficiente, estable, inocua y sustentable de alimentos. Sería fundamental para lograr lo anterior el aumento de las inversiones en la capacidad de producción agrícola sostenible, con el uso de fuentes alimentarias poco explotadas alternativas y un desarrollo tecnológico para el aumento de la productividad, la reducción de pérdidas en la producción de alimentos. Además de coordinar efectivamente las instituciones federales para propiciar acuerdos con los estados, municipios y los sectores, social y privado, a fin de enfrentar juntos el problema y proveer los apoyos a la población más necesitada.

La Ley General de Desarrollo Social (LGDS) a pesar de no dedicarse exclusivamente al tema alimentario opera diversos programas para tal fin: Programa para el Abasto de Leche (PAL); el Programa de Abasto Rural y Oportunidades. Este último se encarga de apoyar la educación, salud, alimentación, pago de la energía eléctrica y ciertas necesidades de los adultos mayores. En este sentido, esta ley establece las concurrencias, responsabilidades y, facilita la coordinación entre los tres ámbitos de gobierno en aras de contribuir a un efectivo desarrollo social en términos de ejercicio de atribuciones y mecanismos de colaboración de la política social en los órdenes de gobierno y en la sociedad civil.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), es la responsable de la operación de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable

(LDRS), que constituye una de las leyes fundamentales para la política alimentaria en México. En ésta se define la forma en que se incentiva y regulan las actividades agrícolas destinadas a la producción de alimentos fomentando el desarrollo del campo mexicano. En esta ley se utiliza el concepto de seguridad alimentaria como el abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población; además de que establece que el estado determinará las medidas para procurar el abasto de alimentos y productos básicos estratégicos a la población, al tiempo que promoverá su acceso a los grupos sociales menos favorecidos y dará prioridad a la producción nacional. Aquí también se menciona que el gobierno federal tiene la obligación de conducir su política agropecuaria, a fin de que los programas y acciones para el fomento productivo y el desarrollo rural sustentable, así como los acuerdos y tratados internacionales, propicien la inocuidad, la seguridad y la soberanía alimentaria, mediante la producción y abasto de los productos mencionados.

Los programas asistenciales alimentarios como Oportunidades y el Programa de Abasto Alimentario (PAL), han funcionado parcialmente por diversos factores que limitan su desarrollo y aplicación, los que corresponden a los sectoriales dedicados a fortalecer la producción agrícola, como PROCAMPO, puede suponerse que han tenido mayor éxito sin embargo los resultados en la producción y consumo no aseguran el beneficio social que prometen (López Salazar, et al., 2015).

El Plan Nacional de Desarrollo (2012-2018), ha generado el programa de política pública más amplio, que otros programas sociales de sexenios pasados llamado. La Cruzada Nacional contra el Hambre, plantea erradicar el hambre a partir de una alimentación y nutrición adecuadas de las personas en pobreza extrema y carencia de acceso a la alimentación, esto permitirá eliminar la desnutrición infantil aguda y mejorar los indicadores de peso y talla de la niñez. Además de abordar el aumento de la producción de alimentos y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agrícolas, de minimizar las pérdidas post-cosecha y de alimentos durante su almacenamiento, transporte, distribución y comercialización, buscando también la promoción de la participación comunitaria para la erradicación del hambre, y de este modo contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional de los mexicanos. Sin embargo, en base a los resultados en cuanto a los niveles de inseguridad actuales de acuerdo al CONEVAL en el 2016, el informe de la evaluación estratégica de Nutrición y Abasto, cuyo principal objetivo es valorar la respuesta gubernamental para atender los principales problemas nutricionales de la población mexicana, como son la desnutrición, la anemia, el sobrepeso y la obesidad. A pesar de que se han detectado ciertas mejoras, las prevalencias de desnutrición y anemia, aún persisten en poblaciones vulnerables, como indígenas, preescolares, adultos mayores y mujeres en edad fértil, al tiempo que el sobrepeso y la obesidad se han incrementado en toda la población. Además, el análisis de la respuesta gubernamental revela que, aun cuando la planeación reconoce ambos problemas de

malnutrición (por falta y por exceso de ingesta), los programas sociales federales están dirigidos a resolver los problemas de desnutrición y anemia, más no de sobrepeso y obesidad, cuya respuesta se encuentra acotada a los programas institucionales ofrecidos por los servicios de salud que provee el Estado. De acuerdo con el grado de inseguridad alimentaria (IA), en 2012, en las cinco entidades federativas con mayor porcentaje de población con carencia por acceso a la alimentación, el promedio de IA severa fue de 14.4%. Asimismo, Tabasco fue el estado con el mayor porcentaje de personas con IA severa que corresponde a 16.9%. Lo que indica que el impacto de los programas y políticas públicas en materia de seguridad alimentaria y nutricional no ha sido el esperado de acuerdo a lo planeado.

Por otro lado, a nivel nacional en cuanto a la gobernanza de la seguridad alimentaria ésta se refiere a las reglas formales e informales, así como a los procesos a través de los cuales se articulan los intereses de una política nacional de seguridad alimentaria y nutricional (SAN) y su estrategia. Es necesario una institucionalidad adecuada para la coordinación de las múltiples dimensiones de la SAN y su operación, un presupuesto acorde que se oriente al suministro de bienes públicos esenciales, así como la ordenación conjunta y comunitaria de recursos mancomunados para favorecer las actividades de la pesca, los bosques y el agua, además de lograr las metas planteadas en el rubro de investigación y difusión de tecnologías para la producción y gestión sostenible de alimentos. Sin olvidar los principios que rigen la gobernanza: participación, transparencia y rendición de cuentas. En este tenor, el frente parlamentario contra el hambre de América Latina y el Caribe tiene el compromiso de impulsar políticas públicas, iniciativas legislativas y fiscalizadoras que permitan el pleno ejercicio del derecho a la alimentación en sectores de atención prioritaria, como los niños y niñas, las mujeres, los adultos mayores, indígenas, afro descendientes, migrantes y personas con discapacidades. En diciembre de 2011 se constituyó el Capítulo México, con la participación de legisladores y representantes de organizaciones de la sociedad civil que garanticen el derecho a la alimentación como un derecho constitucional, inspirados en la Iniciativa América Latina y Caribe sin Hambre, un compromiso político de los países de la región cuyo fin es erradicar el hambre en la región antes del año 2025.

Dentro de las estrategias de política pública se encuentran el logro del desarrollo humano de las personas a partir de la familia y para ello el PND contempla la implementación de políticas que contribuyan a fortalecer a la familia en relación con el acceso a los alimentos. En consecuencia, se puede contribuir al logro de una de las dimensiones de la seguridad alimentaria.

El PND, contempla el eje relacionado con México Próspero, que busca generar innovación y crecimiento en sectores estratégicos para promover el crecimiento económico, así como construir un sector agropecuario que garantice la seguridad alimentaria del país impulsando

la productividad en el sector agroalimentaria por medio de la inversión en el desarrollo del capital físico, humano y tecnológico. La seguridad alimentaria es principalmente, un asunto de accesibilidad por lo que sus verdaderas dimensiones se ubican en la capacidad interna de consumo, otorgada por la capacidad adquisitiva. Por lo que las propuestas emanadas de los planes de gobierno nacionales, estatales y municipales priorizan a la gestión agrícola, como uno de los elementos fundamentales para su obtención.

Dentro de las políticas pública en este rubro, se han definido una serie de objetivos y estrategias que tienen como finalidad elevar el desarrollo humano y patrimonial de los mexicanos que viven en las zonas rurales y costeras, a través de programas como el Programa Especial Concurrente, el cual es coordinado por la SAGARPA, en colaboración con otras dependencias que inciden en el campo. Al mismo tiempo se pretenden otros objetivos como la diversificación de productos, el fomento del consumo de productos nacionales en el mercado interno, la participación activa de mujeres y jóvenes en las actividades agrícolas y pesqueras, la modernización del sector agrícola y pesquero y, principalmente la promoción de la seguridad alimentaria, mediante el fomento de cultivos y productos básicos y el fortalecimiento de su comercialización mediante la promoción y el ordenamiento de mercados. En el marco de los acuerdos internacionales como el Tratado de Libre Comercio con América del Norte, el PND prevé un seguimiento puntual a los programas dirigidos a elevar la competitividad del maíz, del frijol, del azúcar y de la leche, como productos básicos de la dieta mexicana. En este sentido, se tiene prevista la continuidad del programa PROCAMPO, por lo menos hasta que termine el presente sexenio.

Como parte del análisis se ve necesario el establecimiento de reglas claras es indispensable para que se puedan diseñar e implementar políticas públicas orientadas a la solución de dicho problema. En el caso de la legislación mexicana, es necesario realizar diversos ajustes que definan claramente una política alimentaria, con dependencias y programas que atiendan este problema, ya que en la realidad solo existen programas aislados, o que tienen que atender otros problemas de interés público como la vivienda, la educación, el fomento de actividades agropecuarias y pesqueras, el desarrollo rural, entre otros. Tal es el caso de la Secretaría de Desarrollo Social, donde los asuntos prioritarios como la seguridad y soberanía alimentaria del país, pareciera que dependen del gobierno en turno. Por lo que se considera pertinente diseñar políticas públicas más efectivas que contribuyan de manera más precisa a combatir el problema alimentario existente en México. No obstante, mientras no se tomen estas acciones, se continuarán realizando esfuerzos aislados que llevan a la pérdida de recursos, por la deficiente aplicación de programas, estrategias mal concebidas, evaluaciones inconclusas y duplicidad de programas. Muchos solo terminan en buenas intenciones, mas no identifican la magnitud del problema ni soluciones efectivas.

Conclusiones

Es necesario conformar un consejo permanente que funcione como sistema para el seguimiento y la evaluación de la política alimentaria. Se debe reestructurar el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Rural Sustentable 2013-2018, que contemple políticas públicas que atiendan las estrategias de desarrollo agrícola definidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), es decir que incluya servicios financieros y comerciales, impulso para la investigación y desarrollo de tecnología agrícola, organización rural, educación y extensión agrícola.

El papel de los municipios, es fundamental en la toma de decisiones para el desarrollo de los programas, no sólo para actividades de enlace y logística, como es el caso de muchos programas, donde tienen que proporcionar el mobiliario para que los operadores puedan realizar sus actividades, sino también para hacer valer el derecho a la alimentación.

Es recomendable reorientar la política pública con enfoque de derechos humanos, en especial el derecho a la alimentación para lograr el aumento del porcentaje de seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza través de la exposición de propuestas y reflexiones sobre los alcances y retos para la implementación de un Sistema de Seguridad Alimentaria y Nutrición en México.

Literatura citada

CONEVAL. 2010. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Dimensiones de la seguridad alimentaria: evaluación estratégica de nutrición y abasto. México, DF. www.coneval.org.mx/Medición/MP (consultado el 25 de abril de 2017).

CONEVAL. 2016. Consideraciones para el Proceso Presupuestario. www.coneval.org.mx (consultado el 5 de mayo de 2017).

FAO. 1996. Cumbre Mundial sobre la Alimentación 1996. Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial. www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.htm (consultado el 5 de mayo de 2017)

FAO. 2012. Indicadores de seguridad alimentaria. Disponible en: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/ess-fadata/en> (consultado el 2 de mayo de 2017).

FAO. 2013. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional. Informe país. México: SAGARPA, SEDESOL, CONEVAL, INSP Y FAO. <http://www.fao.org/publications/sofa/2013/es> (consultado el 2 de mayo de 2017).

FAO y OPS (2017). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional. Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición. Publicado por: la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Panamericana de la Salud Santiago de Chile. www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/463396 (consultado el 4 de mayo de 2017).

López; S. R. y E. D. Gallardo G. 2015. Las políticas alimentarias de México: un análisis de su marco regulatorio. Revista Estudios Socio-Jurídicos. Universidad del Rosario Bogotá, Colombia. 17(1):13-41. <http://www.rlc.fao.org/es/iniciativa> (consultado el 8 de mayo de 2017).

Plan Nacional de Desarrollo (2012-2018). <http://pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf>. (consultado el 20 de mayo de 2017).

AVICULTURA DE TRASPATIO EN OAXACA. ASPECTOS SOCIO-PRODUCTIVOS REGIONALES Y HÁBITOS DE CONSUMO DE HUEVO

José Antonio Torres Rivera⁴⁰⁷ y Silvino Vásquez Maya⁴⁰⁸

Resumen

La manera en que cada colectivo obtiene y prepara lo que le gusta consumir de los alimentos a su alcance está determinada por múltiples factores. En el estado de Oaxaca el huevo es uno de los principales alimentos, abastecido por la ganadería de traspatio y por distribuidores de huevo a nivel industrial. El objetivo fue identificar diferencias regionales de la producción y consumo de huevo de traspatio en el estado. Los resultados revelan que las familias que practican la avicultura de traspatio están conformadas principalmente por 2 a 5 miembros, siendo más numerosas en la región Valles Centrales y en comunidades rurales, por el contrario, son menos numerosas en Papaloapan y comunidades urbanas. La superficie típica de traspatio es mayor en Sierra Norte (725 m²) y menor en Istmo (49 m²). Las gallinas son la especie más común en los traspatios, con frecuencia relativa de 85%; les siguen en importancia los cerdos (40%), pavos (34%), ovinos (29%) y burros (26%).

La persona con mayor responsabilidad en el cuidado y atención de las aves son las amas de casa, con más años de experiencia en la Costa y menos en el Istmo; el principal motivo de tener gallinas es el ahorro económico, seguido por tradición familiar y disponer de alimentos sanos. El análisis regional mostró grandes diferencias en el consumo per cápita de huevo, ya que en Papaloapan y Costa están por arriba de la media nacional, en Cañada es prácticamente igual y en las demás regiones es menor. Las familias rurales prefieren más el huevo de rancho a la diferencia con las urbanas que es del 24%; para todas, valor nutritivo y sabor son lo que más influye en su elección. La gran mayoría cuenta con nidos rústicos para la postura. En 74% de viviendas hay refrigerador pero menos del 5% lo utiliza para contener huevo, la mayoría usa recipientes de plástico o canastas de carrizo que coloca en algún lugar de la cocina.

El 47% de entrevistados tienen planes de aumentar su parvada, 43% permanecer igual y sólo 10% disminuirla o retirarse de la avicultura.

⁴⁰⁷ Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. 94100. Huatusco, Veracruz.
*tora_sheep@hotmail.com

⁴⁰⁸ Centro Regional Universitario Sur, Universidad Autónoma Chapingo. 71200. Zimatlán de Álvarez, Oaxaca.

Palabras clave: diversidad, Gallus gallus, ganadería de traspatio, solar

Introducción

Aunque México destaca como uno de los países con mayor producción, tecnificación, autosuficiencia y consumo de huevo en el mundo, Oaxaca no figura en tales estadísticas pues apenas produce el 0.31% del volumen nacional (Hernández y Padilla, 2015); es un estado importador de otras entidades, su avicultura es más bien de traspatio o autoabastecimiento para una población rural, tradicionalista y de bajo poder adquisitivo (ASERCA, 1996). Esto que parece una desventaja, ofrece perspectivas para la avicultura de traspatio, ya que en los estados donde se ha instalado la avicultura industrial sustentada en líneas genéticas especializadas el sistema de traspatio casi ha desaparecido (Hernández y Padilla, 2015).

Si bien todos los seres humanos necesitan comer para mantener la salud, la manera en que cada colectivo e incluso en que cada individuo elige y manipula lo que le gusta comer de los alimentos a su alcance está determinada por múltiples factores. Los hábitos alimentarios (HA) podrían definirse como "el comportamiento más o menos consciente, colectivo en la mayoría de los casos y siempre repetitivo que conduce a la gente a seleccionar, preparar y consumir un determinado alimento o menú como una parte más de sus costumbres sociales, culturales y religiosas y que está influenciado por múltiples factores (socioeconómicos, culturales, geográficos, etc.)" (López y Magaña, 2014).

La avicultura de traspatio es componente de los huertos familiares y/o de la ganadería de solar, consistente en la cría de animales, tanto nativos como criollos, en el espacio de usos múltiples aledaño a las viviendas (Mariaca, 2013). Dada la gran diversidad de ambientes naturales de Oaxaca, aunado a las múltiples expresiones socio-culturales, resulta adecuado analizar la situación de la avicultura de traspatio utilizando un enfoque regional. En el Plan Regional de Desarrollo de Oaxaca (Secretaría de Finanzas del Gobierno de Oaxaca, 2011) se señala que "La regionalización es una herramienta de apoyo a la planeación que sirve para identificar y atender problemáticas comunes de los territorios que se relacionan entre sí y comparten características básicas, obteniendo mediante ésta un acercamiento y una perspectiva más integrada del espacio en los campos económico, social, político y administrativo."

Por lo que el objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis exploratorio comparativo de la manera en que se produce y los hábitos de consumo de huevo en las ocho regiones del estado, que pudiera servir como referencia para orientar modelos de producción y

comercialización regional de huevo, sobre todo para que pequeños productores compitan eficazmente.

Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó durante los meses de abril y mayo de 2017 en 52 poblaciones de Oaxaca, abarcando las ocho regiones económicas (INEGI, 2014) del estado: Cañada (n=6), Costa (n=6), Istmo (n=2), Mixteca (n=11), Papaloapan (n=3), Sierra Norte (n=10), Sierra Sur (n=10) y Valles Centrales (n=4). La información fue obtenida mediante muestreo por cuota (Abascal y Grande, 2005), primero formando dos estratos: comunidades rurales (R) y comunidades urbanas (U), y dentro de éstos distinguiendo entre productores (SP) y no productores de huevo (NP), posteriormente eligiendo a los sujetos por fácil acceso; siendo en total 1,280 unidades familiares estudiadas. En cada una se entrevistó al jefe de familia o al miembro encargado del cuidado de las aves. Se diseñó un cuestionario con dos apartados, el primero para aquellas unidades que sí contaban con gallinas, conformado por doce reactivos, organizados en: información personal del responsable de las aves, conformación de la parvada, inventario y estado de las instalaciones y equipo de trabajo, alimentación, producción y planificación; y el segundo cuestionario, para las familias que no tenían gallinas al momento de la entrevista, conformado por seis reactivos orientados a conocer si alguna vez habían tenido gallinas y los motivos de no contar actualmente con ellas. A todos se les preguntó sobre el manejo del huevo, sean o no productores del mismo. Se realizó un análisis de correlación múltiple y comparación de medias con el software estadístico SAS-9.1® para Windows (SAS Institute Inc., 2004).

Resultados y discusión

Características del entrevistado y su familia. De acuerdo a la información recabada, la unidad familiar está conformada por 1 hasta 12 personas por vivienda, siendo más frecuente el rango de 4 a 5 habitantes (39%), seguido por 2 a 3 habitantes (35%). Se observan diferencias regionales, con familias más numerosas en Valles Centrales y Cañada, 4.9 y 4.6 habitantes vivienda⁻¹; por el contrario, las menos numerosas se encuentran en Papaloapan, Mixteca y Costa, 2.3, 3.8 y 3.8 habitantes vivienda⁻¹, respectivamente. También se halló que en comunidades rurales las familias son más numerosas que en las urbanas, 4.3 y 3.9 habitantes vivienda⁻¹, respectivamente.

Los entrevistados fueron 71% mujeres y 29% hombres, lo cual refleja el papel destacado de la mujer como cabeza de familia. Sin embargo, es conveniente resaltar que en la región Valles Centrales fueron más hombres (53%) quienes aceptaron ser entrevistados, contrastando con las regiones Istmo y Papaloapan donde fueron principalmente mujeres (89%). Aunque en toda el área de estudio predomina el sexo femenino, en el medio urbano hubo el doble de hombres que accedió la entrevista.

En cuanto a la composición de las familias por edad, el 70.3% de los integrantes son mayores de edad y 29.7% menores. La edad promedio del jefe o jefa de familia es de 49 ± 15 años, encontrándose más jóvenes en Valles Centrales (41.7 años) y Costa (46.5 años) contrastando con Sierra Norte (54.5 años) y Cañada (52.5 años) donde los entrevistados eran de mayor edad. Entre los primeros quizás porque las personas se unen a su pareja a menor edad.

El nivel de escolaridad es bajo en toda el área, sobre todo en las regiones Cañada y Sierra Sur donde el 46% de los entrevistados no asistieron a la escuela o tienen la primaria inconclusa; en las demás regiones predomina la primaria completa o secundaria con el 50 a 73% de entrevistados; el mayor nivel con bachillerato o licenciatura está en las regiones Costa e Istmo, ambos con 25%. Las mujeres tienen más baja escolaridad que los hombres, pues en promedio el 59 y 63% alcanzó como nivel máximo terminar la primaria, respectivamente.

Características del traspatio y gallinero. Se encontraron viviendas con superficie de traspatio de dos hasta 5,000 m², sin embargo, la gran mayoría (90%) abarca en promedio menos de 300 m², por lo cual es un poco menor al rango de 400 a 2,500 m² determinado por Mariaca (2013) para el Sureste de México. La superficie típica de traspatio, acotada por el 50% de datos centrales, para las diferentes regiones en orden descendente es de: 725 m² en Sierra Norte, 400 m² en Costa, 286 m² en Papaloapan, 252 m² en Cañada, 226 m² en Valles Centrales, 128 m² en Mixteca, 127 m² en Sierra Sur y 49 m² en Istmo.

En promedio el 57% de entrevistados cuenta en el traspatio con algún tipo de construcción reconocida como gallinero que utiliza principalmente para resguardo y alimentación de la diversidad de aves que posee. Sin embargo, contrasta que en la Sierra Norte el 89% tiene gallinero, requerido para cuidar la salud de las aves dado el clima frío y lluvioso; mientras que en Papaloapan e Istmo sólo el 22 y 33%, respectivamente cuenta con tal construcción, ya que las condiciones cálidas y menos lluviosas afectan poco a la salud. El piso predominante es de tierra (59%), seguido de cemento (25%) y menos frecuente de madera (16%). Las paredes son construidas principalmente de tablas, palos u otros elementos de madera (49%); o bien, de tela gallinera y/o malla ciclón (47%). El gallinero puede estar totalmente techado, como en Cañada y Sierra Norte; o sin techo, como en Istmo donde sólo el 67% lo utiliza, predominando ampliamente la lámina de zinc (87%).

Composición, abundancia y diversidad de especies animales. Se registraron para el área de estudio 12 especies de animales de interés pecuario. Las gallinas son la especie más común en los traspatios de las familias entrevistadas, con una frecuencia relativa de 85%; le siguen en importancia los cerdos (40%), pavos (34%), ovinos (29%) y burros (26%).

Las gallinas también son la especie más frecuente en todas las regiones, sobretodo en Papaloapan (100%), Sierra Sur (96%), Valles Centrales (93%), Costa (92%) y Sierra Norte (81%); en el resto del área se encuentran presentes en 67 a 75% de las viviendas. Los pavos destacan en la Sierra Sur (61%), Papaloapan (56%) y Valles Centrales (53%); pero son escasos en las regiones Cañada (8%) e Istmo (11%). Los cerdos están más homogéneamente repartidos pues su frecuencia oscila entre 43 y 50%, excepto en Papaloapan (22%), Cañada (33%) e Istmo (33%) donde es menor. Otras especies mantienen una distribución más regionalizada, como los ovinos y caprinos que se encuentran con mayor frecuencia en los Valles Centrales, 73 y 60%, respectivamente; siendo ausentes o muy escasos ($\leq 8\%$) en las regiones Cañada, Istmo y Papaloapan. Los equinos se encuentran en todo el estado, excepto en el Istmo donde no se registraron como animales de traspatio, dentro de éstos los burros pueden estar presentes la mayoría de las veces en Valles Centrales (73%), ser frecuentes en Sierra sur (43%) y Cañada (42%) o poco frecuentes como en Costa (25%) y Mixteca (23%). Los caballos son menos frecuentes que los burros pues representan la mitad de aquellos en los traspatios, encontrándose con mayor presencia en Cañada (25%) y Sierra Sur (25%), por el contrario, son animales ocasionales en las demás regiones. El ganado bovino es poco frecuente en los traspatios y exclusivo de ciertas regiones, con mayor presencia en Sierra Sur (39%), Mixteca (27%) y Valles Centrales (27%); raro en Sierra Norte (19%) y Costa (17%) y ausente en las restantes. Excepto en Istmo y Papaloapan donde no se registraron conejos, en el resto su presencia se clasifica de poco frecuente en Valles Centrales (27%) a rara (11 a 19%) en las demás regiones. Los peces y gansos son especies muy escasas, registrándose únicamente en la Sierra Norte (10%) y Costa (8%), respectivamente.

A nivel de Estado no se encontró relación entre el tamaño de la familia respecto a la riqueza de especies o a la población de gallinas que estas poseen. Pero el análisis regional determinó que en el caso de Valles Centrales hay relación positiva significativa con el número de especies en el traspatio ($r=0.65$), también que en la región Istmo hay una relación inversa con el número de gallinas ($r=-0.61$).

Responsabilidad en el cuidado de las aves. La persona con mayor responsabilidad en el cuidado y atención de las aves de traspatio son las amas de casa en un 51%, seguido en orden descendente por el jefe de familia (22%), hijas (14%) e hijos (13%). La persona que más tiempo dedica al cuidado de las gallinas ocupa principalmente su tiempo libre (53%), lo cual significa que se considera de importancia secundaria. Que sean las amas de casa las de

mayor responsabilidad, se puede explicar en el rol que por tradición y costumbre se les da a las mujeres como encargadas de la preparación de los alimentos para la familia, implicando la obtención de carne y huevo de los animales que se posee; también porque la avicultura a pequeña escala requiere poco trabajo físico como sería el de las grandes especies (bovinos, equinos). En la región Istmo es donde se destina mayor tiempo al cuidado de las aves, ya que el 67% de los entrevistados reconocieron dedicar de medio a tiempo completo y sólo el 33% el tiempo libre; por el contrario, en Papaloapan es donde el responsable del cuidado destina menos tiempo, pues nadie se dedica de tiempo completo, apenas 22% medio tiempo y la gran mayoría (77%) sólo tiempo libre.

Qué motiva adoptar y continuar con la gallicultura. Aunque se recogieron declaraciones desde 0.5 hasta 87 años de experiencia dedicada a la ganadería de traspatio, el promedio acotado al 90% de datos centrales establece en 16.3 años el promedio; siendo mayor en Costa (23 años) y Cañada (20 años), mientras que en Istmo y Sierra Norte es menor, con 10 y 11 años, respectivamente. Las razones de por qué han decidido adoptar y continuar con la cría de gallinas son diversas, predominando en el área el ahorro económico (45%), sobre todo en Istmo, Papaloapan y Valles Centrales; supuesto que es discutible ya que el precio del huevo industrial en tiendas de la cabecera municipal correspondiente es aproximadamente la mitad que el de traspatio. La segunda razón en importancia es por tradición familiar (35%), principalmente en Costa, Papaloapan y Valles Centrales. El tercer motivo es para comer sano (24%), entendiéndose como la posibilidad de disponer de alimentos más nutritivos y sin sustancias que puedan causar alguna enfermedad atribuida a los alimentos de otros tipos de producción; manifestado principalmente en Mixteca, Papaloapan y Sierra Sur. La avicultura de traspatio como actividad de negocio apenas fue aceptada por el 7.9% de entrevistados, destacando Papaloapan y Sierra Norte.

Hábitos de consumo de huevo. Se estimó un consumo de huevo per cápita para el estado de 0.377 ± 0.101 kg semana⁻¹, lo que representa 19.604 kg año⁻¹, cantidad que es menor al promedio nacional de 21.9 kg año⁻¹ (UNA, 2014). El análisis regional mostró grandes desigualdades ya que en Papaloapan y Costa el consumo anual está por arriba de la media nacional, 27.626 y 26.455 kg año⁻¹, respectivamente; que en Cañada, con 21.302 kg año⁻¹, es prácticamente igual; y que en las demás regiones es menor a la media nacional, con un mínimo en Valles Centrales y Mixteca de 14.263 y 14.582 kg año⁻¹, respectivamente.

La situación de ruralidad de las comunidades también determina diferencias en el consumo per cápita de huevo, siendo más alto en el medio rural (21.960 kg año⁻¹) que en el urbano (16.316 kg año⁻¹). La diferencia a favor del medio rural es mayor en Cañada y Sierra Sur, con 67.4 y 60.2%, respectivamente. Únicamente en la región Mixteca el consumo de huevo es mayor entre las familias que viven en comunidades urbanas que en las rurales, con 15.498 y 14.048 kg año⁻¹, respectivamente. Es probable que las familias rurales consuman más huevo

que las urbanas porque en su entorno el producto esté más disponible, y que en aquellos lugares donde es menor se deba entre otras causas a factores ambientales más limitantes para la producción como es la región Mixteca.

La relación de la cantidad de huevo consumido con el número de integrantes de la familia es en general poco significativa ($r=0.39$), únicamente se aprecia cierta tendencia en el caso de las regiones Costa ($r=0.67$) y Mixteca ($r=0.62$), particularmente determinada por la población de menores de edad.

Aunque se esperaba que aquellas familias que poseen una parvada más numerosa tuvieran mayor consumo de huevo, no se encontró relación significativa entre la cantidad de huevo que consume la familia con el número de gallinas que ésta posee ($r=-0.13$).

Tipo de huevo preferido y criterios de preferencia. Entre la población estudiada es muy marcada la preferencia por el huevo de rancho (87%) sobre el huevo de granja (13%), lo cual es lógico dado que la entrevista fue dirigida a personas que poseen ganado en el traspatio y pueden disponer de dicho producto. Aunque en el medio rural se prefiere en general más el huevo de rancho, la diferencia con el medio urbano es del 24%. El consumo de huevo de granja solamente fue de consideración en comunidades rurales de las regiones Papaloapan e Istmo, donde representa el 66.7 y 50.0% del volumen de huevo de rancho; mientras que en comunidades urbanizadas el consumo de huevo de granja destaca levemente en Sierra Norte, Mixteca y Cañada donde equivale al 33.3, 28.6 y 22.2% del huevo de rancho, respectivamente.

En una escala Likert de cinco puntos donde 1=más preferencia y 5=menos preferencia, el valor nutritivo y el sabor del huevo es lo que más influye para elegir qué tipo consumir, 1.64 y 1.81, respectivamente; otros aspectos tienen prácticamente la mitad de valor de importancia que éstos y con poca diferencia entre ellos. Siguen en orden descendente el precio, color y por último olor con calificaciones de 3.27, 3.42 y 3.50, respectivamente. Entre las diferencias regionales apreciables destaca que en Istmo y Valles Centrales es donde más se toma en cuenta el valor nutritivo y las características sensoriales del producto, con promedio de 2.18 y 2.23, respectivamente; contrastando con Papaloapan, donde la exigencia es menor al promediar 3.14 en los mismos indicadores.

Al tomar en consideración la ruralidad de las comunidades se nota la misma tendencia, es decir, el valor nutritivo y sabor son los aspectos más considerados por los consumidores, sin embargo, en el medio rural destaca sabor (1.70) sobre valor nutritivo (1.81) mientras que en el urbano valor nutritivo (1.44) está por encima de sabor (2.00).

Amas de casa y jefes de familia coinciden en que sabor y valor nutritivo es lo más importante a tomar en cuenta en la selección del tipo de huevo a consumir. Aunque las amas de casa resultaron ser en promedio un poco más exigentes en las características organolépticas y en el precio del huevo que los jefes de familia, las diferencias no son significativas ($P>0.05$). No

obstante destacan algunas diferencias regionales, como en Papaloapan donde los jefes de familia a diferencia de las amas de casa consideran 64% más importante el valor nutritivo; en Istmo donde la calificación que las amas de casa otorgan al color es 51% mayor que la de los jefes de familia; otra diferencia sobresaliente es en el precio del huevo en la región Sierra Sur, donde las amas de casa dan 46% menos importancia a este aspecto que los jefes de familia.

Se encontró cierta tendencia negativa entre el número de integrantes de la familia con las variables de preferencia de huevo, que sin embargo no son estadísticamente significativas ($P > 0.05$) a nivel estatal. Regionalmente destaca la relación habitantes en casa con valor nutritivo ($r = -0.64$) en Papaloapan y con precio ($r = -0.53$) en Sierra Sur.

Manejo y cuidado del huevo. Más del 80% de familias cuenta con nidos para la postura, la excepción es en Valles Centrales donde solamente el 57% declaró destinar algún lugar donde las ponedoras depositen su producción. Quienes poseen son en general colectivos, utilizando como material huacales o canastas. El lugar donde se encuentran los nidos son diversos y con cierta tendencia regional, pues en Sierra Norte y Valles Centrales todos se encuentran en el gallinero, en Papaloapan predomina el interior o corredor de la vivienda (44%), y en las restantes es variable pero preferentemente en el gallinero.

El tipo de recipiente que más se utiliza como contenedor de huevo son cubetas, bandejas o similares de plástico (34%); seguido por canastas, "tenates" o similares de carrizo, palma u otros materiales orgánicos (28%); y "conos" o empaques reciclados de cartón (19%). Aunque de los entrevistados el 74% cuenta con refrigerador, solamente el 3.1% lo utiliza para contener huevo, los casos detectados fueron en Mixteca y Sierra Norte. La cocina es el lugar donde principalmente se colocan los recipientes (91%).

Planes a futuro para las gallinas. En las regiones Cañada, Sierra Sur, Costa y Sierra Norte la mayoría de entrevistados (63%) manifestó el deseo de incrementar el tamaño de su parvada, los demás principalmente permanecer igual (34%). En Mixteca, Papaloapan y Valles Centrales la mayor frecuencia es permanecer igual (63%) seguido de aumentar el número de gallinas (30%). Únicamente en Istmo predominó la respuesta de disminuir la parvada o abandonar la actividad (50%), seguido de aumentar (33%). Se estimó en 71% el aumento en la población de gallinas si los que manifestaron el deseo de aumentar logran el objetivo.

El hecho de no contar en el estado con una avicultura industrial, ofrece perspectivas de poder lograr el crecimiento que desean los avicultores de traspatio sobre todo si son capaces de diseñar una estructura de distribución local.

Conclusiones

En las condiciones del presente estudio y para la población estudiada, la ganadería de traspatio se muestra con similitudes y contrastes entre sus ocho regiones. Aunque en general se considera actividad secundaria por dedicarle el tiempo libre, es una actividad tradicional con grandes perspectivas de permanecer como abastecedora de proteína animal a las familias y de crecimiento para abasto local. Aunque el ama de casa es la principal encargada del cuidado de las gallinas y los demás miembros sus colaboradores, con frecuencia es el jefe de familia el elemento informador y clave para la aceptación de recomendaciones.

Literatura citada

- Abascal, E. y Grande, I. 2005. Análisis de encuestas. Editorial ESIC. Madrid, España. 292 p.
- ASERCA, 1996. La avicultura de huevo en México. Claridades Agropecuarias 36(4):1-32.
- Hernández, J.M. y Padilla, R. 2015. Evolución reciente de la producción y consumo de huevo en México. Mundo Siglo XXI 37(XI): 75-87.
- INEGI. 2014. Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México. 1444 p.
- López, A. y Magaña, C. R. 2014. Hábitos alimentarios. Psicobiología y socioantropología de la alimentación. Editorial McGraw-Hill. 215 p.
- Mariaca, R. 2013. El huerto familiar y su incomparable riqueza. Ecofronteras 17(47):30-33.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc. USA. p. 955-1,066.
- Secretaría de Finanzas del Gobierno de Oaxaca, 2011. Planes Regionales de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016. Región Istmo. Gobierno del Estado de Oaxaca, México. 125 p.
- UNA. 2014. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2014. Unión Nacional de Avicultores. <http://una.org.mx/> [consultado el 30 de septiembre de 2014].

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático



ANÁLISIS DEL INGRESO NETO DEL USO DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE PRODUCTORES QUE UTILIZAN TECNOLOGÍA DE INIFAP CON RESPECTO DE LOS PRODUCTORES QUE UTILIZARON TECNOLOGÍAS TESTIGO, EN EL ESTADO DE GUERRERO

Salinas Cruz Eileen^{409*}, J. A. Espinosa García⁴¹⁰, J. Rangel Quintos⁴¹¹, A. Vélez Izquierdo⁴¹⁰ y S. F. Góngora González⁴¹²

Resumen

En el año 2009 se inició a la evaluación de tecnologías exitosas vigentes del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se trata de la evaluación de impactos económicos resultante de la adopción a través de la metodología que calcula la tasa de variación, comparando la tecnología exitosa (tecnología INIFAP) y tecnología testigo dentro del contexto de producción. Para el estado de Guerrero se evaluó la adopción del híbrido de maíz H-565 como parte de las once tecnologías evaluadas en 2016. Para el levantamiento en campo de la información se aplicó una encuesta a 57 productores en los Distritos de Atoyac en 8 municipios, Iguala (un municipio) y las Vigas (tres municipios). Se calcularon indicadores de costos de producción, ingreso, valor agregado y ventaja comparativa. Los cuales sirvieron de análisis para establecer si el H-565 a través del indicador de tasa de variación presenta o no ventaja comparativa. De los resultados obtenidos se tiene que la tecnología exitosa H-565, en cuanto a los indicadores económicos, muestra una ligera ventaja, en referente a la tecnología testigo. Una de las ventajas comparativas más sobresalientes es la resistencia a la mancha de asfalto y el rendimiento mayor a la testigo.

Palabras clave: impacto, costos, proceso de adopción, valor agregado

Introducción

A partir del año 2009, anualmente se integra un grupo de investigadores del Programa de Socioeconomía para evaluar tecnologías exitosas vigentes en el país. En 2014 se inicia con

⁴⁰⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Centro de Chiapas. * salinas.eileen@inifap.gob.mx

⁴¹⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología.

⁴¹¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental La Posta.

⁴¹² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochá.

el “Impacto de Tecnologías exitosas vigentes generadas por el INIFAP” evaluando el impacto económico resultante de la adopción, de una muestra de tecnologías exitosas en comparativo con una tecnología testigo. Para el año 2015, se realiza este estudio en base no solo a información secundaria, sino aplicando encuestas con los usuarios de la tecnología exitosa y con los usuarios de la tecnología testigo y el objetivo principal fue el cálculo de la tasa de cambio del ingreso neto o productores que usan la tecnología exitosa y a los productores que utilizan tecnología testigo.

El modelo de trabajo que utiliza el INIFAP incluye cuatro etapas: experimentación, validación, transferencia y adopción. Generando así primeramente conocimiento, posteriormente la aplicación de los resultados de la investigación en el contexto comercial; difundiendo las innovaciones tecnológicas a los usuarios, que finalmente se pretende que incorporen la tecnología o algún componente a los sistemas de producción (Damián et al., 2007)

Para esto es necesario que los investigadores del INIFAP, busquen alternativas para que el campo mexicano se desarrolle y asegurar el cumplimiento del objetivo del instituto.

Desde 1941, el INIFAP tiene el mandato de generar variedades e híbridos de maíz para producción de grano (Ortiz et al., 2005), y desde hace 62 años de investigación en este cultivo, instituciones antecesoras y el propio INIFAP han liberado más de 221 híbridos y variedades mejoradas (60% y 40% respectivamente), con adaptación específica a las diferentes condiciones ambientales (Espinosa et al., 2002).

Debido a esto, se realizó conjuntamente con directivos de cada región, un análisis de las diferentes tecnologías vigentes dentro del instituto; en donde se finalizó con la selección de la tecnología para el caso del pacífico sur, donde se determinó evaluar la tecnología de maíz H-565, desarrollada en el Campo Experimental Iguala en el estado de Guerrero.

La producción en el estado de Guerrero es de 3.7 t ha⁻¹ y aunque se presenta en un porcentaje menor al nacional, se podría considerar como uno de los estados con producción media, con respecto a estados como San Luis Potosí, Chiapas, Chihuahua o Quintana Roo.

En el estado de Guerrero se destina anualmente una superficie cultivada de alrededor de 28,147 ha, donde la producción anual estatal oscila en 46, 400 toneladas, con un rendimiento promedio de 3.7 t ha⁻¹ (SIAP, 2016).

La producción de maíz se realiza en un 95% bajo condiciones de temporal y el resto en riego. El promedio de rendimiento es de 2.5 t ha⁻¹ en temporal y 3.4 t ha⁻¹ en riego. Los distritos de Desarrollo Rural con mayores volúmenes de producción en el ciclo primavera-verano son: Altamirano, Las Vigas, Atoyac, Igual que aporta el 89% de la producción total del estado (Noriega et al., 2010). Persistiendo un marcado minifundismo, pues la mayoría de los productores tiene menos de 2.5 ha. Este es un factor que ha limitado el desarrollo del sector, ya que producir en pequeña escala y con métodos convencionales no es rentable, por los

altos costos de producción y los bajos volúmenes de cosecha, lo que trae como resultado bajos ingresos para el productor (Secretaría de Desarrollo Rural de Guerrero, 2015)

La producción de Maíz en Guerrero se orienta principalmente al mercado Estatal y Nacional, de manera que para hacer llegar el producto al consumidor final intervienen terceros que incurren en costos adicionales (SAGARPA, 2012).

Materiales y métodos

Para definir el proceso de evaluación de las tecnologías seleccionadas, se desarrolló la siguiente metodología (Figura 1):

1. Selección de tecnologías: en una reunión del responsable del proyecto con directivos de la CPyD, se analizará el resultado de las tecnologías evaluadas y se seleccionarán las 10 tecnologías a evaluar en campo.
2. Selección de tecnologías CIRPAS H-565 para Guerrero: se entrevistarán a los investigadores proponentes de las tecnologías para identificar a los productores y definir el tamaño de muestra representativa, así como los instrumentos de captura de la información.
3. Elaboración de la cédula de encuesta: A través de un análisis de la información que se debería de levantar en campo. Se realizó la cédula de encuesta para la captación de información. Se elaboraron tres encuestas diferentes, la primera para tecnologías agrícolas, la segunda para pecuarios y la tercera para perennes.
4. Cálculo del tamaño de muestra: El tamaño de muestra se calculó a través del método varianza máxima, esto debido a que se solo se contaba con el dato de la población total.
5. Levantamiento de la información en campo y llenado de base de datos: La información recabada en campo, se validó y a través de una hoja de cálculo se realizó la captura de información para establecer el análisis.
6. Cálculo del indicador y análisis de la información: una vez aplicadas las encuestas y revisados los datos técnicos, los costos de producción y precio de venta de la producción vegetal y/o animal según la especie, se procede a hacer la evaluación del indicador.
7. Informe final. Elaboración del informe final para documentar información de la tecnología evaluada.

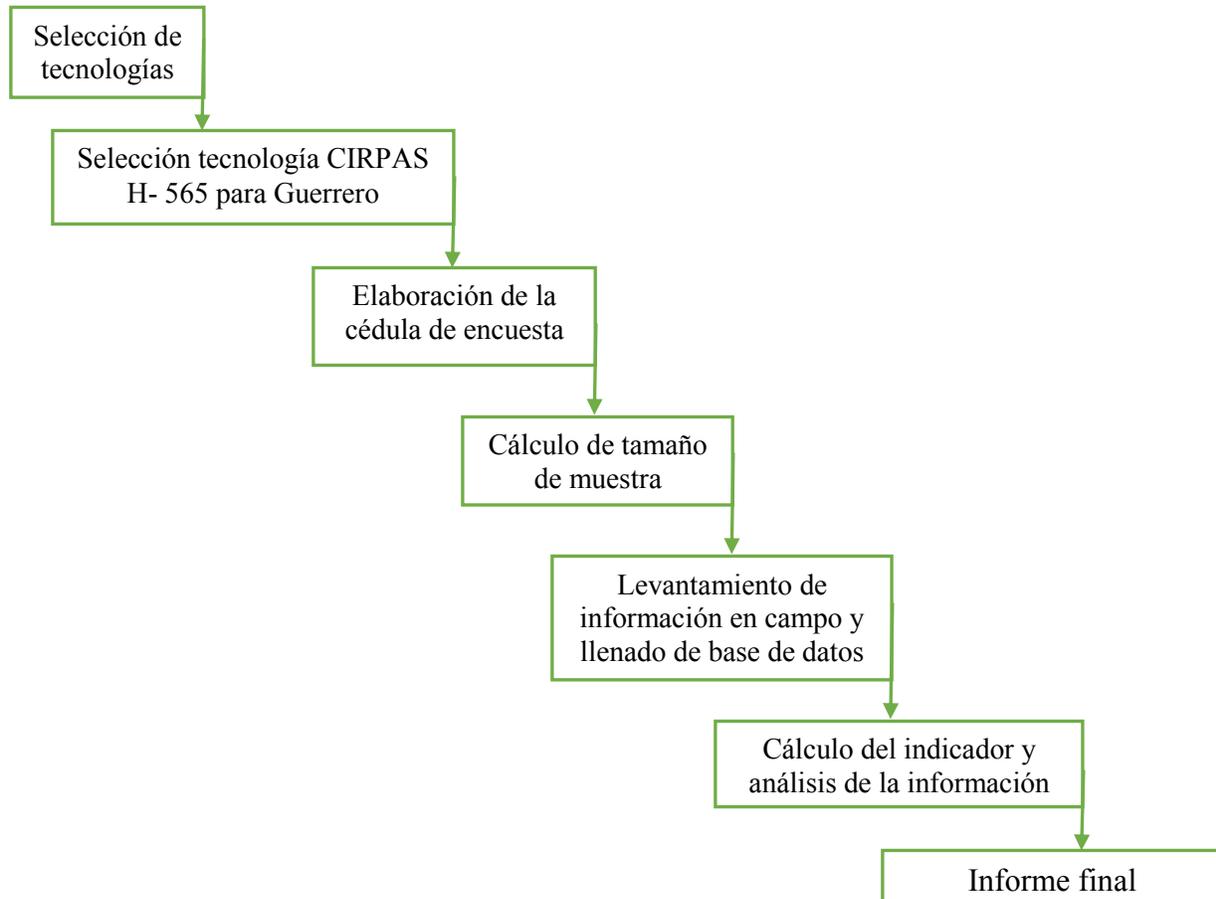


Figura 1. Pasos metodológicos para la variación (Elaboración propia).

Cálculo del tamaño de muestra

El tamaño de muestra se calculó a través del método varianza máxima (Infante y Zarate, 1990), esto debido a que se solo se contaba con el dato de la población total la cual fue en un total de 700 productores:

$$\frac{(N - 1)}{Z^2 * d^2 * p^2} = n$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población objetivo

β= Precisión en porcentaje

$Z_{1-\alpha}$ = Valor de confiabilidad al 95%

El valor $p*q$ no es una varianza, es una probabilidad conjunta y se utiliza en el diseño de muestreo de proporciones con varianza máxima.

El cálculo de la muestra a través de varianza máxima fue de 57 productores, los cuales serían las cédulas totales para levantar información en campo.

Cálculo del indicador

Este indicador muestra el incremento del ingreso neto de los productores, por el uso de tecnologías con mayores ventajas comparativas, respecto a las comúnmente usadas. La medición considera una comparación con otras tecnologías para la misma especie, en un mismo año, área geográfica y condiciones socioeconómicas de los productores.

Método de cálculo

$$\left(\frac{\text{Promedio del Ingreso neto de los productores forestales y agropecuarios generado por 10 tecnologías en uso en el año } t_{n-1}}{\text{Promedio del Ingreso neto generado por 10 tecnologías testigo en el año } t_{n-1}} - 1 \right) * 100$$

Resultados y discusión

Descripción del usuario o beneficiario de la tecnología

De acuerdo al diagnóstico realizado, las características generales del beneficiario de la tecnología son; el 24% de los encuestados son mujeres con una edad promedio de 58 años, mientras que el 76% son varones en edad de 50 años; la edad promedio de todos los encuestados es de 51 años de edad. La variabilidad en el nivel de estudios es 37% primaria, el 29% realizó estudios de secundaria, mientras que el 16% indicó que no cuenta con algún estudio, pero sabe leer y escribir.

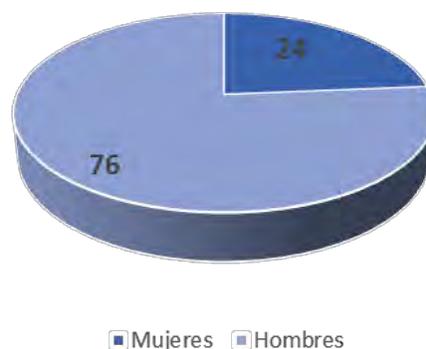


Figura 2. Porcentaje de hombres y mujeres encuestados.

La superficie destinada al cultivo de la tecnología exitosa es de aproximadamente una hectárea, esto debido principalmente a que el paquete tecnológico es proporcional a esa medida de superficie, la semilla fue distribuida por algunos extensionistas. A través del programa de extensionismo, en donde se trata de incorporar tecnologías nuevas que ayudan a los productores a mejorar sus sistemas de producción (no existe un registro del procedimiento para dicha entrega).

Los productores del estado de Guerrero tienen 27 años en promedio dedicados a la producción agropecuaria principalmente y 1.16 años en promedio de utilizar la semilla de tecnología exitosa; el 76% de los productores indica que siembran solamente la H-565 y el 24% tienen producción de semilla H-565 y otra variedad, principalmente criolla. La producción es netamente de temporal en el ciclo primavera- verano.

Costos de producción

En la estructura de costos para la producción de la H-565, el productor asigna el 26.3% del costo total a la mano de obra, que es utilizada en la siembra, control de plagas y enfermedades, fertilización y cosecha, principalmente; el uso de fertilizantes implica el 15% de los costos que se deben de erogar para la producción de una hectárea de maíz; el 11.7% corresponde al control de plagas; para la adquisición de semilla el productor destina solo el 5.8% del costo total de producción. Mientras, que el resto de los costos de producción se distribuyen entre actividades culturales, fletes y compra de insumos.

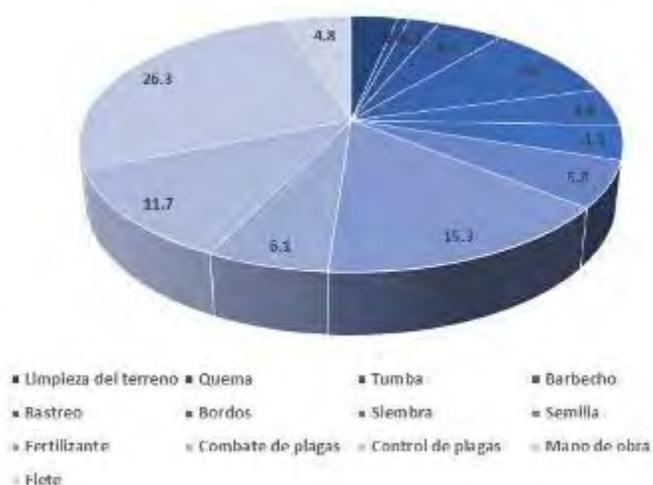


Figura 3. Estructura de costos tecnología exitosa.

En cuanto a la tecnología testigo, los costos son relacionados a la mano de obra, fertilización, control de plagas y enfermedades. En porcentajes similares a la tecnología exitosa; la diferencia radica además en el uso de diferente semilla, en el uso de menos agroquímicos dentro del proceso de producción.

Ingreso neto de los productores que usan la tecnología INIFAP

El Híbrido H-565, de acuerdo a los datos obtenidos en campo con información de productores, tiene un rendimiento promedio de 5, 326 t ha⁻¹, con un precio en el mercado \$5.10 por kg, el productor obtiene un ingreso total de \$27, 048.00, por hectárea producida.

El costo de producción de maíz producido es de \$12,951.00; restando los costos a los ingresos totales, la utilidad total o el ingreso neto es de \$14,096.00 por hectárea producida (Cuadro 1).

Para producir un kilogramo de maíz, el productor deberá de erogar \$2.54 pesos; obteniendo un ingreso por la venta de \$12.95, lo cual deja una ganancia neta por kilo vendido de \$2.53. De los indicadores de rentabilidad se tiene la relación beneficio costo, la cual es reflejada en un 1.19%; lo que indica una rentabilidad adecuada para el cultivo.

Cuadro 1. Ingresos y costos del productor tecnología exitosa.

	H-565
Costo (\$/ha)	\$ 12,951.14
Ingreso bruto (\$/ha)	\$ 27,048.07
Ingreso neto (\$/ha)	\$ 14,096.92

Ingreso neto de los productores que usan la tecnología testigo

La producción en cuanto a la tecnología testigo está basada en variedades criollas, las cuales tiene un rendimiento de 4,722 t ha⁻¹, la producción tiene un costo total de \$23,922 pesos, por lo que el costo por kilo producido es de \$2,61 (Cuadro 2).

El precio promedio registrado es de 5.10 pesos, lo que genera un ingreso total de \$23,922 pesos; obteniéndose una ganancia neta de \$10,612.

La relación beneficio costo es de \$1.53, y la ganancia por kilo vendido es de \$2.90.

Cuadro 2. Ingresos y costos del productor tecnología testigo.

	Variedades Comerciales
Costo (\$/ha)	\$10,611.94
Ingreso bruto (\$/ha)	\$24,135.80
Ingreso neto (\$/ha)	\$13,523.86

En un comparativo con los costos, ingresos y ganancia de la tecnología testigo versus tecnología exitosa; se puede apreciar en la Figura 4 que, los costos de la tecnología exitosa son mayores a los de la tecnología testigo, esto como se explicó anteriormente es debido a la aplicación de algunos insumos (fertilizantes, mano de obra, control de plagas y enfermedades y control de malezas) más que la testigo.

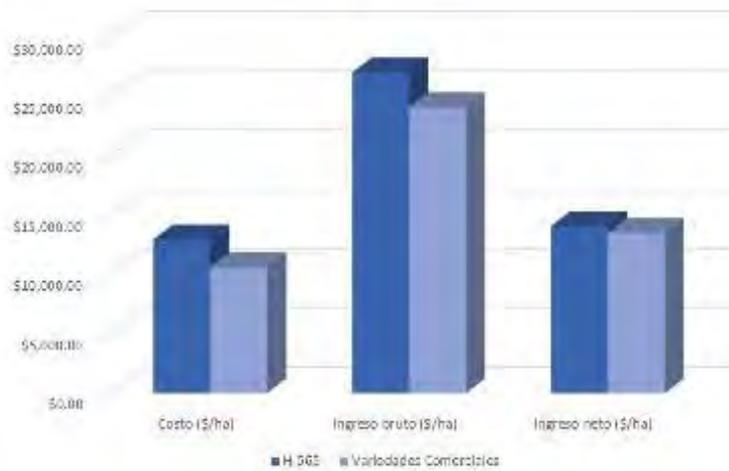


Figura 4. Relación costo, ingreso bruto e ingreso neto.

En cuanto a los ingresos brutos e ingresos netos; la tecnología exitosa, son mayores que la tecnología testigo, lo que implica una ventaja comparativa, en referente a estas dos tecnologías.

Tasa de variación

Para ser una nación exitosa, se necesita que sus empresas logren ventaja competitiva, es decir, que ganen participación en el mercado tanto nacional como internacional en función de precios y calidad y así la economía logre un crecimiento económico sostenido a largo plazo (Buendía, 2013).

El análisis de la ventaja comparativa de la tecnología exitosa y la tecnología testigo, se puede explicar de acuerdo a los siguientes indicadores.

La diferencia del ingreso es de \$573 pesos, lo que refiere a un aumento del 4% en el uso de la tecnología exitosa a diferencia de la testigo. Sin embargo, aunque la diferencia entre las dos variedades en cuanto a este indicador, se denota en las ventajas que tiene la H-565, ya que los productores comentan que es resistente a la mancha de asfalto, es más barata que otras semillas, tiene una mayor producción y se pueden reducir costos en su producción.

El costo por el uso de la tecnología exitosa es en un \$2,339.20 más que en la testigo, sin embargo, la producción por hectárea producida es mayor.

Cuadro 3. Comparativo Ingreso y costos ambas tecnologías.

	Cambio
Costo (\$/ha)	\$2,339.20
Ingreso bruto (\$/ha)	\$2,912.27
Ingreso neto (\$/ha)	\$573.07

En cuanto el indicador de impacto, se establece que la variación con respecto de la tecnología exitosa en referencia a la testigo es de 4%, lo que indica que la tecnología exitosa sobresale por encima de la testigo en los municipios donde se produce.

La derrama económica por las hectáreas donde se ha establecido es de \$859,500.00. Según datos del investigador que desarrolló la variedad se cuentan actualmente con 1500 beneficiarios y 1500 hectáreas producida para el ciclo agrícola 2015.

Conclusiones

1. La tecnología exitosa H-565, en cuanto a los indicadores económicos, muestra una ligera ventaja, en referente a la tecnología testigo.
2. Una de las ventajas comparativas más sobresalientes es la resistencia a la mancha de asfalto y el rendimiento mayor a la testigo.
3. El costo por semilla es menor a otras variedades o híbridos producidos en las regiones del estado de Guerrero.
4. Se espera que con la difusión (eventos demostrativos, días del productor de maíz, etc.) y conocimiento de los productores de la H-565, pueda tener una mayor distribución y uso.

Literatura citada

Buendía-rice, E. A. 2013. El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países. *Revista Análisis Económico* 28(69):55-78.

Damián, H. M. A., B. Ramírez V., F. Parra I., J. A. Paredes S., A. Gil M., A. Cruz L. et al. 2007. Apropiación de tecnología por productores de maíz en el Estado de Tlaxcala, México. *Revista Agricultura Técnica en México* 33 (2):163-173.

Espinosa, A., M. Sierra M. y N. Gómez M. 2002. Producción y tecnología de semillas mejoradas de Maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Revista Agronomía Mesoamericana* 14(1):117-121.

Noriega, C. D. H., N. O. Gómez M., R. Cruzaley S., R. González M., V. M. Domínguez M., J. Pereyda H. et al. 2010. La producción de maíz de temporal en Guerrero. Libro Técnico, No. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala, Iguala, Guerrero, México. 130 p.

Ortiz, T. C., A. Espinosa C., H. S. Azpiroz R. y S. Sahún C. 2005. Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y Zonas de Transición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Zinacantepec, Estado de México. 122 p.

SAGARPA. 2012. Fortalecimiento de cadenas productivas, diagnóstico de la cadena productiva Maíz del Estado de Guerrero. Plan Rector, Sistema producto Maíz, Guerrero, 81 p.

Secretaria de Desarrollo Rural de Guerrero. 2011. Informe de Evaluación de Pérdidas en el Sistema Producto Maíz. Gobierno del estado de Guerrero. 63 p.

SIAP. 2016. Avances de siembras y cosechas Guerrero. SAGARPA. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119?idiom=es> [consultado el 22 de diciembre de 2016].

EVALUACIÓN DEL USO DE TICC COMO VENTAJA EDUCATIVA

María del Carmen de Jesús González Martínez^{413*}, Guadalupe Santillán Ferreira⁴¹³, Oscar Luis Peña Valerio⁴¹³, Angélica del Carmen López Toto⁴¹³, Jaime Contreras Romero⁴¹³

Resumen

Las inserciones de las Tecnologías de la Información Comunicación y Conocimiento (TICC) en los contextos educativos pueden reportar beneficios para el sistema educativo en su conjunto: alumnos, docentes y la comunidad educativa. La necesidad de replantear la didáctica de las clases, utilizando las TICC como herramientas para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, se debe al creciente interés y la gran motivación que manifiestan los estudiantes por la tecnología, la informática y el entorno virtual en el que se desenvuelven. Es por ello que la presente investigación intitulada “El uso de TICC como ventaja educativa” aumentará los índices de rendimiento académico, aunado a que los docentes del Centro de Estudios del Mar Núm. 1 incrementen sus competencias profesionales al implementar herramientas tecnológicas que coadyuven en su labor docente. Las TICC no garantizan el éxito, sino que se debe hacer un uso inteligente de ellas. De otra manera, pueden provocar desigualdad entre las comunidades escolares y beneficiar sólo a quienes tienen recursos económicos para acceder a esas tecnologías.

Palabras clave: TICC, educación media superior, desarrollo profesional, práctica docente

Introducción

En este contexto vertiginoso de cambio cultural tecnológico exige nuevas estrategias en el maestro de nivel medio superior y su formación pedagógica no son suficientes. La necesidad de replantear la didáctica de las clases, utilizando las TICC como herramientas para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, se debe al creciente interés y la gran motivación que manifiestan los estudiantes por la tecnología, la informática y el entorno virtual en el que se desenvuelven. Revisando las apreciaciones de Pérez (2006) y Escamilla (2010), estos autores apuntan a la motivación que sienten los jóvenes por el uso de TIC, y la forma tan determinante en que este tipo de herramientas didácticas, va a acrecentar la creatividad y con ello la inteligencia emocional de los educandos.

⁴¹³ Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. *ouvierth2@hotmail.com

En su tesis doctoral Machado (2005), expone el diseño de una estrategia didáctica, para integrar las formas del experimento químico que en su aula realiza el docente, pero que, aunque partiendo de lo académico, involucra y establece una relación con lo laboral e investigación, los requerimientos para la dirección del proceso, y con la aplicación de las TIC en la enseñanza de la química. Efectivamente, uno de los temas pertinentes y que coinciden con esta propuesta es el buen uso que se le puede dar a las Tecnologías de la Información, Comunicación y Conocimiento (TICC), aunado a la motivación que la misma genera en los jóvenes; planteándose, el importante apoyo a la labor formativa que las TICC ofrecen, aunado a darles a las clases mayor practicidad.

Los distintos países desarrollados del mundo ya han incorporado las TIC a la educación, sumergiéndola en la globalización y mundialización del saber; es decir, creando una aldea global de conocimiento. Vivimos en un mundo dominado por la ciencia y la tecnología y el uso de éstas genera nuevas y distintas formas de aprender (Sánchez, 1999).

El propósito que nos ha llevado a planificar y desarrollar esta investigación se fundamenta desde el planteamiento realizado por Área, (2005:4 a): “Tenemos mucha información empírica sobre las TIC en las escuelas, pero nos falta construir una teoría sobre este fenómeno particular de la realidad escolar que nos permita comprender qué sucede cuando los ordenadores entran en las escuelas, las causas de la resistencia del profesorado a integrar estas tecnologías en su práctica docente, o cómo implementar exitosamente estrategias de incorporación escolar de las TICC en un determinado contexto”.

La pregunta obligada es si gracias a la introducción de las TICC se está propiciando un cambio profundo en las prácticas y paradigmas educativos prevalecientes, en la forma y contenido de lo que se aprende, se enseña y se evalúa. Esta es la razón que nos ha llevado a realizar esta investigación dónde las TICC están emergiendo con mayor fuerza. En el Cuadro 1 se muestra la problemática, así como las causas y alternativas que se proponen para solventar la necesidad en el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar 01 “General Juan Soto Ramos”.

Cuadro 1. Análisis de las necesidades.

Indicador	Análisis de la necesidad
Problema	Desconocimiento de las ventajas que ofrece la herramienta tecnológica de bajo costo en las estrategias metodológicas interactivas en el proceso de enseñanza – aprendizaje.
Causas	Desconocimiento de parte de los docentes de la herramienta tecnológica de bajo costo, como recurso tecnológico. Limitación económica de la institución para adquirir el recurso tecnológico.
Alternativas de solución	Implementar talleres de capacitación y la importancia del uso de las TICC en el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar 01 “General Juan Soto Ramos”.

Fuente: Elaboración propia.

La introducción y el uso de las TICC de forma habitual en los procesos administrativos y de enseñanza-aprendizaje en la educación están significando una transformación institucional que nos muestra hoy una realidad del sistema diferente al de tan sólo una década.

En este artículo se analiza el uso de las TICC; para ello se pretende poner de manifiesto cuáles han sido los principales problemas detectados en la toma de decisiones y en el establecimiento de estrategias institucionales, tomando como caso de estudio el Centro de Estudios del Mar N°1 “General Juan Soto Ramos”, ubicado en Km 47, Carretera Federal Veracruz-Alvarado.

Con la finalidad de mejorar la calidad del proceso de Enseñanza-Aprendizaje de los alumnos mediante el uso de TICC como ventaja competitiva en docentes de educación media superior del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar 01.

Materiales y métodos

Ante cada avance tecnológico, las organizaciones necesitan empleados que cuenten con más competencias para desempeñar estos nuevos trabajos tecnológicamente avanzados (Hellriegel, 2005).

A continuación, se muestran los materiales utilizados en el proyecto:

- Materiales para herramienta tecnológica: Marcador remoto o marcador inalámbrico, control wiimote, bluetooth portátil (USB), computador, video Proyector.
- Materiales para capacitación: Lona o cartel para el aula, aula, bocinas, proyector, micrófono, material didáctico digital, sillas, computadoras, Internet e impresora.

Hemos optado por un método flexible, de base cualitativa, que incorpora entrevistas en profundidad a miembros del equipo del CETMAR N° 01 objeto de estudio y dinámicas de trabajo de colaboración con profesores de la educación media superior, además del análisis de las TICC y directrices de introducción de las mismas en la docencia. Para garantizar el rigor metodológico del proyecto se constituyó un grupo de profesores investigadores especialistas en organización, gestión y políticas institucionales con la finalidad de establecer un sistema inicial de análisis teórico y un diseño metodológico adecuado a las finalidades del proyecto.

Con este proyecto de investigación se pretende analizar y evaluar el proceso de integración pedagógica de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en las prácticas de enseñanza y aprendizaje. Concretamente, las cuestiones generales que guiarán la planificación y desarrollo del estudio serán:

¿Qué uso hace el profesorado y el alumnado de las tecnologías digitales?

¿Qué impacto tienen las TICC sobre la enseñanza y aprendizaje desarrollado en las aulas?

¿Qué innovaciones introduce el uso de las nuevas tecnologías? en:

- La organización del centro escolar,
- En la enseñanza en el aula,
- En el desarrollo profesional del docente y,
- En el aprendizaje del alumnado.

A partir de estas cuestiones, en el Cuadro 2 se plantearon las dimensiones en la investigación.

Cuadro 2. Dimensiones de la Investigación bajo el enfoque TIC.

Dimensiones	Referencias
Organización del Centro	Tal y como apunta Kagel (2003: 279), “es necesario pensar el cómo se las implementa y qué idea subyace en esa implementación”. Los resultados de los estudios coinciden que la incorporación de los ordenadores en el aula es un proceso complejo, sometido a distintos niveles e instancias de naturaleza política, empresarial, social y pedagógica (Area, 2010 b). De forma que la integración de las TIC dependerá más o menos de la política y cultura organizacional, del nivel técnico, directivo o profesional y el enfoque que se le otorgue.
Desarrollo Profesional	Está claro que las TIC involucra no sólo los “haceres” sino también los “saberes” en los docentes. Las TIC sirven como herramientas para aprehender esos “saberes” lo largo de la vida. Al respecto, Adell (2011) señala lo siguiente: Los docentes deben aprender activamente y no esperar a que alguien les enseñe. <ul style="list-style-type: none"> • Formar parte de redes sociales profesionales. • Participar de proyectos colectivos.
Prácticas de Enseñanza	Con la irrupción de las TIC en el aula las prácticas de enseñanza se ven alteradas, sobre todo, por las posibilidades que abren las nuevas tecnologías. Algunos estudios han observado que en los lugares donde las TIC se transforman en una parte integral de la experiencia en la sala de clases, hay mayores evidencias de impactos en el aprendizaje y el desempeño de los estudiantes (Condie y Munro, 2007). Sin embargo, ello no depende sólo de la tecnología sino también de las capacidades, actitudes y creencias pedagógicas de los profesores.
Aprendizaje	Uno de los hallazgos más consistentes es el impacto de las TIC en la motivación y la concentración del alumno (Claro, 2010). Un estudio realizado por Passey y Foreim (2004), destaca que las TIC ayudaban a los estudiantes a tener tipos más positivos de motivación para el aprendizaje y podían ofrecer medios a través de los cuales los estudiantes podían visualizar éxito.

A continuación, en el Cuadro 3, se observa la técnica para la recolección de datos:

Cuadro 3. Dimensión y técnicas de recolección.

Dimensión de análisis	Técnica de recogida de datos
Organización y gestión TIC.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas directores. - Entrevista coordinador TICC - Recogida y análisis documental. - Observaciones.
Enseñanza -Aprendizaje con TICC.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas a docentes. - Entrevistas coordinadores. - Observaciones de aula.
Desarrollo profesional docente.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas equipo directivo. - Entrevista coordinador TIC. - Entrevista asesor TIC. - Focus groups a diversos docentes.

Resultados y discusión

Los resultados esperados del proyecto que se encuentra en proceso, es analizar y evaluar el proceso de integración pedagógica de las nuevas tecnologías de la información, comunicación y conocimiento en las prácticas de enseñanza y aprendizaje en el Centro de Estudios Tecnológicos del Mar 01.

El uso de recursos informáticos puede ayudar al profesor a mejorar la calidad de la enseñanza, a la vez pueden brindar la oportunidad de obtener un mejor aprovechamiento del tiempo libre de sus estudiantes y su aprendizaje de manera activa y consciente. Ofrecen la oportunidad de aprender fuera del aula, en cualquier lugar, en cualquier momento y al propio ritmo.

Conclusiones

El conocimiento es el primer nivel de apropiación de acuerdo con el modelo de Orozco y Sánchez (Orozco y Sánchez, 2002 citado por Montes y Ochoa, 2006); esta manifestación ocurre cuando el profesor reconoce en las TICC un material que complementa y apoya el aprendizaje de sus alumnos.

En el estudio realizado fue aprobado, a través del proyecto rector “El uso de TIC como ventaja competitiva en docentes de educación media superior”, fue beneficiado por la Convocatoria de apoyo a la investigación del Sistema de Educación Superior Tecnológica del Estado de Veracruz; publicado por el Lic. Torruco Vera; Director de Educación Tecnológica del Estado de Veracruz, el seis de junio de 2017. Situación que ha facilitado parte su desarrollo en su primera etapa. A través de la observación se aprecia que el aumento en el uso de las TICC por parte de los estudiantes no es aislado y que debe orientarse hacia un

eficaz aprovechamiento de sus capacidades de aprendizaje. En ese sentido, Litwin (2005: 21) señala que “si el uso de las nuevas tecnologías es frecuente y estas se expanden como formas de entretenimiento, es probable que estimulen el ensayo y error y la respuesta rápida”, es decir, mediante su uso cotidiano, van propiciando habilidades cognitivas que llevarán a los estudiantes hacia la agilización de comprensiones conceptuales y metodológicas.

Agradecimientos

El estudio que aquí se presenta forma parte de los proyectos desarrollados a través de la línea de investigación de Tecnología Educativa Aplicada del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. Los autores agradecemos el apoyo que se nos ha brindado para el desarrollo de esta investigación al Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, el cual se encuentra a dirigido por la Dra. Justiniana Gutiérrez Lagunés y a su vez a la Dra. Rocío del Carmen González Parra; Directora Académica; en forma especial, la disposición y apoyo del Centro de Estudios del Mar N°1. “Gral. Juan Soto Ramos”.

Literatura citada

Area, M. 2005 a. Tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *Relieve* 11(1):3-25. Recuperado el 08 de mayo de 2017. http://www.uv.es/RELIEVE/v11n1/RELIEVEv11n1_1.htm

Area, M. 2010 b. El proceso de integración y uso de pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos. *Revista de Educación* 352:77-97.

Adell, J. 2011. El desarrollo profesional docente y las TIC. [Documento en línea]. Recuperado el 01 de mayo de 2017. <http://es.scribd.com/doc/26306552/El-Desarrollo-Profesional-del-Docente-y-las-TIC>.

Becker, H. J. 2000. Findings from Teaching, Learning, and Computing Survey: Is Larry Cuban Right? Recuperado el 04 de mayo de 2017. <http://www.crito.uci.edu/tlc/html/findings.html>

Harasim, L., Hiltz, S., Turoff, M & Teles, L. 2000. *Redes de Aprendizaje: Guía para la enseñanza y el aprendizaje en red*. Barcelona: Gedisa/EDIUOC.

Don Hellriegel, S. E. 2005. Administración Un Enfoque Basado en Competencias. En D. Hellriegel, Administración Un Enfoque Basado en Competencias (pág. 592). Thomson Learning.

Condie, R and B. Munro, B. 2007. The Impact of ICT in Schools: a landscape review. UK.

Don Hellriegel, S. E. 2005. Administración Un Enfoque Basado en Competencias. In: D. Hellriegel, Administración. Un Enfoque Basado en Competencias Thomson Learning. p. 592.

Litwin, Edith (comp.). 2005. Tecnologías educativas en tiempos de internet. Argentina: Amorrortu editores.

Kagel, M. M. 2003. Estudio de los cambios organizacionales producidos por un proyecto de informatización desarrollado en el centro escolar. Tesis de doctorado inédita. Málaga: Facultad de Ciencias de la Educación.

Sánchez, J. 1999. Construyendo y aprendiendo con el computador. Santiago de Chile: Centro Zonal Universidad de Chile, Proyecto Enlaces.

LA GAMIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA DE CAPACITACIÓN EN LA CALIDAD DEL SERVICIO

Guadalupe Santillán Ferreira^{414*}, María del Carmen de Jesús González Martínez⁴¹⁴, Oscar Luis Peña Valerio⁴¹⁴, Angélica del Carmen López Toto⁴¹⁴ y Francisco Javier Reyes Santamand⁴¹⁵

Resumen

En México la capacitación ha sido considerada de manera trascendental y como todo cambio se debe adoptar nuevas tendencias que permitan enseñar desde las nuevas formas de aprendizaje basada en competencias, como el capacitar a través de la gamificación o ludificación. La ludificación tiene por objeto introducir estructuras creativas e innovadoras provenientes de los juegos para convertir una actividad, a priori aburrida, en otra actividad que motive a la persona a participar en ella. La idea de esta investigación nace al identificar oportunidades de mejora que surgen como resultado de la encuesta de servicio del Sistema de Gestión de Calidad Norma ISO 9001:2008 el 14 de octubre de 2016, el contexto en que se desarrolla la investigación es en los procesos que se brinda servicio al cliente del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado ubicado en la ciudad de Alvarado, Veracruz, México. La propuesta de investigación es abordar la capacitación del talento humano innovando a través de la nuevas tendencias en recursos humanos como lo es la técnica y /o estrategia Gamificación (del inglés game) que se fundamenta en el aprendizaje a través de la experiencia-juego, permitiendo que la capacitación esté directamente vinculada con el entorno real de trabajo mediante el juego de simulación, ya que las personas necesitan ser estimuladas para que puedan sentirse motivadas en sus trabajos; esta simulación consistirá en la experiencia interactiva la cual toma aspectos como la inducción al personal y la Eficacia en el Servicio al Cliente, haciendo uso de herramientas tecnológicas en su primer etapa del proyecto de investigación titulado “La Gamificación como Estrategia de Capacitación en el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV)”.

Palabras clave: técnica, tecnología, aprendizaje, eficacia, cliente

⁴¹⁴Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. *lupita_marzo@hotmail.com

⁴¹⁵ Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.

Introducción

Hoy en día las organizaciones inteligentes tienden a ser organizaciones del conocimiento, desde esta perspectiva la organización debe ser capaz de aprender, evolucionar dejando atrás sus antiguas formas de trabajar. Peter Senge en su libro “La Quinta Disciplina”, define a las organizaciones como espacios o lugares “donde las personas continuamente expanden su capacidad para crear los resultados que verdaderamente quieren, en el que se cultivan nuevas maneras de pensar, en donde la aspiración colectiva queda en libertad y las personas continuamente aprenden juntas” a las que denomina “Organizaciones Inteligentes” (O.I). La Organización Inteligente es aquella que logra extender sus posibilidades de crecimiento desarrollando una capacidad de organizarse para cambiar y transformarse por sí mismas en una auténtica capacidad de creatividad y aprendizaje, a las que se les ha definido a su vez como “Organizaciones que aprenden”. La relevancia es que las organizaciones deben estar alertas y realizar análisis estratégicos de su entorno. A continuación, se muestra la Figura 1, en la que brevemente se describe el origen de la problemática identificada.



Figura 1. Problema a resolver desde la perspectiva del cliente en el ITSAV.

Es por este motivo que el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, como parte de una organización inteligente da la pauta a implementar nuevas propuestas de mejora, como lo es a través del departamento de Calidad del “ITSAV”, quien evalúa de manera constante mediante encuestas de servicio del cual se obtiene retroalimentación sobre las áreas de oportunidad de cada proceso calificado. Es necesario fortalecer el seguimiento para el buen desempeño de los colaboradores, ya que de ser así siempre dará buenos resultados y servicios de calidad. Es por este motivo que se pretende a través de la gamificación como técnica y/o estrategia en el aprendizaje a través de la experiencia-juego, permitiendo que la capacitación este directamente vinculada con el entorno real de trabajo mediante el juego de simulación, ya que las personas necesitan ser estimuladas para que puedan sentirse

motivadas en sus trabajos, sin que solo tengan que procesar conceptos. Este proyecto impacta de manera favorable en el área de Calidad y Recursos Humanos ya que se requiere de reforzar las destrezas, actitudes, habilidades y conocimientos del personal que brinda servicio al cliente para poder generar una ventaja competitiva respecto a otras instituciones de nivel superior de la zona de influencia. Siendo su objetivo central aplicar la “Gamificación como Estrategia de Mejora Continua en la Calidad del Servicio al cliente del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV)”.

Materiales y métodos

La investigación realizada se basó en dos ejes centrales: documental y de campo. Se requirió de recopilación de datos existentes de la auditoria de servicios del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado durante el año 2016.

El primer eje consistió en la selección de los métodos y/o técnicas para la obtención de información y aplicación los cuales fueron los siguientes:

1. Aplicación de la técnica de entrevista para detectar necesidades de capacitación para recolección de datos con el Jefe de Departamento de Calidad.
2. Análisis de los resultados para su posterior intervención.
3. Generación de la idea del proyecto de investigación aplicada, para el área administrativa que presenta oportunidad de mejora respecto a la calidad del servicio.
4. Presentación de propuesta al Jefe de Departamento de Calidad para darle seguimiento favorable a los resultados en la auditoria de servicio 2016.
5. Diseño del plan estratégico de capacitación anual a través de la gamificación dirigido al personal con necesidades de capacitación. Dentro del diseño del plan estratégico se contemplaron los siguientes recursos:
 - Recursos: Aula de usos múltiples del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado con 20 sillas, 04 mesas, un proyector, una computadora portátil, bocinas. Así como el centro de cómputo y herramientas tecnológicas.
 - Materiales: Bocinas, proyector, material didáctico digital, laptop, sillas, mesas, computadoras con internet para cada participante.

El segundo eje rector es la transferencia de tecnología al considerar las herramientas tecnológicas como parte fundamental en el aprendizaje del talento humano:

6. Como estrategia tecnológica, se utilizará la técnica gamificación la cual se enfoca más en los juegos no lúdicos, se consideró para efectos de este estudio realizar actividades simultáneas con juegos online y juegos presenciales; fortaleciendo la convivencia humano y lazos de trabajo en equipo. En la primera etapa de la capacitación, se

abordará a través de la transferencia de las tecnologías aplicando herramientas tecnológicas online. La realidad online es la digitalización de hábitos (analógicos). Las nuevas formas de jugar y vincularse sirven para aumentar los conocimientos y desarrollar vínculos. La acción de jugar es innata, despierta la imaginación y nos inicia como seres individuales y sociales. Son plataformas como el comic, las redes sociales, la realidad virtual aumentada, el cine, los juegos y videojuegos y las aplicaciones.

Es en estos entornos colaborativos virtuales que son los juegos se trata de la experiencia donde se incluyen historias basadas, se ensamblan elementos de juego. A continuación, se detallan las herramientas específicas que se utilizaron para capacitar tomándose como referencia a Tarantino P. (sin fecha).

Herramientas online: Para dinamizar, gamificar y personalizar tus clases de español. Parte 1. <http://www.eleinternacional.com/10-herramientas-online-para-dinamizar-gamificar-y-personalizar-tus-clases-de-espanol-ii/>

WIZER ME. Es una herramienta en línea gratuita pensado para crear cuestionarios interactivos de opción múltiple o de pregunta abierta, tareas de expresión escrita o etiquetar imágenes. Lo que distingue a esta herramienta de otras es que el resultado es mucho más atractivo visualmente, ya que nos permite añadir fotos, vídeos y audios. Una vez creado el recurso para nuestros estudiantes, lo podemos compartir con ellos online e incluso monitorizar su evolución en las tareas que hemos creado.

DIPITY. Permite distribuir eventos cronológicamente añadiendo para cada evento imágenes, vídeos, audios, enlaces web y texto. Es ideal para proyectos de historia, crear biografías de personajes o estructurar la trama de un libro.

En la segunda etapa de la capacitación se abordó a través de juegos de roles de manera presencial, con la finalidad de reforzar el aprendizaje y las relaciones humanas.

7. Se diseñará un prototipo para evaluar encuesta de servicio de manera interna a través de una herramienta tecnológica.
8. Seguimiento y evaluación de la Capacitación.
9. Proporcionar retroalimentación al personal evaluado

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran datos que permiten comparar la situación deseable para la norma ISO 9001:2008; Política de Calidad contra la Situación Real del ITSAV. La fuente de información empleada para generar el diagnóstico organizacional fue el formato para Encuestas de Servicio el cual evalúa con una escala Likert.

Cuadro 1. Situación real, respecto a los resultados obtenidos en la auditoria de servicios 2016 practicada al ITSAV. Fuente proporcionada por el departamento de calidad.

SITUACION REAL DEL ITSAV			
Servicios auditados Internamente en el 2016	Auditoria 1er. semestre	Auditoria 2do. semestre	% De Mejora
Todos los procesos que brindan servicio directo al cliente	4.02	4.03	0.28
	3.83	3.16	3.57
	4.07	4.11	1.7
	3.97	4.04	1.82
	3.79	3.73	-1.70
	4.03	4.21	4.46
	4.20	4.28	1.96

Se puede observar en la Cuadro 1. Situación real, respecto a los resultados obtenidos en la auditoria de servicios 2016 practicada al Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, que el nivel 5 excelente, no fue alcanzado por ningún servicio; lo que manifiesta la oportunidad de mejora realizando acciones a favor para alcanzar lo deseable por la norma antes mencionada. En la tabla 2, se presentan los requisitos de la Norma ISO 9001:2008 en que impacta favorablemente la propuesta de investigación.

Tabla 2. Correspondencia entre la Norma ISO 9001:2008; Política de Calidad contra la situación real del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado.

SITUACION DESEABLE PARA EL ITSAV		
Impacta favorablemente en la norma ISO 9001:2008 (requisitos):	Puntaje	Políticas en las que impacta la propuesta:
Recursos humanos (título solamente)	6.2	POLITICA INTEGRAL (SGC, SGA. OHSAS): Formar profesionistas líderes emprendedores, capaces de diseñar y transformar procesos con innovación para brindar productos y servicios competitivos; comprometidos con: la mejora continua, calidad, medio ambiente, igualdad y no discriminación, así como la seguridad y salud ocupacional.
Generalidades	6.2.1	
Competencia, formación y toma de conciencia	6.2.2	POLITICA DE CALIDAD DEL TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO: El tecnológico nacional de México (TECNM), establece el compromiso de implementar todos sus procesos, orientándolos hacia la satisfacción de sus clientes, sustentada en la calidad del proceso educativo, para cumplir con sus requisitos, mediante la eficacia de un sistema de gestión de la calidad y de mejora continua, conforme a la norma ISO 9001:2008/nmx-cc9001-imnc-2008.
Mejora (título solamente)	8.5	
Mejora continua	8.5.1	
Acción correctiva	8.5.2	
Acción preventiva	8.5.3	

Por lo que implementar las nuevas tendencias en Recursos Humanos en el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado a través de la técnica gamificación hará que el proceso formativo, sea más motivador. Ya que una ventaja de las técnicas de la gamificación es motivar al personal, permitiendo abrir canales de comunicación con ellos al recibir el feedback de los juegos propuestos. De esta manera se sabrá si las metodologías y estrategias propuestas funcionaron, si son del agrado de quienes participan en el juego y cómo podrían ser más interesantes. Con la realización del proyecto “La Gamificación como Estrategia de Capacitación en el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV)”; se aplicará la transferencia de la tecnología con el diseño de la interfaz creativa y con dinámica de juegos online. El resultado esperado es: Elevar la eficiencia en el servicio al cliente.

Conclusiones

En definitiva, la gamificación se pretende logre un cambio en la actitud del usuario sin la necesidad de usar la coerción o el engaño, utilizando para ello elementos de juego que llamen la atención al usuario. Diversos estudios sustentan la idea básica de la gamificación e indican que a través de los juegos se puede conseguir un cambio de actitud en el comportamiento de una persona (Ermi y Mäyrä, 2005).

El proyecto rector “La Gamificación como Estrategia de Capacitación en el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV)”, fue beneficiado por la Convocatoria de apoyo a la investigación del sistema de educación superior tecnológica del estado de Veracruz; publicado por Lic. Torruco Vera; Director de Educación Tecnológica del Estado de Veracruz, el seis de junio de 2017. Situación que ha facilitado parte su desarrollo en su primera etapa y a su vez se con objetivo planteado el cual es aplicar la gamificación como estrategia de mejora continua en la calidad del servicio al cliente del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV)”.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, el cual se encuentra a dirigido por la Dra. Justiniana Gutiérrez Lagunés, a la Dra. Roció del Carmen González Parra; Directora Académica; al Lic. Oscar Cruz Palacios; Jefe del Departamento de Calidad; por impulsar y motivar acciones a favor del talento humano del ITSAV. Y al equipo de colaboradores por sus valiosas contribuciones para el desarrollo del mismo.

Literatura citada

Chavez P., Cotrina P., Santaliz A. (2015). Tesis de maestría. “Impacto del uso de la gamificación en una encuesta para medir el nivel de conocimiento de la organización en una empresa inmobiliaria mediana”.

Revista Academia Journals (ISSN: 1946-5351), Volumen 8, N° 3. 2016. Análisis de los métodos, técnicas y recursos que se emplean como estrategia metodológica en asignaturas contables.

Gaitán. 2013. Gamificación: el aprendizaje divertido | Educativa[Blog]. Recuperado de <http://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>. (consultado el 15 de octubre de 2013).

Tarantino, P. (sin fecha). 10 Herramientas online: Para dinamizar, gamificar y personalizar tus clases de español. Parte 1. <http://www.eleinternacional.com/10-herramientas-online-para-dinamizar-gamificar-y-personalizar-tus-clases-de-espanol-ii/>

Madrigal Torres Bertha E. (2009). Habilidades Directivas, segunda edición. México, D.F. Editorial Mc Graw Hill.

Mendoza, N. A. 2005. Manual para Determinar Necesidades de Capacitación y Desarrollo. Trillas. México, D. F.

DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES DE INNOVACIONES ACUÍCOLAS A IMPLEMENTAR EN EL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA

Juan Quintanar Olguin^{416*} y Raúl Ríos Sánchez⁴¹⁶

Resumen

Se realizó un diagnóstico de la problemática de la producción acuícola de las Unidades Económicas Rurales (UER) acuícolas atendidas en el programa apoyo al extensionismo rural de la SAGARPA en el estado de Puebla, identificando seis problemas relacionados con la temática siguiente: deficiencia en el establecimiento del cultivo, mortandad por depredadores, inadecuado almacenamiento y desabasto del alimento, ausencia de registros y de equipo técnico para toma de datos, mala calidad de las redes y falta de herramientas adecuadas en el manejo del producto y de un módulo específico de venta. Estos problemas fueron analizados al seno del Grupo de Extensión e Innovación Territorial Acuícola (GEIT Acuícola), donde se propusieron soluciones a los mismos mediante la identificación de innovaciones para solucionar estos problemas.

Palabras clave: acuicultura rural, GEIT Acuícola, agenda de innovaciones

Introducción

La acuicultura se refiere al cultivo de organismos acuáticos, animales y vegetales, que cumplen su ciclo de vida total o parcialmente en el agua a través de diferentes sistemas y técnicas. A nivel rural, se utiliza el término “acuicultura rural” para distinguir el cultivo de organismos acuáticos por parte de grupos familiares, mediante sistemas de cría extensivos o semiintensivos para el auto consumo o la comercialización parcial (Vega et al, 2010). Así, el cultivo de peces es una alternativa que los productores rurales han incorporado a sus sistemas productivos, con el objeto de diversificarse y producir alimentos de alta calidad nutricional a precios accesibles para las clases sociales mexicanas más desfavorecidas.

En el estado de Puebla, la producción acuícola se divide, dependiendo del volumen de producción de la UPA en: autoconsumo, autoempleo y comercial. Para 2014 existían 1150 Unidades Económicas Rurales acuícolas en el estado (SIAP, 2015), de las cuales un

⁴¹⁶ Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP. * quintanar.juan@inifap.gob.mx

porcentaje muy alto de las mismas, se clasifican dentro de los estratos I (UER's familiares de subsistencia sin vinculación de mercado) y II (UER's familiares de subsistencia con vinculación mínima a mercado) según la clasificación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en sus Reglas de Operación. Esto es, que son UER de tipo autoconsumo o autoempleo, donde los ingresos del productor son mínimos y esporádicos, considerados como de autoempleo dentro de un esquema de comercialización local, con niveles tecnológicos de producción muy bajos.

Una de las formas como las UER acuícolas podrían cambiar su productividad y rentabilidad es incorporando innovaciones en sus sistemas productivos a través de asistencia técnica; sin embargo, por los escasos recursos y falta de tradición de los productores en ésta actividad, no pueden pagar una asesoría profesional en la materia. Ante esto, la SAGARPA podría atender a estos segmentos productivos mediante la aplicación de un programa de extensionismo rural que desarrolle tales capacidades en los productores clasificados en los estratos I y II.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es identificar la problemática y las innovaciones a implementar en las unidades económicas rurales acuícolas, para que incrementen su productividad como base para mejorar las condiciones de vida del productor rural.

Materiales y métodos

El proceso metodológico para determinar e implementar las innovaciones acuícolas en el marco del proyecto de extensionismo rural constó de los siguientes pasos: i) Al iniciar el programa, cada extensionista contratado presentó un padrón de productores o Unidades de Producción Acuícola (UPA) a atender. ii) Al iniciar el proceso de implementación del proyecto de extensionismo en el área acuícola, cada extensionista realizó un diagnóstico de línea base de cada productor o UPA atendida. iii) en el marco del Grupo de Extensión e Innovación Territorial Acuícola (GEIT Acuícola), mismo que fue un espacio de reflexión, participación y análisis de problemáticas. Con los datos de cada diagnóstico se diseñaron estrategias de solución a la problemática que presentan las UPA acuícolas. iv) a partir de las estrategias de solución diseñadas en el punto anterior, se identificaron las innovaciones que fueron implementadas con los productores acuícolas estratos I y II en sus UPA. Esto mediante la elaboración de los programas de trabajo tanto para la cadena de valor como de manera individual para cada Unidad de Producción Acuícola.

Resultados y discusión

Producto de los análisis realizados en el seno del GEIT Acuícola, se definieron y priorizaron los problemas principales que existen en las UER acuícolas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de problemáticas identificadas en las UER Acuícolas.

1. Deficiencia en el establecimiento del cultivo
2. Mortandad por depredadores
3. Inadecuado almacenamiento y desabasto del alimento
4. Ausencia de registros y de equipo técnico para toma de datos
5. Mala calidad de las redes
6. Falta de herramientas adecuadas en el manejo del producto y de un módulo específico de venta

Una vez definida la problemática que existe en las UER acuícolas, al seno del GEIT acuícola se propusieron diversas opciones de solución basadas en innovaciones tecnológicas identificadas por los extensionistas (Cuadro 2), analizándose la factibilidad de implementación en las UER de los productores adscritos al programa y plasmadas en los programas de trabajo a desarrollar.

Al analizar el tipo de innovaciones propuestas, éstas son de conocimiento básico al iniciar un proceso productivo de carácter acuícola, esto es, son conocimientos necesarios para desarrollar estanques e implementar el cultivo en UER de los estratos I y II, clasificadas como acuicultura de subsistencia (Ponce et al, 2006) o unidades acuícolas de pequeña escala (Edwards, 2013), que utilizan un mínimo de prácticas de manejo (Asiain, 2009) y si generan excedentes de producción, los ingresos son mínimos y esporádicos.

La definición del tipo de innovaciones a implementar, son semejantes a las identificadas y propuestas por Asiain (2009) para el cultivo de tilapia en el estado de Veracruz. Esto porque los beneficiarios del servicio de extensionismo al pertenecer a los estratos I y II, son productores de poca experiencia, ya que la mayoría de ellos, recién están implementando sus estanques, básicamente con fines de desarrollo y engorda de peces, dependiendo de la compra externa de alevines y alimento balanceado.

Por otro lado, como la actividad acuícola requiere de una inversión inicial considerable para construcción de estanques con drenajes e instalación hidráulica, aireadores, instalación eléctrica y otros equipos e instalaciones necesarias. Además, de capital de trabajo para la compra de alimento, el pago de la energía eléctrica, sueldos y otros costos de operación, así como, el pago de capacitación especializada en el manejo de la producción (CSPTM, 2012), lo que, aunado a la falta de tradición en el cultivo acuícola, esto genera una alta tasa de

deserción cuando se retiran los apoyos o se termina el subsidio (Asiain, 2009) o provocando resistencia en los productores rurales al desarrollo de la actividad acuícola, por estar más acostumbrados al desarrollo de cultivos de traspatio con menor inversión e incertidumbre en su implementación.

Cuadro 2. Relación de innovaciones propuestas a ser implementadas en las UER.

Problema	Innovación (cambios) a implementar	Descripción de la Innovación
Deficiencia en el establecimiento del cultivo	Programa de sanidad acuícola	Realizar la limpieza y encalado del estanque antes del cultivo; realizar baños de sal a los peces, mínimo cada 15 días
	Recambios de agua porcentuales	Recambio de agua del 30% del volumen total al menos cada 15 días
	Desdoble de individuos	Separar individuos cuando en un solo estanque exista una diferencia significativa (de acuerdo a la edad) de tallas entre organismos.
Mortandad por depredadores	Establecer medidas de protección contra depredadores	Colocar malla, cinta de cassette u otra alternativa para evitar la depredación por aves principalmente
	Registro del número de individuos sembrados e individuos cosechados	Anotar los registros de mortalidad al menos cada 15 días en la libreta de registros
Inadecuado almacenamiento del alimento	Programa de manejo del alimento	Almacén de alimento en lugares secos, separados, en ausencia de animales de traspatio; revisión de fechas de caducidad antes de la compra y durante la alimentación en los estanques.
Desabasto de alimento	Organización entre productores para comprar en grupo	Identificar a los productores que requieran hacer compras consolidadas
	Registro del consumo de alimento	Abasto de alimento con antelación para evitar el desabasto
	Identificar proveedores potenciales	Detectar proveedores de insumos a buen precio y calidad

Conclusiones

Ante la falta de tradición acuícola en los productores de los estratos I y II, el nivel de las innovaciones identificadas para implementar en las UER acuícolas en el estado de Puebla son de tipo básico, enfocadas a desarrollar capacidades para implementar cultivos acuícolas a nivel de traspatio, como una opción para mejorar sus condiciones de vida mediante la obtención de proteína animal para su autoconsumo o para la obtención de ingresos esporádicos mediante la comercialización de sus excedentes.

Literatura citada

Asiain, H. A. 2009. Technology transfer for commercial aquaculture development in Veracruz, Mexico. Tesis Doctoral. Universidad de Stirling, Escocia. 288 p.

CSPTM. 2012. Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de tilapia en México. Comité Sistema Producto Tilapia de México AC. 1ra Ed. México, D. F. 182 p.

Edwards, P. 2013. Review of small-scale aquaculture: definitions, characterization, numbers. In M.G. Bondad-Reantaso & R.P. Subasinghe, eds. Enhancing the contribution of smallscale aquaculture to food security, poverty alleviation and socio-economic development, pp. 37–61. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 31. Rome, FAO. 255 p.

Ponce, P. J. T., O. Romero C., S. Castillo V., P. Arteaga N., M. Ulloa G., R. González S., et al. 2006. El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET Vol. VII, n° 07, Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070706.html>

SIAP. 2015. Infografía agroalimentaria Puebla. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D. F.

Vega, V. F., M. C. Cortés L., L. M. Zúñiga M., B. Jaime C., J. Galindo L., M. E. R. Basto R. y H. Nolasco S. 2010. Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? Revista Electrónica de Veterinaria REDVET Vol. 11, n° 04. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040410.html>

LA LECHERÍA FAMILIAR EN GUANAJUATO A TRAVÉS DE GRUPOS GANADEROS DE VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA (GGAVATT)

América Alejandra Luna Estrada^{417*} y Tomás Arturo González Orozco⁴¹⁷

Resumen

El objetivo del estudio fue mostrar el impacto técnico y económico por el uso de tecnología, así como el resultado de algunos indicadores de comportamiento productivo, reproductivo y económico en UP de lechería familiar del estado de Guanajuato que trabajaron en el modelo GGAVATT. Se recopiló información de los diagnósticos iniciales, programas de trabajo, formatos de seguimiento e informe final de 15 GGAVATT de bovinos leche del estado de Guanajuato, que recibieron asistencia técnica en el periodo mayo de 2016 a marzo de 2017; se elaboró una base de datos y se creó la variable Diferencial Tecnológico (DT), con la que se calculó el grado de avance de los GGAVATT en diferentes áreas zootécnicas; se evaluaron algunos indicadores productivos, reproductivos y económicos. Los resultados mostraron que las tecnologías de mayor implementación en el área de nutrición y alimentación fueron: alimentación del ganado por etapa productiva, complementación por nivel de producción de leche, y uso de dietas balanceadas, ensilado de maíz, granos y concentrados comerciales obteniendo un DT de 3.56, 1.75, 1.72, 1.60, 1.09 y 0.43%, respectivamente. En reproducción y genética, los valores con mayor DT fueron el uso de toros probados genéticamente (0.83%), semen sexado (0.71%) e inseminación artificial (0.68%). En sanidad, la bacterinización contra clostridiasis, septicemia hemorrágica, y la vacunación contra leptospirosis tuvieron DT de 1.71, 1.47 y 0.52%, respectivamente; mientras que las pruebas diagnósticas para brucelosis, tuberculosis y vacunación contra brucelosis presentaron valores negativos de -2.97, -0.7 y -3.19%, que indicaron un retroceso en su uso. El DT para diagnóstico de mastitis y uso de selladores y jeringuillas con antibiótico de amplio espectro para el secado de la ubre fue de 1.54, 0.73 y -2.73%, respectivamente. Los indicadores productivos y reproductivos evaluados fueron: promedio de hembras en ordeño (82.47%), periodo abierto (120 d), abortos (4.06%) y hembras de reemplazo (22.0%). En el aspecto económico, la rentabilidad promedio de 11 UP evaluadas, fue de \$1.22, lo que indica que la actividad lechera es redituable para los productores. Se concluye que los productores tuvieron preferencia por tecnologías que demandaron un menor costo como la

⁴¹⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *luna.america@inifap.gob.mx.

vacunación, desparasitación y no obstante el avance en el DT en la mayoría de las tecnologías utilizadas, se requiere el impulso de aquellas que favorezcan mayor rentabilidad como el ensilaje de maíz, semen sexado, manejo sanitario del ordeño y manejo de excretas; de igual modo, es importante que los tomadores de decisiones consideren la información generada en los programas de extensionismo y asistencia técnica.

Palabras clave: pecuario, organización, producción, productividad

Introducción

El modelo GGAVATT es un mecanismo de validación y transferencia de tecnología, de retroalimentación al sistema de investigación, en el que participan ganaderos amigos con fines similares de producción, integrados en torno a un módulo de validación (un productor innovador perteneciente al mismo grupo), quien aplica las tecnologías generadas en los centros de investigación y recibe asesoramiento por agentes de cambio (AC) o extensionistas, oficiales o privados, llamados en los últimos años Prestadores de Servicios Profesionales (PSP). Los subprocesos fundamentales que conforman al modelo GGAVATT son la constitución de los grupos, su operación, el seguimiento y la evaluación. El PSP es un personaje indispensable, ya que tendrá como responsabilidades inducir y capacitar a los productores en la implementación de tecnologías en las UP, dirigir las juntas mensuales, apoyar a los productores en el acopio y análisis de la información (que será la base del seguimiento y evaluación de los grupos), servir de enlace con las instituciones de investigación y docencia, así como capacitarse continuamente en el conocimiento de nuevas tecnologías.

Una vez que se conforma un GGAVATT, la primera tarea del PSP es realizar un diagnóstico inicial (DI) de la situación agropecuaria, socioeconómica y técnico-productiva de cada uno de los productores. La información obtenida del DI será la base para plantear las acciones y metas de trabajo y servirá como referencia para comparar, en la evaluación final, los avances logrados al término del periodo. En este evento el PSP reúne a los productores que asesora, invita a funcionarios del subsector primario, a representantes de centros de investigación y a productores vecinos para mostrar los resultados de la evaluación técnica y económica de las UP, así como el avance en las metas planteadas al inicio del periodo. Además de hacer públicos los resultados del GGAVATT, la evaluación es una oportunidad para difundir las tecnologías de impacto y propiciar la creación de nuevos grupos ganaderos (Román et al., 2007; Bustos et al., 2008).

En 1999 en Guanajuato, investigadores del INIFAP emprendieron acciones para trabajar con ganaderos de la especie producto bovinos leche bajo la metodología GGAVATT, como referencia del modelo en el estado. En el mismo año, con la participación de 18 productores de lechería familiar del municipio de Apaseo el Grande, que mostraron interés e iniciativa para organizarse, se formó el primer GGAVATT (González et al., 2001). A partir del año 2000 el INIFAP, el Gobierno del Estado de Guanajuato y la SAGARPA han trabajado sumando esfuerzos para impulsar la tecnificación de los ganaderos a través del modelo GGAVATT. Desde esa fecha hasta la actualidad, el INIFAP ha sido responsable de capacitar a los PSP y a sus Coordinadores, en la aplicación y operación del modelo, así como en el manejo e implementación de las herramientas necesarias para evaluar técnica y económicamente el impacto logrado en las UP.

Numerosos estudios realizados en GGAVATT de lechería familiar en Guanajuato han mostrado que a través de la capacitación continua, el trabajo organizado, su seguimiento y evaluación, los productores han logrado ampliar sus conocimientos y la apropiación de nuevas tecnologías. De igual modo, se ha generado información para calcular indicadores productivos, reproductivos y económicos, así como el conocimiento del potencial productivo de las explotaciones (González et al., 2001; González et al., 2009; Espinosa et al., 2009a; Espinosa et al., 2010).

El objetivo del presente estudio es mostrar el impacto técnico y económico por el uso de tecnología, así como algunos indicadores del comportamiento productivo, reproductivo y económico en UP de lechería familiar del estado de Guanajuato que trabajaron bajo el esquema del modelo GGAVATT.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el estado de Guanajuato utilizando información generada en 15 GGAVATT de la especie producto bovinos de leche en el sistema familiar (450 productores). Los grupos se distribuyeron en los municipios de Abasolo, Dolores Hidalgo, León, Villagrán, Juventino Rosas, Romita, Tarimoro, Silao, Villagrán y Valle de Santiago y recibieron asistencia técnica (AT) de un PSP en el periodo de mayo de 2016 a marzo de 2017 (Figura 1).

El pago por el servicio de AT estuvo a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDAyR) del estado de Guanajuato y la SAGARPA, a través del Programa Apoyo a Pequeños Productores, en el componente de Extensionismo; el INIFAP realizó las funciones de seguimiento y evaluación de los grupos. Con la finalidad de proporcionar mayor comprensión de la intervención en el proceso de seguimiento y evaluación de los GGAVATT

y de sus resultados, se realizó la siguiente clasificación: 1) Evaluación del trabajo de los PSP y productores y 2) Análisis de la información técnica y económica de los GGAVATT.



Figura 1. Distribución de los GGAVATT de bovinos leche en los municipios del estado de Guanajuato. Periodo mayo 2016-febrero 2017.

Estas etapas se describen a continuación:

Evaluación del trabajo de los PSP y productores.

En esta etapa se efectuaron las siguientes acciones: i) elaboración del diagnóstico inicial (DI), mediante la aplicación de cuestionarios a cada productor en las UP, para recopilar información socioeconómica, técnica y de infraestructura, e identificar la situación tecnológica inicial y las fortalezas o limitaciones del grupo; ii) elaboración, por parte de los PSP, de los programas de trabajo (PT) de cada grupo, basados en la información del DI, para plantear las acciones, metas e indicadores que los GGAVATT pretendían lograr. Posteriormente, después de que fueron avalados los PT, los PSP organizaron reuniones de trabajo (con asistencia del INIFAP y representantes de la SDAyR) para que los productores los validaran, y de ser necesario, incluyeran actividades para resolver una problemática en particular y que no fueron consideradas por el PSP; iii) seguimiento mensual de las actividades tecnológicas implementadas en las UP. Con esta actividad los PSP recopilaron y capturaron mensualmente (en formatos electrónicos elaborados para este fin), información técnica y

económica generada en las UP, como el pesaje de animales y leche, fechas de parto o destete, animales enfermos, ingresos y egresos mensuales, entre otros datos; y iv) evaluación final del GGVATT, realizada en el último mes del servicio (en presencia del INIFAP, la SDAyR y en ocasiones autoridades locales del sector agropecuario). En este evento, los PSP reunieron a los productores para presentar los resultados del grado de adopción de tecnología del grupo, así como los indicadores de impacto técnicos y económicos logrados en las UP.

Análisis de la información técnica y económica.

En una base de datos del programa Excel (Office Microsoft®) se capturó la información de los formatos de seguimiento técnico y de indicadores productivos de las UP; mediante estadísticas simples se calcularon frecuencias, promedios y porcentajes. Se utilizó la metodología para empresas familiares bovinas (Espinosa et al., 2005) para calcular los indicadores económicos de ingresos, egresos y utilidad.

Para evaluar el uso de tecnologías en las UP se creó la variable diferencial tecnológico (DT), utilizando la siguiente fórmula: $DT = SF - SI$; en donde el mes de mayo de 2016 fue la situación tecnológica inicial (SI) y febrero de 2017 la situación tecnológica final (SF), y se obtuvieron valores promedio (expresados en porcentaje) del avance de cada actividad tecnológica realizada (Espinosa et al., 2009b).

Resultados y discusión

El análisis de los DI permitió conocer algunos aspectos de las UP de leche de vaca en el sistema familiar del estado de Guanajuato. Las UP se ubicaron en los municipios del sur, en las que la producción se realizó generalmente en confinamiento; la alimentación del ganado se basó en forrajes de corte, principalmente alfalfa y concentrados comerciales; las razas predominantes fueron la Holstein y Jersey. De igual forma, las tecnologías o actividades técnicas identificadas como elementales para ser implementadas en las UP fueron: uso de la inseminación artificial (IA), elaboración y uso de ensilado de maíz, alternativas forrajeras diferentes a la alfalfa, uso de echaderos, manejo sanitario del ordeño, programa de medicina preventiva para enfermedades que prevalecen en el estado como brucelosis, tuberculosis y leptospirosis, entre otras, así como el manejo de excretas generadas en las UP.

En el Cuadro 1 se muestran las principales tecnologías o componentes tecnológicos (por disciplina) implementados en las UP. Se observa que la nutrición y alimentación del ganado fue el área de mayor interés, pues las prácticas como alimentación por etapa productiva, uso de dietas balanceadas, complementación por nivel de producción de leche, y uso de ensilado

de maíz, de granos y de concentrados comerciales, presentaron mayor DT, con valores de 3.56, 1.75, 1.72, 1.60, 1.09 y 0.43%, respectivamente.

Cuadro 1. Situación tecnológica inicial y final, y diferencial tecnológico (por disciplina), de las actividades realizadas en 15 GGAVATT de bovinos leche en el estado de Guanajuato. Periodo mayo 2016-febrero 2017.

Actividades tecnológicas por disciplina	Situación Tecnológica inicial (%)	Situación Tecnológica final (%)	Diferencial Tecnológico (%)
Nutrición y alimentación			
Uso de ensilado de maíz	39.47	41.07	1.60
Suplementación con minerales	65.97	66.40	0.43
Uso de alfalfa y/o forrajes de corte	97.88	97.73	-0.15
Uso de granos y/o concentrados comerciales	85.29	86.38	1.09
Uso de dietas balanceadas	24.52	26.28	1.75
Alimentación por etapa productiva	49.80	53.36	3.56
Suplementación por nivel de producción	51.11	52.84	1.72
Complementación con esquilmos o subproductos agroindustriales	71.36	69.31	-2.05
Reproducción y genética			
Evaluación reproductiva de la hembra en el posparto	62.78	63.0	0.22
Diagnóstico de gestación	64.79	65.0	0.21
Inseminación artificial (IA)	66.32	67.0	0.68
Uso de semen sexado	10.0	10.71	0.71
Uso de toros probados genéticamente	56.17	57.0	0.83
Sanidad y pruebas diagnósticas			
Análisis coproparasitoscópico	3.78	4.05	0.27
Desparasitación interna	31.99	32.0	0.01
Desparasitación externa	36.63	37.0	0.37
Vacunación contra leptospirosis	18.48	19.0	0.52
Bacterinación contra septicemia hemorrágica	20.64	22.12	1.47
Bacterinización contra clostridiasis	23.98	25.69	1.71
Vacunación contra brucelosis	42.39	39.20	-3.19
Diagnóstico de brucelosis	45.43	42.46	-2.97
Diagnóstico de tuberculosis	27.14	26.44	-0.70
Diagnóstico de mastitis	34.56	36.10	1.54
Uso de selladores	63.27	64.00	0.73
Uso de jeringuillas con antibiótico para el secado de la ubre	44.85	42.12	-2.73
Forrajes			
Conservación de forraje (ensilaje)	23.27	23.72	0.45
Siembra de forraje de corte (avena-ebo)	14.88	15.94	1.06
Administración y valor agregado			
Registro de egresos e ingresos mensuales	25.83	26.49	0.66
Compras de insumos en grupo	32.51	34.83	2.32
Venta de productos en grupo	24.07	25.00	0.93

Elaboración de queso	4.97	5.00	0.03
Elaboración de yogurt	4.77	5.00	0.23

Fuente: Elaboración propia con información de los formatos de seguimiento mensual de los GGAVATT.

Esta información concuerda con un estudio realizado por Cuevas et al. (2013), en el que productores de ganado de doble propósito implementaron mayor porcentaje de innovaciones tecnológicas en las áreas de alimentación, conservación de forrajes para la alimentación del ganado en época de estiaje y en segunda instancia, las relacionadas con la salud de los animales.

Referente al uso de alfalfa y subproductos agroindustriales hubo un ligero retroceso; en el caso de la alfalfa, es posible que la variación de precio a través del año y su escasez en época invernal redujeran su uso, pues se observó que en esta temporada el costo por kilogramo superó los \$3.0. Esta situación fue similar en UP de lechería familiar del estado de Tlaxcala, en las que se presentó una reducción en el uso de alfalfa como fuente de proteína, debido al bajo rendimiento en su producción y por tanto, su escasez durante el invierno; sucediendo lo mismo para insumos del ciclo primavera verano como el rastrojo de maíz (Cesín et al., 2007). Por otro lado, se suma el efecto de las políticas ambientalistas establecidas por la SDAyR del estado de Guanajuato, que se ha propuesto reducir el uso de alfalfa en la alimentación del ganado, ya que el cultivo de este forraje demanda elevadas cantidades de agua, lo que agrava la sobreexplotación de los mantos acuíferos (Palacios y Escobar, 2016).

Aunque de manera reducida, hubo un incremento en el uso de toros probados (0.83%), semen sexado (0.71%) e IA (0.68%). En contraste a lo señalado por Valdovinos et al. (2015) en sistemas familiares de doble propósito, la I.A. en los GGAVATT de Guanajuato si representa una opción para mejorar la calidad genética de los hatos, no obstante que su uso implica un mayor gasto por el costo de las dosis de semen. En lo que respecta al uso de semen sexado, esta es una innovación tecnológica de reciente implementación en el grupo, por lo que se espera que a mediano plazo se incremente su aplicación y como consecuencia, el aumento en el número de hembras de reemplazo. Si esto llegase a suceder, en el futuro los productores tendrán como opción vender vaquillas de reemplazo y mejorar su ingreso, solo en caso que no requieran mantenerlas en el establo; hay que recordar que después de la venta de leche, este es el segundo ingreso más importante para las UP. En salud animal, las actividades con mayor avance fueron la bacterinización contra enfermedades clostridiales y septicemia hemorrágica, y vacunación contra leptospirosis, con 1.71, 1.47 y 0.52%, respectivamente. Estos resultados se asemejan a los reportados en GGAVATT de doble propósito en Sinaloa (Cuevas et al., 2013), en los cuales las actividades de salud de los hatos se encuentran en segundo lugar, con respecto a la alimentación. En un estudio realizado en GGAVATT lecheros de Guanajuato (Vélez et al., 2013), que fueron estratificados

en tres niveles, de acuerdo al uso de componentes tecnológicos (bajo, medio y alto), se observó que la vacunación y desparasitación destacaron en uso (56%). Las pruebas diagnósticas para brucelosis y tuberculosis, y vacunación contra brucelosis presentaron valores negativos de -2.97, -0.7 y -3.19%, indicando un retroceso en su uso. Este retroceso se atribuye principalmente, a una cobertura insuficiente de las campañas oficiales para el control y erradicación de dichas enfermedades, y como consecuencia, una reducción del número de hatos muestreados, lo que dificultó el seguimiento apropiado del estado sanitario de las UP. El DT para diagnóstico de mastitis y uso de selladores fue de 1.54 y 0.73%, respectivamente; mientras que el uso de jeringuillas con antibiótico de amplio espectro para el secado de la ubre retrocedió (-2.73). Es recomendable que los PSP continúen promoviendo el uso de jeringuillas, de no ser así, se corre el riesgo de incrementar el número de vacas con cuartos de la ubre ciegos y menor producción de leche. La siembra de forraje de corte tuvo avance de 1.06%, actividad que estuvo ligada al ensilaje de maíz forrajero para la alimentación del ganado. Finalmente, en actividades de administración y valor agregado, el avance fue reducido, aunque destacó la compra de insumos en grupo, con DT de 2.32%, lo que señala una buena organización de los GGAVATT para acceder a mejores precios de compra, así como mejorar en el ingreso de aquellos que transformaron y vendieron sus productos. La organización de los grupos se ha considerado como un beneficio de los efectos productivos y económicos por el uso de componentes tecnológicos (Espinosa et al., 2009a), ya que varios GGAVATT estaban constituidos como Sociedades de Producción Rural (S.P.R.) lo que les proporcionó identidad y solidez; situación contraria a lo referido en un estudio con GGAVATT lecheros del estado de Michoacán, en el cual los productores no se organizaron para comprar y vender en grupo, y tampoco percibían como opción el trabajo en equipo (Ponce et al., 2016).

Durante el proceso de seguimiento y evaluación se obtuvo información del comportamiento productivo, reproductivo, sanitario y económico de las UP. En el Cuadro 2 se muestran los valores de indicadores productivos y reproductivos logrados en el periodo evaluado. El promedio de hembras en ordeño en los GGAVATT fue 82.47%; si los productores mantienen el valor de este indicador, podrán contar con ocho hembras en lactación y dos vacas secas o en descanso fisiológico, y mantendrán su ingreso por la venta de leche, una situación contraria lo reduciría. En cuanto a los valores para el periodo abierto y porcentaje de abortos, fueron similares a los recomendados por Vera et al. (2009) para sistemas familiares, lo que indica que los productores de GGAVATT realizaron un manejo reproductivo adecuado. Un estudio realizado en el estado de Michoacán (Sánchez et al., 2008) en establos del sistema familiar y clasificados como pequeños, medianos y grandes, con base en la producción diaria de leche, tuvieron producciones promedio de 8.6, 11.6 y 11.6 L, respectivamente; por lo que se observa que los GGAVATT de Guanajuato superaron los niveles de producción

mencionados. El porcentaje de hembras de reemplazo logrado indica que los productores disponen de un número adecuado de hembras para ser seleccionadas como futuras productoras de leche, al mismo tiempo que contarán con vaquillas excedentes para la venta, lo que a corto plazo representará un ingreso importante para las UP. Cabe hacer mención, que históricamente el sector ganadero nacional ha sido incapaz de generar sus propios reemplazos, por lo que se ha visto obligado a importar vaquillas para subsanar este déficit (González y Luna, 2007). Esto representa una ventana de oportunidad para los GGAVATT lecheros de Guanajuato, pues si mantienen la actual producción de hembras de reemplazo, los ganaderos tendrán mayor capacidad de soportar este déficit, e incluso podrán crecer el tamaño de los hatos.

En cuanto al problema de mastitis, los GGAVATT presentaron un menor porcentaje de hembras afectadas, en comparación a las que se reportan en pequeñas UP lecheras del estado de Sonora (Gerlach et al., 2009), en donde tuvieron incidencias de mastitis subclínica de 18.3% y de 5.35% para mastitis clínica; sin embargo, a pesar del avance en el diagnóstico de mastitis y uso de selladores en los GGAVATT, no es suficiente con solo éstas dos prácticas, ya que el uso de jeringuillas tuvo un retroceso, lo cual puede predisponer a que se adquieran el problema y se ocasione un gasto importante por el tratamiento de la enfermedad.

Cuadro 2. Valores promedio de indicadores productivos, reproductivos y sanitarios evaluados en 15 GGAVATT bovinos leche de Guanajuato. Periodo mayo 2016-febrero 2017.

Indicadores	Valores promedio en GGAVATT
Porcentaje promedio de hembras en ordeño	82.47
Duración de periodo abierto (días)	120.0
Producción de leche promedio por día (kg)	15.09
Porcentaje de hembras de reemplazo	22.04
Porcentaje de hembras desechadas	10.52
Porcentaje de hembras enfermas de mastitis	3.51
Porcentaje de abortos	4.06
Porcentaje de mortalidad en becerras	5.10

Fuente: Elaboración propia con información técnica de los GGAVATT de Guanajuato.

En el Cuadro 3 se presentan algunos indicadores de comportamiento económico de 11 GGAVATT; cabe mencionar, que un estudio realizado en empresas lecheras en el altiplano de México, señala la dificultad que enfrentan los investigadores para que los empresarios proporcionen información financiera, ya sea por políticas de confidencialidad o por el temor de un uso inadecuado, e incluso por la inexistencia de dicha información (Villegas y Dávalos,

2005). En el caso del presente estudio, se respetó la decisión de cuatro productores que no proporcionaron información económica durante el periodo de evaluación, por cuestiones de inseguridad, argumentaron sentir temor de hacer públicos los ingresos percibidos por la actividad.

Se observa que, a excepción de dos grupos, la mayoría de los GGAVATT tuvieron utilidades. En el caso del GGAVATT 8 los productores invirtieron en la compra de ensilado de maíz y en la construcción de echaderos; mientras que el GGAVATT 11 tuvo pérdidas económicas porque se presentaron problemas de salud y de mortalidad en vaquillas y hembras adultas, lo cual tuvo como consecuencia, además de la reducción en la producción de leche, gastos imprevistos por la compra de medicamentos para tratamientos médicos. En promedio, los 11 GGAVATT tuvieron una rentabilidad de \$1.22, es decir, por cada peso invertido recuperaron un peso y ganaron 22 centavos. En un estudio realizado en GGAVATT lecheros de Guanajuato (González et al., 2009), se obtuvieron utilidades de 1.30 y de 1.09, en los años 2006 y 2007, respectivamente. Estos valores indican que la actividad lechera continúa siendo redituable para los productores. Hay que mencionar que un ingreso no contabilizado en el estudio, fue la producción de hembras de reemplazo (22.04%), si el valor de estos vientres se hubiera calculado como un ingreso no vendido, la rentabilidad de las UP se incrementaría (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ingresos, egresos y utilidad en 11 GGAVATT de bovinos leche de Guanajuato. Periodo mayo 2016-febrero 2017.

GGAVATT	Ingreso (\$)	Egreso (\$)	Utilidad (\$)
1	2,531,738.0	2,159,861.0	371,877.0
2	7,004,736.0	4,832,329.0	2,172,407.0
3	9,126,154.0	8,349,162.0	776,992.0
4	4,754,788.0	3,212,336.0	3,042,452.0
5	4,893,816.0	3,061,132.0	1,832,684.0
6	4,160,295.0	3,605,915.0	554,380.0
7	7,193,119.0	3,836,329.0	3,356,790.0
8	7,936,669.5	9,785,874.0	-1,849,204.5
9	7,962,853.0	4,791,330.0	3,171,523.0
10	2,988,044.0	1,380,118.0	1,607,926.0
11	13,349,751.0	13,790,385.0	-440,634.0

Fuente: Elaboración propia con información financiera de los GGAVATT de Guanajuato.

Conclusiones

1. Es evidente que los productores tuvieron preferencia por tecnologías que demandaron un menor costo en su uso, un ejemplo de ello fueron las relacionadas con la salud de los animales como la vacunación y desparasitación, que si bien, son actividades importantes en las UP e implican cierta inversión, solo las realizan en cierta época del año o en etapas fisiológicas muy definidas. En el caso de las jeringuillas con antibiótico para el secado de la ubre, debido al costo elevado, se redujo su utilización sin tomar en cuenta que el gasto por problemas de mastitis llega a representar hasta la tercera parte del ingreso generado en las UP. El ensilaje de forraje también es considerado por los productores como un gasto importante, sin embargo, si mejoran su organización y trabajo en equipo, esta actividad les permitirá reducir costos en la alimentación por la disminución en el uso de concentrados.
2. No obstante que el avance en el DT puede considerarse como ligero, fue positivo en la mayoría de las tecnologías analizadas, así como el desempeño económico de las UP, por supuesto, descartando aquellas que mostraron balances negativos por problemas sanitarios.
3. Se requiere que los PSP continúen impulsando el uso de tecnologías como el ensilaje de maíz, semen sexado, manejo sanitario del ordeño y manejo de excretas, para favorecer la rentabilidad de las UP. De igual forma, es importante que la información generada en los programas de extensionismo y asistencia técnica sea considerada por los tomadores de decisiones, con la finalidad de impulsar las tecnologías que son clave en este sistema de producción; enfocando, además, los apoyos oficiales para facilitar los procesos de producción, por ejemplo, para la adquisición de ensiladoras y tanques fríos.

Agradecimientos

Se agradece a la SDAyR del estado de Guanajuato por el financiamiento otorgado al proyecto: Capacitación, Seguimiento y Evaluación de Prestadores de Servicios Profesionales en Extensión Pecuaria, mediante el cual fue posible obtener la información que aquí se presenta. Se hace extensivo a los productores integrantes de los GGAVATT, a los PSP y coordinadores de los grupos.

Literatura citada

Bustos, C. D. E., J. A. Espinosa G., T. A. González O. y C. A. Tapia N. 2008. GGAVATT en el estado de Guanajuato. Análisis del cambio de actitud en los productores. Publicación Técnica No.1. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Querétaro, México. 61 p.

Cesín, V. A., M. Aliphath F., B. Ramírez V., J. G. Herrera H. y D. Martínez C. 2007. Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México. Téc. Pecu. Méx 45(1):61-76.

Cuevas, R. V., J. Baca del M., F. Cervantes E., J. A. Espinosa G., J. Aguilar A. y A. Loaiza M. 2013. Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 4(1):31-46.

Espinosa, G. J. A., T. A. González O., U. Aguilar B. y S. A. Ríos R. 2005. Planeación, Seguimiento y Evaluación Económica: Metodología para empresas familiares bovinas. Folleto Técnico No. 2. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, México. 32 p.

Espinosa, G. J. A., T. A. González O., A. A. Luna E. y M. Ramírez S. 2009a. Efectos productivos y económicos de la transferencia de tecnología a través de grupos organizados en el sistema de lechería familiar de Guanajuato. p. 137-166. In: Cesín, V. A., F. Escoto F. y A. Álvarez M. (coords.). La Lechería Familiar en México. 1a ed. México

Espinosa, G. J. A., D. E. Bustos C., A. Vélez I., A. A. Luna E., V. Cuevas R. y G. Moctezuma L. 2009b. Transferencia de tecnología agropecuaria en el estado de Querétaro: problemática y avances del uso de componentes tecnológicos pecuarios. p. 367. In: Cavalloti, V. B. A., B. Ramírez V. y C. F. Marcof A. (coords.). Ganadería y seguridad agroalimentaria en tiempo de crisis. 1a ed. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Espinosa, G. J. A., T. A. González O., A. A. Luna E., V. Cuevas R., G. Moctezuma L. y S. F. Góngora G. 2010. Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos. Libro Técnico No. 3. SAGARPA. INIFAP. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal. Cuajimalpa, México, D. F. 218 p.

Gerlach, B. F. A., F. Ayala A., F. G. Denogean B., S. Moreno M. y L. E. Gerlach B. 2009. Incidencia y costo de la mastitis en un establo del municipio de SantaAna, Sonora (Parte A). Revista Mexicana de Agronegocios 13(24):789-792.

- González, O. T. A., N. Peña V. y J. A. Espinosa G. 2001. GGAVATT de Lechería familiar, La Labor. Primera evaluación. Publicación Especial Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, México. 27 p.
- González, P. E. y M. E. Luna P. 2007. Producción nacional de vaquillas lecheras con énfasis en control de brucelosis y tuberculosis. In: 15ª Reunión Anual del Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal. Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA. México, D.F.
- González, O. T. A., J. A. Espinosa G. y A. A. Luna E. 2009. El modelo GGAVATT como estrategia de organización para transferir tecnología y mejorar la economía de los ranchos caprinos y bovinos del estado de Guanajuato. *Ide@as CONCYTEG*. 50:829-845.
- Palacios, V. O. L. y B. S. Escobar V. 2016. La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y Ciencias del Agua* 7(2):5-16.
- Ponce, M. F, B. Álvarez D. y L. F. Ceja T. 2016. Modelo GGAVATT y redes de innovación en la cuenca lechera Ciénega de Chapala, Michoacán. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 7(1): 545-558.
- Román, P. H., U. Aguilar B., R. Amaro G., H. Bueno D., J. L. Chagoya F., E. T. Koppel R., et al., 2007. Manual para la Planeación, Seguimiento y Evaluación del Modelo GAVATT. Folleto Técnico Núm. 27. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.
- Sánchez, G. L. G., J. L. Solorio R. y J. Santos F. 2008. Factores limitativos al desarrollo del sistema familiar de producción de leche, en Michoacán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 5(60):133-146.
- Valdovinos, T. M. E., J. A. Espinosa G. y A. Vélez I. 2015. Innovación y eficiencia de unidades bovinas de doble propósito en Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios* 9(36):1306-1314.
- Vélez, I. A., J. A. Espinosa G. M. Omaña S. J., T. A. González O. y J. Quiroz V. 2013. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 3:88-96.
- Vera, Á. H. R., F. J. Padilla R., H. Jiménez S. y J. F. de la Torre S. 2009. Proceso de manejo reproductivo. p. 115-144. In: Vera, Á. H. R., L. Hernández G., J. A. Espinosa G., L. Ortega R., H. Román P., G. Núñez H. et al., (eds.). Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro Técnico No. 24. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 384 p.
- Villegas, V. E. y J. L. Dávalos F. 2005. Análisis de las razones financieras en la empresa lechera intensiva. Un estudio de caso en el altiplano mexicano. *Vet. Méx.* 36(1):25-40.

ANÁLISIS DEL USO DE LAS TIC'S EN LA GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO

Citlali Tapia Hernández^{418*}, Nancy Patlan Morales⁴¹⁸, Guadalupe Santillán Ferreira⁴¹⁸, María del Carmen de Jesús González Martínez⁴¹⁸ y Francisco Javier Reyes Santamand⁴¹⁹

Resumen

Las empresas mexicanas enfocadas al desarrollo del talento humano hoy en día han cambiado su forma tradicional de trabajar implementando en sus procesos de gestión administrativa el uso del internet, para de esta manera poder atraer al talento humano que cumpla con las expectativas de la organización, ya que es de suma importancia destacar que existen beneficios como lo es la comunicación de forma directa con los candidatos; el reclutamiento 2.0 es mucho más económico que los métodos tradicionales. Las empresas se encuentran en la búsqueda de nuevo talento humano que pueda ser parte de su organización y es por esta razón la tecnología es una de las herramientas con más auge para la selección de personal, buscando que cumplan las competencias deseadas para cubrir las vacantes de la empresa, lo más importante es que se puede interactuar con el candidato de una manera más sencilla y se ha convertido en una forma de vida para las organizaciones para atraer al talento humano logrando el objetivo deseado. El uso de TIC'S en la gestión del talento humano, es el título del presente artículo que surge del proyecto de investigación "Coaching Organizacional como estrategia en la Gestión Empresarial de los Estudiantes de Ingenierías".

Palabras clave: talent recruitment 2.0, reclutamiento 1.0, selección de talento humano, webs

Introducción

⁴¹⁸ Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. *Citlalitapia19.itsav@gmail.com

⁴¹⁹ Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.

Uso de TIC'S en la gestión del talento humano, es el título del presente artículo que surge del proyecto de investigación "Coaching Organizacional como estrategia en la gestión empresarial de los estudiantes de ingeniería" impactando en la línea de investigación de innovación empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV). En el presente se aborda la temática sobre la transferencia de tecnología en la gestión del talento humano. El objetivo del proyecto central al que hace hincapié este artículo es reclutar y seleccionar a docentes especializados de manera multidisciplinaria para integrar el equipo de coach en la gestión empresarial y aspecto gramatical de los estudiantes que participan en eventos académicos externos.

Se ha indicado que los cambios que afrontan las empresas en la actualidad conducen a analizar y distinguir diversas estrategias que les permitan optimizar sus procesos organizacionales de tal forma que se puedan considerar como competitivas e innovadoras. Es por este motivo que surge el interés incluir en la gestión del talento humano el uso de TIC'S como apoyo y eficacia el proceso de reclutamiento y selección del talento humano.

Sobre el Reclutamiento 2.0 también conocido como Social Recruiting, se ha indicado que engloba una serie de procedimientos que se utilizan para conseguir candidatos activos y pasivos ideales para un puesto de trabajo. Es la evolución del modelo tradicional de selección de personal, mediante el cual, las empresas y organizaciones divulgaban al mercado de los recursos humanos las necesidades de talentos (empleados) y puestos de trabajo que pretendían llenar. El nuevo concepto de reclutamiento 2.0 es precisamente este esquema adaptado a las nuevas tecnologías, que consiste en atraer una cantidad de personas adecuadas competentes para un puesto de trabajo a través de las herramientas de la web 2.0 y la experiencia colaborativa. La selección de personal continua en procesos de cambio constantes, revelando una competencia cada vez más selectiva complicada, por esta razón, es importante dedicar un tiempo como talento, profesional y candidato en desarrollar y establecer fundamentos para mejorar la visibilidad en la búsqueda de empleo.

Utilizar las nuevas herramientas tecnológicas ofrece una novedosa forma de ver y hacer las cosas. El reclutador (empresa o firma consultora, según sea el caso) puede formar parte de una o varias redes sociales, en las cuales fue ganando contactos a lo largo del tiempo. En el momento en que una necesidad surja, podrá enviarles un mensaje a todos sus "contactos y/o amigos" en cada una de las redes sociales en las cuales interactúa.

Se ha indicado que El Reclutamiento 2.0 como nuevo escenario de los RRHH presenta tres aspectos clave a destacar:

1. Reclutamiento social. Ser un Reclutador 2.0 es la clave del Reclutamiento Social. La idea más común de reclutamiento social es utilizar LinkedIn para contratar. Existen otras redes sociales como Facebook y twitter para atraer candidatos y publicar tus ofertas de empleo.

Para aumentar la calidad de las contrataciones y que nuestras posiciones lleguen a muchos

más candidatos en un entorno de contratación competitivo, está claro que debemos publicar nuestras ofertas de empleo al máximo de redes sociales y realizar un reclutamiento social. Se recomienda utilizar algún software de reclutamiento, que permita publicar todas las ofertas de empleo en todas las redes sociales y sin necesidad de conectarte en cada red social o portal y te recoja todos los candidatos en un solo sitio.

2. Reclutamiento móvil. Los expertos están pronosticando un crecimiento de la tecnología móvil en la contratación, y es que actualmente ya realizamos muchas cosas a través de dispositivos móviles como acceder a redes sociales. El 75% de las personas utilizan su dispositivo móvil para la búsqueda activa de empleo, por lo que los reclutadores deben pensar una estrategia móvil para tratar de llegar a todos estos candidatos. Es importante que nuestra página de empleo o nuestras ofertas se puedan consultar en todos los dispositivos y se lo pongamos fácil a los candidatos el aplicar a nuestras ofertas.

3. La automatización de los procesos de selección. Hacer el seguimiento de los candidatos con Excel y bases de datos de currículums infinitas y desactualizadas, ha quedado en el pasado. El Reclutamiento 2.0 implica también utilizar software de reclutamiento que permitan a los reclutadores solucionar su problema principal, la falta de tiempo. Las ventajas de utilizar un Software de Reclutamiento son principalmente ahorrar tiempo y dinero y automatizar todas aquellas tareas manuales que realizan los reclutadores pero que no añaden valor. Acciones cómo publicar ofertas de empleo de forma automática a portales y redes sociales, recoger los candidatos de cada portal, realizar informes o tener una base de datos unificada, en la nube y que cumple con los lineamientos operacionales de la empresa.

Se ha indicado que las ventajas del reclutamiento 2.0 sobre el reclutamiento y el reclutamiento 1.0 son las siguientes:

Ahorro en costos. El realizar la investigación por medio de internet (lanzar la oferta, captar candidatos, gestionar los currículums vitae recibidos, etc.) esto permite reducir el tiempo y el trabajo, además el uso de recursos es menor.

Conocer mejor a los candidatos. Conocer mejor al candidato te dará una idea general, y aún más importante, saber que pruebas o cuestionamiento le realizarás cuando tengan una entrevista personal. Si la empresa tiene una buena estrategia, no sólo tratará aquello estrictamente relacionado con las vacantes, sino que proporcionará otras informaciones de la empresa.

Captación de candidatos pasivos. Los candidatos pasivos los definimos como personas con talento adecuado para nuestra empresa que no están pensando en cambiar de entorno laboral. Algunos de ellos tienen un talento que es requerido para nuestra empresa y han mostrado su calidad en Foros, blogs o redes sociales, sin embargo muchos de ellos no están interesados en cambiar su entorno laboral, aquí es donde se requiere mostrarle las ventajas de integrarse a la organización, tal vez ofreciéndole un buen salario u oportunidad de

crecimiento.

Valor de la empresa en la comunidad. Las redes sociales son un mundo, en ellas existen comunidades de expertos, profesionales, fanáticos, emprendedores, etc. Cada uno de ellos tiene un talento específico y al interactuar constante con ellos la empresa proyectará una buena imagen y los talentos sabrán que en la empresa pueden tener un espacio para explotar sus capacidades y al mismo tiempo ayudar a crecer a la organización. Lo anterior con la finalidad de generar una ventaja competitiva del ITSAV a través de la gestión administrativa y para ello considera primordial el uso de las TIC. En el cuadro 1 se representa una comparación de la TIC en función de los aspectos positivos y negativos que tienen cada una de ellas, tomando relevancia el Talent Recruitment, TICs y Reclutamiento 1.0, siendo éstas la nueva generación para la atracción del talento humano con las competencias necesarias para desempeñar las funciones en las vacantes que se presentan dentro de la organización.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de métodos de reclutamiento.

TEMA	POSITIVO	NEGATIVO	INTERESANTE
Talent Recruitment	Es un proceso de reclutamiento más fácil. Amplía la posibilidad de ofrecer un número mayor de información a los candidatos potenciales	No todos los usuarios de internet lo usan para buscar empleo. Puede que el candidato para el puesto no esté en internet, sino, que utilice otros medios tradicionales para presentar su currículo vitae. Malas descripciones de puestos de trabajos. Falta de actualización; por lo que es importante que se mantengan actualizados los cambios tanto en internet como en el área de RH.	Mejor conocida como social recruitment. El candidato puede buscar empleo a través del internet considerando la búsqueda de la empresa.
TICs	Facilita el estudio. Interés y motivación. Participación del estudiante en línea. Mayor comunicación. Disponible cuando se necesita.	Adicción. Dependencia al internet. Pérdida de tiempo. Distracción. Información dudosa.	Las tics se convierten de gran ayuda para reforzar conocimiento.
Reclutamiento 1.0	Exposición al mundo entero a través de internet- El presentador de la información tiene total control y autoridad de lo publicado	Su tecnología esta asociada con HTML, JavaScript . La comunicación es pasiva. No se permite retroalimentación perdiendo la oportunidad de tener acceso a	Se utiliza en la mayoría de las empresas como estrategias para atraer al talento humano y que a pesar de que en ella se realizan la mejora continua para lograr el

información relevante.

objetivo deseado.

<p>No se conoce inmediatamente la reacción del público de la información compartida.</p>	<p>El reclutador busca obtener una buena reputación ante la competencia.</p>
--	--

Fuente. Elaboración Propia.

Materiales y métodos

Para la realización de la investigación se tomó como fuentes primarias las siguientes:

Indicadores organizacionales, proporcionados por la Dirección de Vinculación, donde se especifica el impacto del desarrollo del proyecto.

Datos históricos del ITSAV, tomados como referencia de la página web institucional.

Se tomó como fuentes secundarias las siguientes:

Diseño de encuesta Piloto en el software e-encuesta.

Graficas del resultado del instrumento en línea. Ver anexo 1.

Observación.

Como metodología de referencia se consideró el reclutamiento 2.0 y en los procedimientos para atraer e identificar a candidatos potencialmente calificados y capaces de asesorar en la gestión empresarial y aspectos gramaticales de los estudiantes que participan en eventos académicos externos, se realizaron diferentes métodos, como son:

Publicitar oportunidades para obtener postulaciones, y ofrecer posibles puestos de trabajo a personas que no están buscando empleo de forma activa.

Aunado a la metodología para el reclutamiento social, la cual consiste en utilizar LINKEDIN y otras herramientas tecnológicas como son Facebook y Twiteer, para atraer candidatos y publicar ofertas de empleo.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó el método basado en la automatización de los procesos de selección, el cual consiste en hacer seguimiento de los candidatos con Excel y bases de datos infinitas y desactualizadas, lo cual trae como ventaja ahorrar tiempo y dinero y automatizar todas aquellas tareas manuales que realizan los reclutadores sin dañar su valor.

Para efecto del procedimiento del reclutamiento y selección del talento humano para integrar el equipo multidisciplinario de coach se considera de vital importancia la trasferencia de tecnología al implementar los siguientes materiales y métodos (Cuadro 2):

Se considera necesario el apoyo de otras técnicas de reclutamiento y selección del talento humano tradicional, que pueden ser empleadas en combinación con las sugeridas en el cuadro 2.

Cuadro 2. Transferencia de tecnología al implementar los materiales y métodos en el proceso de reclutamiento y selección de coach.

Método a utilizado (Estrategias tecnológicas)	Materiales a utilizados (Herramienta Tecnológica)	Actividades desarrolladas
1. Reclutamiento social	Facebook Twitter	Publicación a través de un anuncio de grupo cerrado dirigido a docentes de Universidades de prestigio la vacante detallando los requisitos a cubrir
2. Reclutamiento móvil	Mensaje de texto móvil Mensaje a través de email	Envío de comunicado de la vacante y requisitos a cubrir enlazado a una base de datos de posibles candidatos en coaching organizacional
3. Automatización del proceso de selección	Excel, mediante base de datos	Registrar datos del personal en bolsa de trabajo y del personal contratado, como mecanismo de control interno

Fuente. Elaboración propia.

Resultados y discusión

Ejecución de transferencia de tecnología para la aplicación del diagnóstico realizada a través del software e-encuesta.

Implementación de herramientas tecnológicas en el proceso de reclutamiento y selección del talento humano del proyecto rector.

Desarrollo de competencias genéricas y específicas de estudiantes.

Equipo de coach multidisciplinario de alto impacto.

Al llevarse de forma adecuada la transferencia de la tecnología, facilita el cumplimiento del objetivo que fue reclutar y seleccionar a docentes especializados de manera multidisciplinaria para integrar el equipo de coach en la gestión empresarial y aspecto gramatical de los estudiantes que participan en eventos académicos externos, con ello se logro incrementar el

indicador de vinculación en los programas de innovación basados en concursos de ENEIT y expociencia 2017.

Conclusiones

1. Hoy en día las organizaciones experimentan cambios en función al alto índice de competitividad que vivimos inmersos en el día a día. En donde es fundamental llevar acabo procesos y estrategias de mejora continua, todo ello con la finalidad de permanecer en el mercado, si bien es cierto uno de los principales cambios en las organizaciones es la rotación de su talento humano, para evitar esto es necesario que se cuente con un sistema basado en competencias, ya que de lo contrario no se llevaría acabo un buen proceso de reclutamiento y selección.
2. Por esto es importante mencionar el impacto que hoy en día tienen las TICs en las organizaciones a implementar este modelo cambien la mentalidad de quienes lo lleven a cabo, en este caso los directivos y responsables, perder el miedo a la participación abierta de los empleados, potenciar la curiosidad y la creatividad, el uso de las TICs y de esta metodología dará como resultado un incremento de la participación de la organización y por tanto un incremento en la productividad.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Alvarado; que se encuentra a cargo de la Dra. Justiniana Gutiérrez Lagunes y a su vez la Dra. Rocío del Carmen González Parra, Directora Académica, por las facilidades para el desarrollo profesional del talento humano.

Literatura citada

Galeano Fabian. (2012). ¿Qué es recruiting 2.0?. Recuperado el día 7 de febrero de 2015. De: <http://rhempresariales.com.ar/que-es-recruiting-2-0>.

Soler Pérez, Vicente. Centro educativo de Sevilla, España. (2008). El uso de las tic (tecnologías de la información y la comunicación) como herramienta didáctica en la escuela. Recuperado el día 7 de febrero de 2015. <http://www.eumed.net/rev/cccss/02/vsp.htm>.

Martha Alles; Social Media y Recursos Humanos; 1° edición. Buenos Aires: Granica. 2013.

Antonio Blay Perez; Los recursos humanos 2.0; Mi visión acerca de los recursos humanos; 17 de diciembre, 2012. <https://antonioblay.wordpress.com/2012/12/17/diferencias-entre-entornos-1-0-2-0-y-3-0/>

Nómina PRO. Reclutamiento 2.0: La nueva Tendencia es la selección de Personal. Recuperado 05 de Julio 2016. <http://www.nominapro.mx/blog/reclutamiento-2-0>

ANEXO. Figuras del diagnóstico.

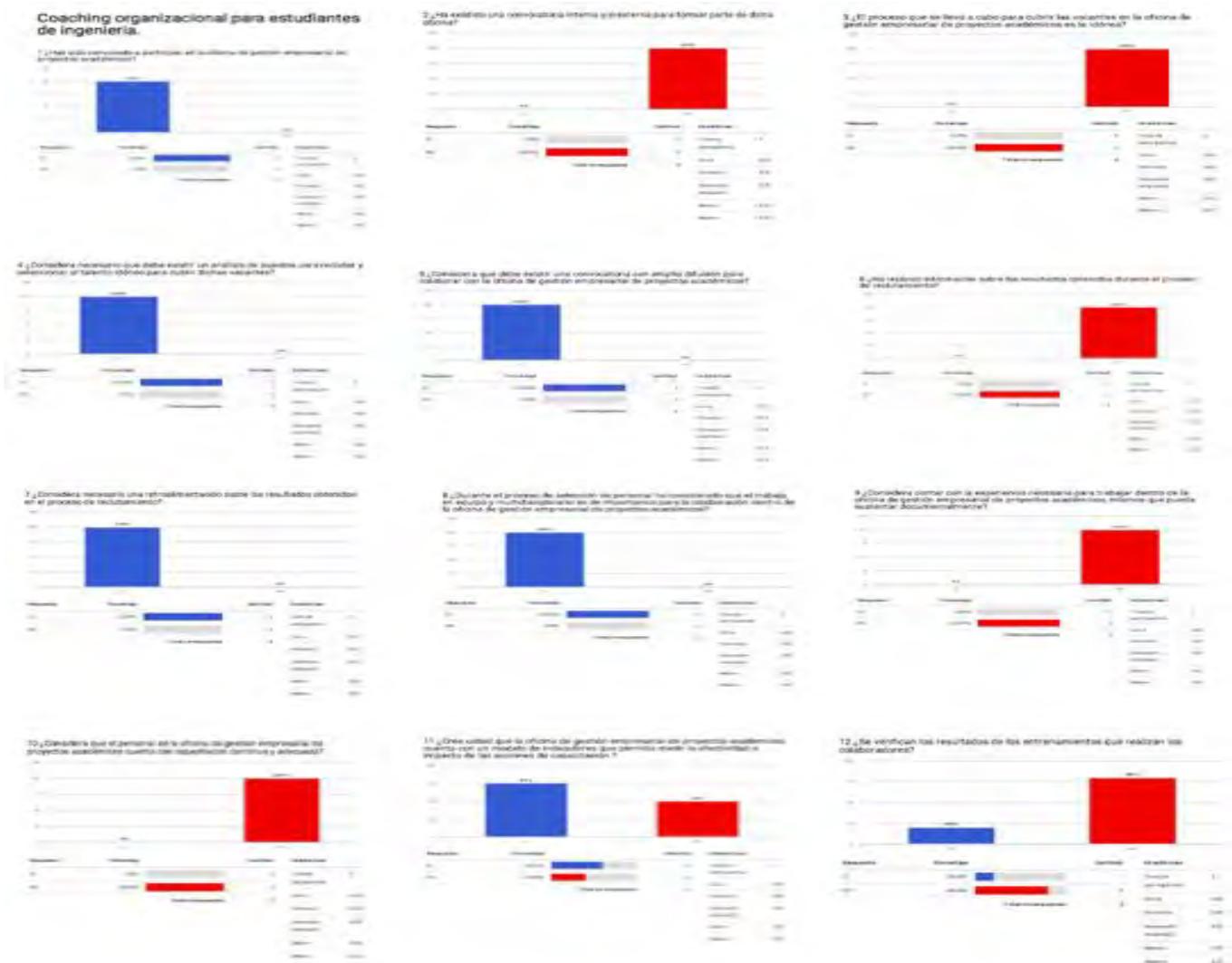


Figura 1. Análisis gráfico del diagnóstico. Fuente Elaboración propia.

AGROINVERSIÓN MUNICIPAL Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN MÓDULOS AGROCAFETALEROS PARA LOS PRODUCTORES DE CÓRDOBA, VERACRUZ

Francisco Javier Ugalde Acosta⁴²⁰, Jaime Tomás Ríos Bernal⁴²¹, Carmen Aridai Hernández Estrada⁴²⁰, José Ramón Sales Bueno⁴²¹, Rosalío López Morgado⁴²⁰, Maurilio Mendoza Mexicano⁴²⁰, Olga Santiago Trinidad⁴²⁰, Rafael Guajardo Panes⁴²⁰, Diego Castillo Ortiz⁴²¹, Juan Valiente Rojas⁴²¹ Dayli Ovando Serra⁴²¹, Manuel González Pérez⁴²², Agustín Bolívar García⁴²², Gustavo Amieva Balmori⁴²² y Simón Leyva Vela⁴²⁰

Resumen

Desde hace dos siglos el café se siembra en el municipio de Córdoba, Veracruz y ha sido sustento económico de la población rural y promotor del desarrollo agro-comercial e industrial en la región de Las Altas Montañas del centro del estado de Veracruz, México. Sin embargo, desde 2012 la presencia de la roya en las fincas, decreció hasta 75% la producción, afectando la economía en general. En 2014 el H. Ayuntamiento de Córdoba, interesado en apoyar la situación de los cafeticultores implementó un proyecto interinstitucional de rescate de la cafecultura; que considera cultivos anuales, asociado a nuevas plantaciones de café, con la participación de productores. El Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), participa con un proyecto de transferencia de tecnología, con el objetivo de establecer módulos agrocafetaleros, con

⁴²⁰Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, agrotecnia7@yahoo.com.mx

⁴²¹ H. Ayuntamiento de Córdoba, Veracruz 2014-2017.

⁴²² Instituto Cordobés del Café, A.C. Veracruz, México.

genotipos mejorados de café y cultivos básicos del INIFAP, de mayor productividad y resistencia a enfermedades; con este sistema de producción, los pequeños productores beneficiados contarán a corto plazo, con el abasto de granos básicos e ingresos por la venta de los excedentes, durante el periodo pre-productivo del café. De 2014 a abril de 2017 se transfirió el híbrido de maíz H-520, las variedades de frijol Negro INIFAP y N. Comapa, la variedad de café arábica Oro Azteca y los clones de café robusta INIFAP. Se recibieron 1391 peticiones de tecnología por los productores, para la siembra global de 322.7 hectáreas de cultivos básicos e industriales. Se sembraron 93.7 hectáreas de maíz y frijol con un promedio de superficie de 2400 m² y 1750 m² por productor, con rendimientos promedio por hectárea de 4 ton y 1.4 t ha⁻¹, que corresponden a 127% y 302% respectivamente, superiores al promedio municipal y distrital. En café se sembraron 573 mil plantas de Oro Azteca en 229 hectáreas con 918 productores y cuatro mil clones café robusta del INIFAP, para 110 productores de la franja baja. Con la siembra de los cultivos básicos se contribuyó al abasto familiar anual en 70% y 90% en maíz y frijol. La relación costo/beneficio del proyecto municipal en términos de inversión fue de 1:5.5 en base al volumen y valor de la producción de los básicos, ya que el café se encuentra en etapa pre-productiva.

Palabras clave:

Introducción

El municipio de Córdoba, está ubicado en la región de Las Altas Montañas del centro del estado de Veracruz, México, a una altitud de 900 a 1300 msnm, (zona de transición climática) con un agro-ambiente ecológico favorable para el desarrollo de diversas especies; entre ellas, el café que se cultiva desde hace más de 250 años y que hasta hace cinco años había sido sustento económico de la población rural y promotor del desarrollo agro-comercial e industrial de la ciudad. Sin embargo, los factores cíclicos del mercado y los bajos precios de adquisición en campo, ocasionaron el lento abandono de las fincas cafetaleras; recientemente, la enfermedad de la roya agudizó más la situación del cultivo, al disminuir hasta 75% de la producción, factor que deterioró aún más la economía rural. En esa zona productora para el caso de la siembra de cultivos básicos, los productores utilizan criollos de maíz y variedades de frijol introducidas, con baja productividad, se ha indicado que los rendimientos por hectárea en promedio son 1.8 y 0.3 t ha⁻¹, respectivamente; esto se debe a la utilización de semillas criollas e introducidas que presentan susceptibilidad a enfermedades, vientos y a suelos de baja fertilidad. Por otro lado, los pequeños productores de Córdoba destinan superficies menores a los 1500 m², para sembrar los cultivos que a su

vez cuando se obtienen bajos rendimientos no satisface el abasto de grano anual para la familia, mucho menos, es rentable para tener ingresos por la producción. En 2014, el ayuntamiento de Córdoba, Ver., implementó un proyecto interinstitucional para el rescate de la cafecultura, aumentar la productividad y rentabilidad del sector rural a nivel municipal. El Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP promovió para la metodología de transferencia de tecnología que da respuesta a la demanda con el proyecto “Agro-inversión municipal para la transferencia de tecnología en módulos agro-cafeteros para los productores”, dirigido a establecer en las parcelas de los pequeños productores variedades mejoradas mexicanas de café, maíz y frijol, con mayor adaptación agroecológica, productividad, resistencia y/o tolerancia a factores bióticos (enfermedades) y abióticos (vientos, sequía, acidez de suelos), con el objetivo de generar a corto plazo el abasto de granos básico e ingresos a nivel familiar, durante el periodo pre-productivo del café. Asimismo, para aprovechar al máximo la limitada superficie disponible por los pequeños productores se incorporó la tecnología de sistema de cultivo asociado café y cultivos básicos, que de acuerdo a diversos investigadores, las asociaciones de cultivos presentan diferentes patrones; donde, dos o más especies son sembradas juntas y tienen ciclos de crecimiento afines, de tal manera que maduran casi simultáneamente (Turrent, 2008) y el cultivo múltiple se basa en el concepto de Eficiencia Relativa de la Tierra (ERT), este parámetro indica la cantidad de superficie cultivada con cultivos necesarios para igualar la producción de una hectárea de las mismas especies integradas (Turrent y Moreno, 1998). Experiencias del sistema agroforestal de café, en el Perú y Guatemala, generan recursos económicos no relacionados al café que se venden o se consumen, y son productos principalmente como madera para combustible y la construcción (Rice, 2008). En México, la asociación del sistema frijol-chayote con productores de chayote de la región de las Altas Montañas del centro de Veracruz, generó una relación costo/beneficio de 1:2.1 y es una alternativa de seguridad alimentaria y rentable cuando ocurren daños por fenómenos climáticos al cultivo de chayote (Ugalde et al., 2011). En relación al uso de cultivos asociados se ha indicado que hay competencia entre especies asociadas, pero que pueden ayudar a hacer la asociación efectiva: estratos radiculares diferentes y aprovechamiento de la radiación fotosintéticamente activa (RFA).

Materiales y métodos

La operación del proyecto se sustenta en el modelo de transferencia de tecnología del INIFAP: “Agroinversión Municipal” (Ugalde et al., 2015), donde el ayuntamiento invierte recursos económicos para que el INIFAP, conduzca técnicamente el proyecto, produzca la tecnología en semillas y plantas mejoradas de alta calidad genética para ser transferidas a

los productores, los usuarios son identificados por la jefatura de fomento agropecuario previo diagnóstico municipal. De 2014 a 2017 se transfirieron 1.170 t de semilla del híbrido de maíz H-520, 1.4 toneladas de semilla de frijol de las variedades Negro INIFAP y Negro Comapa, 229 kg de semilla de café arábica variedad “Oro Azteca” para los productores ubicados en las zonas media, alta y de estricta altura y 4 mil estacas de clones de café robusta, para los productores de la franja baja cafetalera, con una densidad de 1000 plantas/ha. Durante los ciclos de temporal P-V 2014, 15, 16 y 17 e I-P 2015, 16 y 17 de humedad residual, los productores establecieron nuevas plantaciones de café a cielo abierto con una densidad de 2500 plantas/ha, entre los espacios se sembró maíz y/o frijol en ciclos y callejones alternos en temporal y frijol sólo en el ciclo siguiente, con una densidad por hectárea de 16 mil y 72 mil respectivamente. La fertilización para maíz utilizada por los productores fue con la dosis 90-00-00 de NPK y en frijol no se aplicó fertilizante. El control de plagas y malezas fue realizado por medios orgánicos y manuales respectivamente. Paralelo a la transferencia, se establecieron dos módulos de validación para monitorear el comportamiento agronómico y productivo de las variedades mejoradas ubicadas en zona baja y alta; los módulos se utilizaron para capacitar a los productores y técnicos municipales a través de eventos demostrativos de método y resultado. Para determinar el impacto social y económico del proyecto se realizaron estimaciones de rendimiento en maíz y frijol para contar con registros productivos y aplicación de entrevistas al 20% de los usuarios sobre superficie destinada para los cultivos, número de integrantes de la familia, cobertura del abasto familiar de maíz y frijol, volumen, uso o destino de la producción.

Resultados y discusión

Del 2014 al 2017 se recibieron y atendieron 1391 peticiones de tecnología “variedades mejoradas” por los productores de 39 comunidades, para la siembra global de 322.7 hectáreas de cultivos básicos y café en el municipio de Córdoba, distribuidos en 93.7 hectáreas sembradas de maíz y frijol con un promedio de siembra de 2400 m² y 1750 m² por productor, con rendimientos estimados a una hectárea de 4.0 ton ha⁻¹ y 1.4 ton ha⁻¹, que significan 127% y 302% superior al promedio municipal y distrital. Para el caso de café, la semilla entregada fue sembrada en 14 viveros conducidos por grupos de productores, que produjeron 573 mil plantas de “Oro Azteca” para 229 hectáreas distribuidas a 918 productores y sembradas en los ciclos 2015, 16 y 17, también para 110 productores de la franja cafetalera baja se entregaron cuatro mil clones de café robusta del INIFAP. En cuanto al abasto de granos se contribuyó al abasto familiar anual en 70% y 90% en maíz y frijol respectivamente. La relación costo/beneficio del proyecto municipal en términos de inversión

fue de 1:5.5 con base al volumen y valor de la producción de los básicos, ya que el café se encuentra en etapa pre-productiva; siendo el inicio de cosecha en 2018 y 2019, de acuerdo a la entrega de semilla.

Conclusiones

El modelo de Agro-Inversión Municipal del INIFAP, aplicado por el ayuntamiento de Córdoba, promovió la adopción de cambios tecnológicos en los productores, contribuyó a la productividad y el abasto familiar de básicos e incentivó la economía local a corto plazo, que en conjunto se suman al rescate de la cafecultura municipal. Acciones que concuerdan con las recomendaciones de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) hechas a México en 2011, para reducir la pobreza de las familias en el medio rural.

Literatura citada

Rice, R. A. 2008. Agricultural intensification within agroforestry: The case of Coffee and wood products. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128:212-218

Turrent, F. A. y R. Moreno D. 1998. Producción sostenible de alimentos de origen vegetal en el mundo. *Terra latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo. 16:93-11.

Turrent, F. A. 2008. Cultivos asociados. *El Cultivo del maíz temas selectos*. Volumen 1. Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa. p. 115-125.

Ugalde, A. F. J., F. Assaleih, O. C., A. Ixmatlahua R., E. Luna G., J. Moreno M., J. Flores S. et al. 2011. La asociación frijol-chayote, alternativa alimentaria y rentable en la región de las montañas de Veracruz, México. p. 264. In: *Memoria LVII Reunión del Programa Cooperativo Centro Americano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales*. Panamá, Panamá.

Ugalde, A. F. J., T.J. Bernal R., J. R. Sales B., A. A. Pérez C., J. Valiente R., D. Ovando S., et al. 2015. Agroinversión y transferencia de tecnología de cultivos básicos para contribuir al desarrollo rural de Córdoba, Veracruz, México. p. 148. In: *LX Reunión del Programa Cooperativo Centro Americano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales*. Guatemala, Guatemala.

CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA, EN EL PERÍODO 2015-2016

Juan Quintanar Olguin^{423*} y Raúl Ríos Sánchez⁴²³

Resumen

El trabajo está enfocado a caracterizar el componente de extensionismo rural en Puebla con base en la continuidad del proceso, cobertura del servicio de extensionistas contratados, sistemas producto atendido y GEIT's conformados. Partiendo del paradigma de que “el desarrollo agropecuario es sinónimo de desarrollo rural y de que el desarrollo agropecuario es igual al incremento de la productividad”, el componente de extensionismo en 2015 tuvo como objetivo “incrementar la producción de alimentos mediante el desarrollo de capacidades y servicios profesionales de extensión e innovación rural” y en 2016, el objetivo fue “apoyar a los pequeños productores de las Unidades Económicas Rurales con servicios de extensión, innovación y capacitación para incrementar la producción agroalimentaria”. Los resultados muestran el número de extensionistas contratados en 2015 y 2016, los sistemas producto o cadenas productivas atendidas en ambos años, los GEIT's conformados y su seguimiento. Se observan dificultades en la continuidad del servicio a los productores beneficiarios.

Palabras clave: servicio, sistemas producto, grupos de extensión e innovación territorial

⁴²³ 1 Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP. * quintanar.juan@inifap.gob.mx

Introducción

Actualmente, los programas de extensión colocan como los objetivos de mayor importancia aquellos que históricamente se han buscado bajo el paradigma de que “el desarrollo agropecuario es sinónimo de desarrollo rural y de que el desarrollo agropecuario es igual al incremento de la productividad”, al afirmar que los principales objetivos están centrados en el incremento de los rendimientos de la producción, en la educación, en la capacitación de los productores y en la seguridad alimentaria.

Bajo esta premisa, de 2014 a 2015 la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) estableció el programa integral de desarrollo rural donde se incluye el componente de extensión e innovación productiva cuyo objetivo fue “incrementar la producción de alimentos mediante el desarrollo de capacidades y servicios profesionales de extensión e innovación rural”. La base de dicho componente fue la prestación de servicios profesionales de extensión e innovación rural proporcionados a productores marginados y de bajos ingresos y/o sus organizaciones, realizados por técnicos, en lo individual o a través de equipos multidisciplinarios formalmente constituidos, principalmente a través de los PIIEX. Estos servicios, buscaban contribuir al desarrollo de capital humano y social con una orientación hacia la innovación productiva, ya sea para favorecer el volumen de producción (rendimientos), la calidad de la producción y/o su transformación, así como la implementación de esquemas que les otorgaran ventajas en la comercialización de sus productos, lo que en su conjunto, redunde en un mayor ingreso para el productor, lo que conllevará al mejoramiento de la calidad de vida de los productores rurales y sus familias. Sin embargo, para 2016 el Gobierno Federal realizó cambios sustanciales en la estructura de los programas orientados al sector rural del país. Uno de los cambios importantes se realizó en el componente de extensionismo, cuyo objetivo fue “apoyar a los pequeños productores de las Unidades Económicas Rurales con servicios de extensión, innovación y capacitación para incrementar la producción agroalimentaria” (GTE-P, 2016).

En el marco del desarrollo rural sustentable, en ambas propuestas del componente de extensionismo se buscó el desarrollo de los pequeños productores, tomando como eje estructural el desarrollo de capacidades, no solo para que produzcan de manera eficiente y eficaz, sino también para que realicen y apliquen planes estratégicos, incubación de empresas, desarrollo de estrategias de mercado, desarrollen una organización formal y compras consolidadas entre una diversidad de alternativas. Una parte fundamental para la

aplicación del componente de extensionismo es privilegiar la continuidad como criterio rector, con el fin de desarrollar capacitación modular o programas de capacitación que contemplen varios años, así como el desarrollo de innovaciones y procesos de transferencia de tecnología en los Grupos de Extensión e Innovación Territorial (GEIT) constituidos. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es realizar un análisis comparativo de la intervención de extensionismo en el estado de Puebla, con base en la continuidad del proceso, cobertura del servicio de extensionistas contratados, sistemas producto atendido y GEIT's conformados.

Materiales y métodos

En el proceso metodológico para caracterizar el componente de extensionismo en el estado de Puebla durante el periodo 2015-2016 constó de los siguientes pasos:

- i) revisión de los planes estratégicos para el componente en el estado, los cuales fueron elaborados por el Grupo de Trabajo del Componente Extensionismo, documentos que sirvieron de base para conocer la problemática rural de la entidad y orientar la selección de las cadenas de valor que se atendieron con el programa;
- ii) revisión de los programas de extensionismo que se ejecutaron en 2015 y 2016, para analizar como operaron y que resultados reportaron;
- iii) revisión de los informes de la conformación y seguimiento de los Grupos de Extensión e Innovación Territorial (GEIT's), los cuales fueron espacios de reflexión, participación y análisis de problemáticas y diseño de estrategias de solución.

Resultados y discusión

En el marco del componente de extensionismo en el estado de Puebla, durante 2015 se contrataron a 246 personas, de las cuales 238 fueron técnicos y 8 coordinadores. Para 2016 se contrataron a 251 extensionistas para el servicio de extensión (Cuadro 1).

Cuadro 1. Extensionistas contratados en el servicio de extensionismo en el estado de Puebla.

ESTRATEGIA	2015			2016		
	Continuidad	Nuevos	Total	Continuidad	Nuevos	Total
Agrícola	99	60	159	101	75	176
Pecuaria	27	22	49	24	25	49

Acuícola	17	13	30	20	6	26
Total	143	95	238	145	106	251

En relación a la atención a los sistemas productos o cadenas productivas, en el ejercicio 2015 se priorizó la atención a 18 sistemas producto, 9 de la estrategia agrícola, 4 de la estrategia pecuaria y 5 sistemas productos de la estrategia acuícola. Para 2016, se atendieron 36 cadenas productivas, de las cuales 24 fueron agrícolas, 7 pecuarias y cinco acuícolas. A nivel de GEIT's, en 2015 se validaron e instalaron 6 GEIT's, 4 correspondieron a la estrategia agrícola: café, hortalizas, maíz y sorgo; los 2 restantes correspondieron a la estrategia pecuaria: ovinos y caprinos. En 2016, se formaron y atendieron 10 GEIT's, 7 fueron de la estrategia agrícola: aguacate, café, cítricos, hortalizas, manzana, sorgo y vainilla; 2 corresponden a la estrategia pecuaria: bovinos leche y ovinos, y uno perteneciente a la estrategia acuícola: tilapia (Cuadro 2)

Cuadro 2. Grupos de extensión e innovación territorial constituidos por estrategia y año.

Estrategia	Cadena principal del GEIT desarrollado	
	Año 2015	Año 2016
Agrícola	Café	Aguacate
		Cítricos
	Maíz	Vainilla
		Café
	Sorgo	Manzana
	Sorgo	
	Hortalizas	Hortalizas
Pecuaria	Caprinos	Bovinos Leche
	Ovinos	Ovinos
Acuícola		Tilapia

A nivel del personal extensionista, en 2015 se contrataron 238 extensionistas de los cuales 60.08% fueron de continuidad, esto es, que también fueron contratados en 2014 (González y Zavaleta, 2016); para 2016 se contrataron 251 extensionistas, de los cuales el 57.76% fueron de continuidad respecto a 2015 (INIFAP, 2017). Sin embargo, no fue posible identificar quienes de los extensionistas fueron los que repitieron contrato en los 3 años: 2014, 2015 y 2016. Por otro lado, tampoco están identificados los productores beneficiados como de continuidad, esto es, cada año cambia la población objetivo. Esto, a pesar de que se

recomienda que exista continuidad en el proceso de extensionismo, para que sea factible evaluar su impacto al objetivo del componente (INCA Rural, 2016).

En lo que se refiere a los GEIT, que son grupos conformados por extensionistas y actores de la cadena de valor (productores, proveedores, compradores, académicos, investigadores, instituciones públicas y privadas de soporte técnico, metodológico, financiero, etc.) involucrados en los procesos de producción, manejo post-cosecha, acopio, procesamiento/transformación y comercialización de los sistemas producto o cadenas de valor agrícolas, pecuarias y acuícolas que son prioritarias para el desarrollo económico de las entidades federativas del país (INCA Rural, 2016).

En el estado de Puebla, durante 2015 se operaron 6 GEIT's y durante 2016 se operaron 10, repitiéndose 4 de estos en ambos años, correspondiendo 3 a la estrategia agrícola: café, hortalizas y sorgo; y uno a la estrategia pecuaria: ovinos (González y Zavaleta, 2016; INIFAP, 2017). Sin embargo, no existe continuidad en las UER atendidas por los GEIT's en ambos años. Así, la problemática determinada y las innovaciones a implementar en las diferentes UERs siguen siendo las mismas cada año, por lo que no pueden medirse los avances alcanzados para disminuir la problemática o evaluar los impactos de las innovaciones implementadas en las UERs por el componente de extensionismo (FAO, 2011).

Conclusiones

1. No existe continuidad en el trabajo de extensionismo, tanto a nivel de los técnicos que ofrecen el servicio como de las UER atendidas.
2. La priorización de los sistemas producto o cadenas que serán atendidas por el componente de extensionismo cambia cada año, por lo que no es factible determinar el grado de adopción de las innovaciones implementadas en cada UER.
3. En ambos años, se repitió la conformación de 4 GEIT's: café, hortalizas, sorgo y ovinos, por lo que las innovaciones propuestas en éstos GEIT's son las mismas de cada año, pero se desconoce si los productores atendidos cambian.
4. Ante los cambios anuales de prioridades y personal extensionista, no es factible realizar una evaluación del impacto del componente de extensionismo, por lo que se desconoce su contribución al desarrollo rural en el estado de Puebla.

Literatura citada

FAO. 2011. Buenas prácticas en el manejo de la extensión en América Central. FAO-Oficina de intercambio de conocimientos, investigación y extensión. Roma, Italia. 156 p.

González, O. B. y Y. Zavaleta G. 2016. Informe final: Ejercicio 2015 intervención de extensionismo en Puebla. CEIR-UACH. Chapingo, Méx. 26 p.

Grupo de trabajo de extensionismo Puebla (GTE-P). 2016. Plan estratégico estatal para la operación del componente de extensionismo 2016, del estado de Puebla. Puebla, Pue. 73 p.

INCA Rural. 2016. Diagnóstico de impacto y resultados CEIP 2014-2015. INCA Rural. México, D. F. 52 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2017. Informe final del proyecto "Apoyo al extensionismo rural de la SAGARPA" en el estado de Puebla. Coordinación Estatal-CRE SAGARPA-INIFAP Golfo Península. San Martinito, Puebla. 40 p.

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA OPEN-SOURCE PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN TURBIDEZ

Carlos Miguel Valenzuela Castillo⁴²⁴, Cinthya Alejandra Sosa Villalobos^{424*}, María del Refugio Castañeda Chávez⁴²⁴, Isabel Araceli Amaro Espejo⁴²⁵ y José Luis F. Palomeque Loyo⁴²⁵

Resumen

Se diseñó un sistema de medición de turbidez en efluentes acuícolas. Los sistemas de producción acuícola se han intensificado en respuesta al aumento de la demanda de sus productos. Para que esta actividad se desarrolle sobre bases ambientalmente sustentables, se necesitan tecnologías innovadoras en sus procesos. Para esto se usaron tecnologías de software y hardware open-source. Esta tecnología representa una buena relación costo-beneficio, pues ofrece poderosas herramientas de desarrollo para la medición de variables fisicoquímicas a través de una PC, a menor costo que otras tecnologías presentes en el mercado. En este trabajo se desarrolló un sistema de adquisición de datos basado en la placa Arduino Uno y el software usado fue el entorno de programación MyOpenLab. Esta investigación satisface la necesidad de tener un sistema de medición de turbidez fiable reduciendo los costos en su diseño. El conocimiento de parámetros relacionados a la calidad

⁴²⁴ Instituto Tecnológico de Boca del Rio. *ca.sosavi@gmail.com

⁴²⁵ Instituto Tecnológico de Veracruz.

del agua como la turbidez, ayuda para determinar fuentes de contaminación en el agua y en la toma de decisiones de posibles tratamientos fisicoquímicos o biológicos que reduzcan el potencial contaminante de los efluentes acuícolas. Se realizaron pruebas para comparar el sistema diseñado con un sistema comercial de medición de turbidez. Se midieron efluentes provenientes de 10 unidades producción acuícola del área del sotavento en el Estado de Veracruz. Con esto se evaluó la fiabilidad del sistema de medición diseñado con tecnología open-source. Se obtuvo un error relativo del 3.889% respecto al turbidímetro comercial T-100, este valor representa un buen resultado de acuerdo al tipo de sensor utilizado. Se realizó una prueba de hipótesis no paramétrica para comprobar la fiabilidad de nuestras mediciones. Se determinó que se puede crear un sistema con tecnología completamente open-source, tanto en hardware como en software. El uso de esta tecnología permitió reducir significativamente los costos de fabricación obteniendo buena precisión en las mediciones.

Palabras clave: arduino, myopenlab, adquisición de datos, efluentes, sensor

Introducción

En los últimos años la acuicultura ha tomado un papel más importante dentro de los sistemas productivos. Un concepto amplio de la acuicultura, incluye todas aquellas actividades asociadas con la preparación de animales y plantas acuáticas para su distribución y venta en el mercado (Barnabe, 2003). De acuerdo a Laxe et al. (2005), se puede afirmar que la acuicultura cada año se consolida como una actividad que mejora sus posibilidades de producir nuevas especies aptas para el consumo humano o para servir a otras actividades. Sin embargo, como lo menciona Pardo et al. (2006), la acuicultura tiene un problema inherente, el cual es la baja calidad de sus efluentes. Los efluentes de una unidad de producción acuícola (UPA), son los flujos de agua de desecho del proceso como tal, los cuales son: materia orgánica, incluyendo alimento no ingerido, excreciones metabólicas, heces, peces muertos, así como residuos sólidos inorgánicos. Si bien la calidad de los efluentes acuícolas no es tan mala como la de las aguas residuales municipales, se deben conocer las características de los mismos y los requerimientos básicos para un posible tratamiento (Desbonnet et al., 2005).

El principal inconveniente para conocer las características fisicoquímicas del agua durante periodos prolongados de tiempo, es que los sistemas de medición y monitoreo tienen un costo muy alto (Zennaro et al., 2009). En esta investigación se propuso el uso de hardware y software open-source en el diseño de un sistema que midiera la turbidez como un parámetro de calidad de los efluentes acuícolas.

Se sabe que la turbidez es un parámetro extensamente reconocido como indicador de la calidad del agua y su contaminación. Así como que está asociada directamente con los

sólidos suspendidos totales en el agua (Bilotta y Brazier, 2008). La turbidez es medida habitualmente en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) o su equivalente, las Unidades Nefelométricas de Formazina (Srinivasan, 2009). La nefelometría se refiere a la dispersión de la luz en un medio líquido causada por las partículas suspendidas, medida a 90 grados del haz de luz (Wagner et al., 2005). Se sabe que las partículas que causan la turbidez pueden reducir significativamente la eficiencia de tratamientos de agua, como la desinfección por cloración o por rayos UV (Masschelein y Rice, 2016).

En este trabajo se desarrolló un sistema capaz de medir la turbidez en efluentes acuícolas, el cual fue comparado con otro sistema comercial de medición de turbidez. El objetivo buscado es reducir costos en la creación de un sistema de medición sin perder la fiabilidad del mismo.

Materiales y métodos

Diseño del sistema de adquisición de datos

Para el sistema de medición de turbidez se diseñó un sistema de adquisición de datos cuyo componente principal es la placa Arduino Uno. Esta es una plataforma de desarrollo basada en un microcontrolador, que en conjunto con un intuitivo lenguaje de programación y un ambiente integrado de desarrollo (IDE), forman una suite multidisciplinaria para la realización de proyectos electrónicos (Blum, 2013).

La plataforma Arduino Uno tiene la ventaja de ser un hardware open-source. Estos son aquellos dispositivos cuya información esquemática de diseño y funcionamiento es de acceso libre. Estas plataformas son susceptibles de ser modificadas, hecho que no representa infringir algún tipo de licencia o derechos de autor. En el hardware libre, se comparten planos y especificaciones técnicas de los dispositivos, de manera que cualquier persona pueda crear o modificar estos dispositivos de acuerdo a sus necesidades (Pearce, 2014).

La comunicación entre la placa Arduino y la PC donde se visualizan todas las mediciones, se realizó a través del software MyOpenLab. Este es un software desarrollado en lenguaje Java de licencia libre, sin embargo, es una potente plataforma para el modelado y simulación de sistemas físicos, electrónicos y de control. Su programación es en lenguaje gráfico propio del software y tiene similitudes importantes con el reconocido software LabVIEW, teniendo como ventaja MyOpenLab, el ser completamente open-source (MyOpenLab, 2016). En general, las placas Arduino, incluyendo la Arduino Uno, están diseñadas y pre programadas para que sean utilizadas con el IDE de Arduino. Por medio de esta interfaz se puede establecer comunicación entre la PC y la placa, así como cargar programas en la misma. Sin embargo,

el entorno MyOpenLab ofrece un entorno más amigable para la monitorización de los datos, además de contar con más herramientas de programación que el IDE de Arduino. Para la vinculación entre la placa Arduino y el software MyOpenLab se cargó el protocolo Firmata a través del IDE de Arduino. Este protocolo permite personalizar el firmware de la tarjeta Arduino sin necesidad de crear un protocolo propio para cada componente del sistema. (Firmata, 2016).

Una vez realizadas las pruebas de comunicación entre la placa Arduino y la PC, se obtuvieron datos analógicos en la placa Arduino Uno.

Se utilizó el sensor TSW-10 de la marca Thermometrics. Este es un sensor de tipo óptico, permite determinar el nivel de turbidez de algún líquido usando la refracción de la longitud de onda entre un fototransistor y un diodo. Usando estos dispositivos electrónicos, un diodo LED genera una cantidad de luz que atraviesa un medio líquido, mientras, del otro lado del sensor, un fototransistor recibe esta cantidad de luz. Esto permite calcular el grado de turbidez del medio líquido, que es inversamente proporcional a la cantidad de luz que recibe el fototransistor. El sensor necesita un circuito de acondicionamiento para su correcto funcionamiento y que su señal de salida se encuentre dentro del rango especificador de 0 a 5 V. En la figura 1 se muestra el diagrama interno del sensor, así como el arreglo del circuito acondicionador de señal.

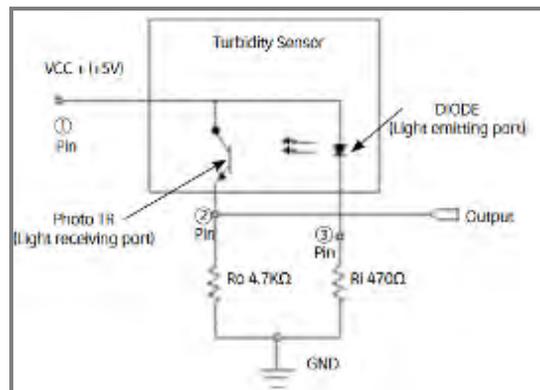


Figura 1. Circuito de acondicionamiento para el sensor.

Validación de las mediciones

El sensor de turbidez nos da como resultado valores de unidades de voltaje (Volts). Para la conversión de valores en unidades de voltaje a valores en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), se requirió del turbidímetro portátil de la marca T-100 de la marca Oakton. Una vez calibrado el equipo T-100, se procedió a determinar la turbidez de 10 muestras por triplicado en el laboratorio. Las cuales se utilizaron para ajustar el prototipo de medición. Al ser ajustado el sistema de adquisición de datos, se realizaron pruebas a efluentes provenientes de 10 UPA's donde se midieron 5 muestras por cada UPA. Dichas muestras se

realizaron con el turbidímetro T-100 y con nuestro sistema diseñado, realizándose un total de 100 mediciones.

Resultados y discusión

Como resultado de las mediciones de 10 muestras por triplicado se obtuvieron los datos necesarios para conocer la relación existente entre los valores en NTU y en Volts para una misma muestra. Se realizaron regresiones lineales y no lineales. Con ayuda de Excel se obtuvieron las líneas de tendencia para las regresiones lineal, logarítmica, exponencial y polinómica. El valor de R^2 es la medida del ajuste de la ecuación de regresión múltiple y se elige el valor más cercano a 1. De acuerdo a Hilbe (2009), un ajuste perfecto daría un valor $R^2=1$, mientras que un valor cercano a 1 significa un muy buen ajuste. En el cuadro 1 se muestran los resultados de las regresiones realizadas.

Cuadro 1.- Valores de R^2 para las regresiones aplicadas.

Regresión	Valor de R^2
Lineal	0.9421
Logarítmica	0.9511
Exponencial	0.8972
Polinómica	0.9961

Con la regresión polinómica obtenida se alcanzó un valor de $R^2 = 0.9961$. La curva de tendencia y su ecuación se muestran en la Figura 2.

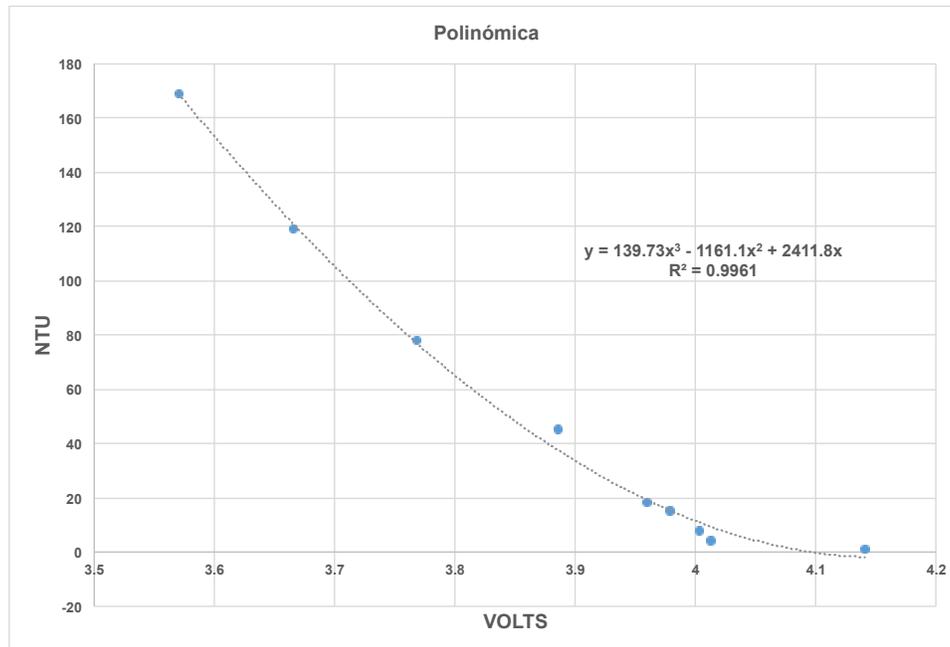


Figura 2. Curva de tendencia de la ecuación polinómica.

Sistemas diseñados en las investigaciones de Orwin y Smart (2005); Kelley et al. (2014), lograron modelos matemáticos lineales. Ortmanis et al. (1991), presentaron una tendencia logarítmica en su modelo matemático. En las investigaciones de Román et al. (2016) y Rojas y Sastoque (2007), obtuvieron el modelo de tipo polinómico, ya que fue el que más relación alcanzó entre sus variables, al igual que en este trabajo. La ecuación obtenida a través de la regresión polinómica $y = 139.73X^3 - 1161.1X^2 + 2411.8X$, se usó para realizar la conversión de valores de voltaje a valores NTU. Se realizaron mediciones de 50 muestras, provenientes de 10 Unidades de Producción Acuícolas (UPA). Cada muestra fue medida con el modelo T-100 y con el prototipo, consiguiendo errores relativos (%) entre mediciones, los cuales se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Error relativo entre T-100 y nuestro sistema.

UPA	Error relativo (%)
1	3.6500504
2	4.13249961
3	3.25556982
4	2.09422325
5	4.94148619
6	3.43183721
7	4.29528635

8	3.61030103
9	4.88432968
10	4.29273265
Promedio	3.85883162

El error relativo promedio es de 3.858%. Se ha indicado que la exactitud de sistemas con sensores de transmisión (luz directa absorbida) como el utilizado en esta investigación, fue de entre el 5 al 10%. Por su parte Ortmanis et al. (1991) establecieron la precisión de los sistemas de medición de turbidez basados en microcontroladores en un rango del 2-11% en toda su escala de medición. En trabajos más recientes Kelley et al. (2014), desarrollaron un turbidímetro portátil open-source obteniendo una precisión de +/- 3%. En adición a este error relativo obtenido entre mediciones, debido a que los datos no presentaron una distribución normal, se realizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon. La figura 3 muestra el test de normalidad realizado con la ayuda del software Minitab.

Nuestros datos presentan un valor $P= 0.017$ lo que nos indica la “No normalidad” de los datos. Se procedió a realizar la prueba de Wilcoxon la cual es una alternativa no paramétrica a una prueba de hipótesis con distribución normal. Esta prueba arrojó un valor de $P= 0.881$. Este valor indica que no existen diferencias significativas entre las mediciones del sistema diseñado en este trabajo y el equipo comercial T-100.

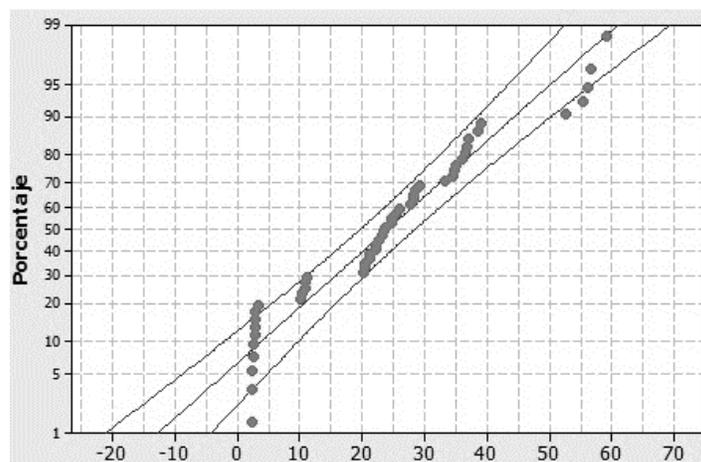


Figura 3. Resultados de prueba de normalidad.

Conclusiones

En la actualidad, los sistemas de monitoreo de parámetros relacionados a la calidad del agua resultan ser costosos. Esto se debe a que se tiene que pagar el costo por derechos de licencia de los dispositivos y software que se ocupe en el sistema. En los últimos años, el surgimiento de plataformas de hardware open-source ha permitido a investigadores y profesionales reducir costos en sistemas que requieran la adquisición de datos para medir variables fisicoquímicas. En esta investigación se demostró la posibilidad de crear un sistema de medición de turbidez en efluentes acuícolas, reduciendo significativamente los costos. Debido al uso de la plataforma Arduino Uno, como elemento principal de un sistema de adquisición de datos. Además del uso del software MyOpenLab que es de distribución libre. Con los análisis de los datos obtenidos se concluyó que no existen diferencias significativas entre el sistema de medición diseñado en esta investigación y el turbidímetro T-100 de la marca Oakton, el cual está certificado bajo las especificaciones de la norma ISO 7027. Esta norma establece los métodos cuantitativos para la medición de turbidez a través de sistemas ópticos como el diseñado en este trabajo. Por lo tanto, se puede construir un sistema de medición de turbidez en efluentes, reduciendo considerablemente los costos sin perder fiabilidad. Además de transferir la tecnología open-source a usuarios del sector primario y a investigadores, mediante la metodología usada en este trabajo, se puede utilizar para la medición de otros parámetros relacionados a la calidad del agua y el medio ambiente.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como a la Coordinación Nacional de Becas de Educación Superior por la beca proporcionada para la culminación de mi programa de maestría.

Literatura citada

Barnabe, G. 2003. Aquaculture: Biology and Ecology of Cultured Species: CRC Press.

Bilotta, S., and E. Brazier. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. Water research: 2849-2861.

- Blum, J. 2013. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry: Wiley.
- Desbonnet, A., P. Edwards, and D. Baker. 2005. Urban Aquaculture. CABI.
- Firmata. 2016. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Reference/Firmata>
- Hilbe, J. 2009. Logistic Regressions Models. CRC Press.
- Kelley, C., A. Krolick, L. Brunner, A. Burklund, D. Kahn, W. Ball, and M. Shirk. 2014. An affordable Open-Source Turbidimeter. Sensors, 7142-7155.
- Laxe, F. G., H. M. Lupin y J.A.B. de la Cal. 2005. Acuicultura: producción, comercio y trazabilidad: Netbiblo.
- Masschelein, J. and G. Rice. 2016. Ultraviolet light in water and wastewater sanitation. CRC Press.
- MyOpenLab. 2016. Obtenido de <https://myopenlab.de/>
- Ortmanis, A., W. Patterson, and R. Neufeld. 1991. Evaluation of a new turbidimeter design incorporating a microprocessor controlled variable pathlength cuvette. Enzyme and microbial technology 450-455.
- Orwin, J.F. and C. Smart. 2005. An inexpensive turbidimeter for monitoring suspended sediment. Geomorphology 68(1):3-15.
- Pardo, S., H. Suarez, y E. Soriano. 2006. Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. Revista MVZ Córdoba, 11(2):20-29.
- Pearce, J. 2014. Open-source Lab: How to build your own hardware and reduce research costs. Amsterdam: ELSEVIER.
- Rojas, S., y Sastoque Y. 2007. Desarrollo de un prototipo de instrumento nefelométrico para medir turbidez. Bogotá: Universidad de San Buenaventura.
- Román, H. C., D. Loza M., L. Segura and R. Daribian. 2016. Construcción con tecnología abierta de un sensor de turbidez de bajo costo. Iteckne 17-22.
- Srinivasan, D. 2009. Environmental Engineering. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Wagner, R. R., W. Boulger and B. Smith. 2005. Revised guidelines and standard procedures for continuous water-quality monitors: Station operation, record computation, and data reporting: U.S. Geological Survey Techniques and Methods. Obtenido de science for a changing world.

Zennaro, M., A. Floros, G. Dogan, S. Tao, C. Zhichao, H. Chen, et. al. 2009. On the design of a water quality wireless sensor network(wqwsn): An application to water quality monitoring in malawi. International Conference on Parallel Processing Workshops(ICPPW 09). IEEE.

TENDENCIAS PRODUCTIVAS Y ECONÓMICAS DE LA ETAPA DE PRODUCCIÓN DEL RANCHO SANTA CRUZ QUE ADOPTA LA TECNOLOGÍA GENERADA EN EL MÓDULO DE LECHERÍA TROPICAL ESPECIALIZADA DEL INIFAP

René Carlos Calderón Robles^{426*}, Zabdi Uziel González López⁴²⁷ y Juvencio Lagunes Lagunes⁴²⁷

Resumen

⁴²⁶ Sitio Experimental Las Margaritas-CIRGOC-INIFAP. *calderon.rene@inifap.gob.mx

⁴²⁷ Técnico Privado.

El objetivo fue evaluar los indicadores productivos y económicos de vacas Suizo Pardo Americano del rancho Santa Cruz que adopta tecnología para producción de leche, generada por el campo experimental Las Margaritas en la unidad de lechería tropical especializada Santa Elena. El rancho Santa Cruz se ubica en el municipio de Hueytamalco, Pue., con clima subtropical húmedo a 350 msnm. Tiene 85.6 ha establecidas con pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) y estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), donde pastorean las vacas. Además, dispone de una ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que se ofrece verde y picada en la época crítica (20 kg/animal/día). Las vacas consumen minerales a libertad.

En el periodo mayo 2013 a abril 2014 se manejaron 97 vacas (55 en lactancia y 42 secas). Los datos productivos se analizaron por 4 periodos: marzo 2007-mayo 2009 (P1); enero 2010-junio 2011 (P2); julio 2011-abril 2014 (P3) y acumulado (AC). El número de lactancias (L) fueron 60, 59, 241 y 360 para P1, P2, P3 y AC, respectivamente, con $3,547 \pm 567.4$, $2,043.8 \pm 256.0$, $2,422.9 \pm 461.5$ y $2,578 \pm 445.5$ kg/leche/L; 347 ± 33.1 , 266 ± 31.9 , 277.5 ± 34.2 y 288 ± 33.6 días en L y 10.2 ± 0.8 , 7.6 ± 0.3 , 8.7 ± 0.9 y 8.9 ± 0.8 kg/leche/d en L, para P1, P2, P3 y AC, respectivamente. Los intervalos entre partos fueron: 42, 44, 160 246 con 457 ± 8.8 , 469 ± 22.7 , 455 ± 11.9 y 458 ± 13.3 días y 7.8 ± 1.53 , 4.4 ± 0.25 , 5.3 ± 0.24 y 5.6 ± 0.46 kg/leche/d interparto para P1, P2, P3 y AC, respectivamente. Los resultados son satisfactorios, superan al promedio del trópico de 700 kg/L de 150 días e intervalos entre partos de más de 600 días. Para el análisis económico (mayo 2013-abril 2014) se utilizó la metodología propuesta por INIFAP, basada en el método de análisis de ingresos, donde se emplean precios corrientes o de mercado determinados en base a los gastos de operación (\$712,813). La producción anual fue de 178,720 kg. El Ingreso, que generó la unidad fue \$869,228 constituidos por venta de leche (\$804,242), y vacas de desecho (19: 8,170 kg) \$64,986. El costo de un kg de leche producida fue \$3.2 y un kg de vaca de desecho \$6.1. Cada kg de leche se vendió a \$4.50 y el de vaca de desecho a \$8.50. La eficiencia económica de la unidad se midió a través de la utilidad bruta (\$156,415), la rentabilidad sobre los gastos de operación que incluye la administración fue 21.9% y el margen de utilidad \$1.3 (46.5%) para el kg de leche y \$2.4 (49.5%) del kg vaca de desecho. Se concluye que el invertir en ganado de razas especializadas en producción de leche es prometedor al obtener de utilidad 21.9 centavos por cada peso invertido y márgenes de ganancia aceptables de \$1.3 a \$2.4 dependiendo del producto.

Palabras clave: Suizo Pardo, lechería tropical, producción, rentabilidad

Introducción

En México la producción de leche de bovino en 2016 fue de 11,608 millones de litros (SIAP, 2016), en todo su territorio en aproximadamente 789 mil unidades de producción pecuaria (UPP) y varía de acuerdo a la región y al sistema de producción y se han clasificado por razones geográficas en: a) intensivo, b) familiar, y, c) extensivo de doble propósito, (García, 2001). El primero es característico de zonas áridas y semiáridas y se producen alrededor de 8,000 kg de leche por vaca al año. El sistema familiar está ubicado en zonas templadas y se producen 3,000 kg de leche por vaca al año y el último es representativo de las áreas tropicales con solo 400 kg de leche por vaca al año, lo cual es indicativo que el potencial productivo de estas áreas tropicales no está siendo bien aprovechado, resaltando que este sistema de producción de doble propósito cuenta con aproximadamente 104,000 productores de leche, representando poco más del 40% del total de productores del país (FAO-FEPALE, 2012).

A pesar de lo anterior, México importa alrededor del 30% del consumo nacional de leche, lo que implica que diariamente, en cada entidad con actividad lechera, se dejen de comprar millones de litros a los productores nacionales (Cervantes, et al., 2014). La situación descrita provoca varias consecuencias que van desde el sacrificio de ganado hasta la salida definitiva de la actividad económica. Este escenario no es privativo de los sistemas familiares o extensivos basados en razas especializadas, en los sistemas de doble propósito vinculados con agroindustrias transnacionales como Nestlé, o con la agroindustria local, la situación es similar, además que en 31 regiones especializadas se percibió un comportamiento menos robusto de la actividad. Tal situación podría hacer evidente la saturación en el uso de recursos de las zonas tradicionalmente lecheras, lo que conllevaría a la búsqueda de regiones de producción alternativas, siendo la principal opción las áreas tropicales por su potencial forrajero (Améndola et al., 2005), donde se produce entre el 18 y el 20% de leche en México.

El subtrópico húmedo en México presenta precipitaciones que superan los 1,000 mm de lluvia al año, produciendo más pasto, pero para la producción de leche se utilizan vacas cruzadas con razas Cebú (Martínez et al., 2012) y no satisfacen su demanda interna, por lo que se han importado razas lecheras puras para cruzarlas con Cebú o Criollo, o bien para ser usadas como tal en sistemas especializados. El uso de razas puras no siempre ha tenido éxito (Teyer et al., 2003), porque necesita mayores cuidados. La mayor parte de los sistemas tropicales de producción de leche se caracterizan por la baja eficiencia tanto reproductiva como productiva (Koppel et al., 2002) de los animales, lo cual no solo es resultado de los efectos directos del clima sobre los mismos, sino también por la pobre calidad del forraje,

consumo limitado de concentrado y elevada incidencia de enfermedades y parasitosis (Rodríguez et al., 2007).

Consciente de lo anterior, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha dado gran importancia al programa de investigación aplicada estableciendo proyectos de generación de tecnología en sus Campos y Sitios Experimentales del trópico, donde genera y evalúa nuevas técnicas de producción ganadera en forma integral, obteniéndose paquetes tecnológicos (Calderón et al., 2007), para mejorar los sistemas de producción de leche en pastoreo, para volverlos más eficientes y competitivos.

El objetivo de este trabajo fue determinar los indicadores productivos y económicos de vacas Suizo Pardo Americano del rancho Santa Cruz que adopta tecnología para producción de leche en pastoreo, generada por el S. E. Las Margaritas en la unidad de lechería tropical especializada Santa Elena.

Materiales y métodos

El Rancho “Santa Cruz” propiedad del Ing. Rafael García Bonilla, está localizado en el Municipio de Hueytamalco, Pue., en el km 20 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, a 350 msnm, su clima es subtropical húmedo (García, 1988) con temperatura media anual de 23°C y 2,500 mm de precipitación pluvial. Cuenta con 80.5 ha con topografía de lomeríos bajos y abrevaderos naturales. Cuenta con 85.6 ha establecidas con pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) y estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), donde pastorean las vacas. Además, dispone de una ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que se ofrece verde y picada en la época crítica. La infraestructura está integrada por: potreros y caminos de acceso, corral de manejo, sala de ordeña, bodega de alimentos e implementos agropecuarios. El área de ordeño, cuenta con corral de contención de las vacas, tejabán con cuatro Bretes, ordeñadora de cuatro plazas y tanque enfriador de leche.

Durante el último año de evaluación, se manejaron en promedio mensual 97 vacas, 55 en producción, y el resto en periodo seco. Las vacas en ordeño y las secas, pastorearon rotacionalmente en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) con periodos de descanso de 30 y 45 días, en primavera-verano y otoño-invierno respectivamente; también consumieron minerales y agua a libertad. Además, a las vacas en ordeño, se les proporcionaron 4.0 kg/animal/día de concentrado (70% TND y 18% PC), y de noviembre a marzo, 20 kg/animal/día de caña de azúcar fresca y picada.

Todos los animales se vacunaron contra clostridiosis (*Clostridium* spp.) y paterelosis en el mes de septiembre y contra derriengue en noviembre; se bañan contra garrapata quincenalmente. Las vacas se desparasitan al secado contra vermes gastroentéricos y

pulmonares. El hato se encuentra libre de brucela y tuberculosis por lo tanto se realizan pruebas cada 14 meses.

Las vacas se ordeñaron mecánicamente dos veces al día. El manejo reproductivo es empadre continuo con monta natural, la palpación rectal se efectuó cada tres meses para determinar la condición útero-ovárica.

El análisis de los datos productivos, se realizó con ayuda del programa Excel; los resultados se separaron en 4 periodos: marzo 2007 a mayo 2009, enero 2010 a junio 2011, julio 2011 a abril 2014 y el acumulado de marzo 2007 a abril 2014.

El análisis económico utilizó la metodología propuesta por el INIFAP (Aguilar et al., 2001) para la evaluación económica en ranchos ganaderos y el método para determinar los indicadores económicos fue el análisis de ingresos, en el que se emplean precios corrientes o de mercado, y se determinaron con base a los gastos de operación.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedio con su desviación estándar, de los principales indicadores productivos y reproductivos, observándose que los mejores resultados corresponden al periodo de marzo 2007 a mayo 2009, y el de más pobre comportamiento es el siguiente periodo, lo anterior pudo deberse a que el segundo periodo no contó con la presencia física de un técnico como fue el caso de los periodos uno y tres, lo anterior aunado a que al inicio se contaba con menor número de animales en producción, sin embargo, los resultados de lo acumulado de marzo 2007 a abril 2014, son satisfactorios ya que superan al promedio del trópico de 700 kg/lactancias de 150 días e intervalos entre partos de más de 600 días. Además, se considera que el rancho Santa Cruz ha adoptado aproximadamente el 70% de los componentes tecnológicos, del S. E. Las Margaritas y que al inicio se tomó como meta producir el 80% de lo alcanzado en Las Margaritas (3,500 kg por lactancia).

Cuadro 1, Medias y desviaciones estándar de los indicadores productivos y reproductivos del rancho Santa Cruz por periodos de evaluación.

Indicador	Marzo 2007- mayo 2009	Enero 2010- junio 2011	Julio 2011- abril 2014	Acumulado
Producción por lactancia, kg	3,547±567.4 (60)*	2,043.8±256.0 (59)	2,422.9±461.5 (241)	2,578±445.5 (360)
Duración de la lactancia, días	347±33.1	266±31.9	277.5±34.2	288±33.6
Producción/día lactancia, kg	10.2±0.8	7.6±0.3	8.7±0.9	8.9±0.8

Intervalo entre partos	457±8.8 (42)	469±22.7 (44)	455±11.9 (160)	458±13.3 (246)
Producción /día interparto, kg	7.8±1.53	4.4±0.25	5.3±0.24	5.6±0.46

*Entre paréntesis el número de observaciones.

Contablemente, los gastos de operación fueron \$712,813. El Ingreso que generó el rancho fue de \$869,228, constituidos por venta de leche \$804,242 y vacas de desecho (19: 8,170 kg) \$64,986. El costo de un kg de leche producida fue \$3.2 y un kg de vaca de desecho \$6.1. El precio de venta del kg de leche fue de \$4.50 y el de vaca de desecho de \$8.5. La eficiencia económica de la unidad se midió a través de la utilidad bruta (\$156,415), la rentabilidad sobre los gastos de operación que incluye la administración fue 21.9% y el margen de utilidad \$1.3 (46.5%) para el kg de leche y \$2.4 (49.5%) del kg vaca de desecho.

Ingresos. En el Cuadro 2 se presentan los ingresos generados durante el año evaluado. Los ingresos totales en el rancho “Santa Cruz” fueron de \$869,228 integrados por: \$804,242 (92.5%) por la venta de 178,720 kg de leche, \$64,986 (7.5%) por la venta de 19 vacas de desecho (8,170kg).

Cuadro 2. Ingresos del Rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante el periodo de producción: mayo 2013 a abril 2014.

Concepto	\$	%
Leche	804,242	92.5
Desechos	64,986	7.5
Total	869,228	100

Gastos de operación. En la Figura 1 se presentan los gastos de operación del año evaluado, el valor de los conceptos que lo integran, así como su participación porcentual. Durante el año, el valor del gasto de operación fue de \$712,813, el costo de alimentación fue de \$273,289 siendo el de mayor impacto 38.33% del costo total, seguido de la mano de obra fija y eventual con \$262,635 equivalentes al 36.8%.

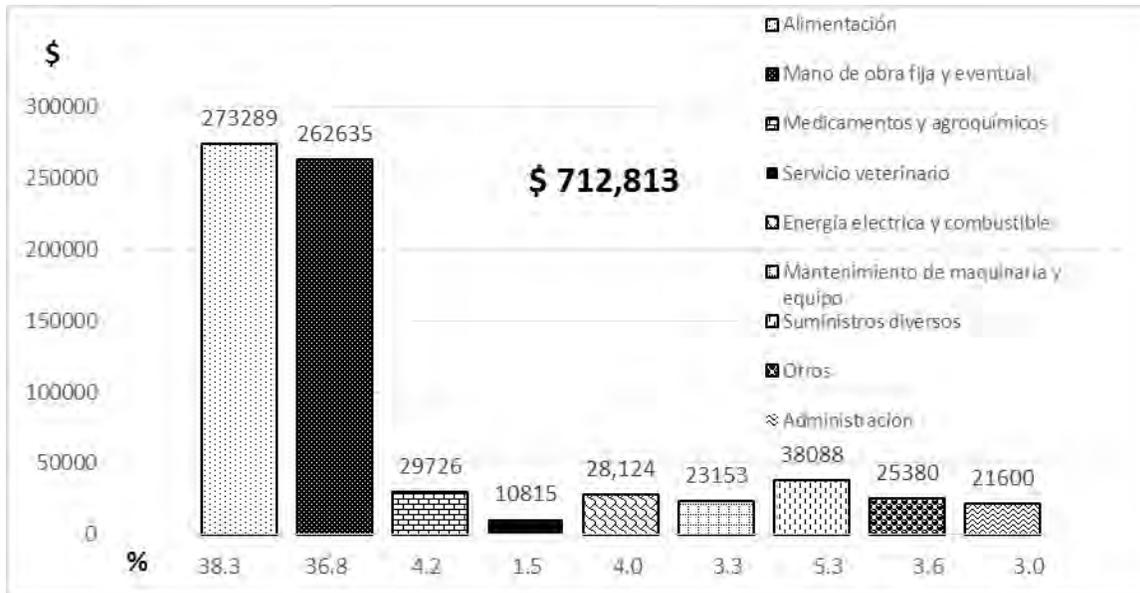


Figura 1. Gastos de operación del Rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante la etapa de producción: mayo 2013 a abril 2014.

Rentabilidad. Se determinó considerando el gasto de operación. En la Figura 2, se presentan los resultados obtenidos en lo referente a la rentabilidad sobre los gastos de operación de “Santa Cruz”. Al restarle a los ingresos los gastos de operación dio una rentabilidad del 21.9%.

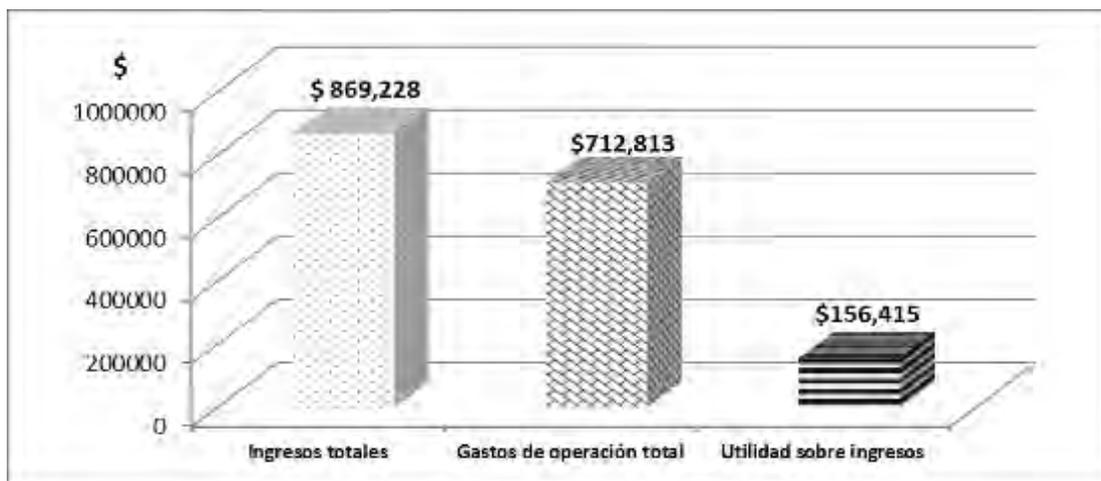


Figura 2. Rentabilidad del Rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante el periodo de producción: mayo 2013 a abril 2014.

Para determinar el costo de producción por kg de leche y de vacas de desecho, se dividió el costo del gasto de operación de cada uno entre los kg producidos, dando como resultado que producir un kg de leche cuesta \$3.20 y un kg de carne \$6.1.

En la Figura 3 se muestra el margen de ganancia sobre los gastos de operación para el caso de la leche, para lo cual se restó al precio promedio de venta por kg de leche el costo de producción con base al gasto de operación de la producción del mismo, obteniéndose un margen de ganancia sobre el gasto de operación de \$1.30.

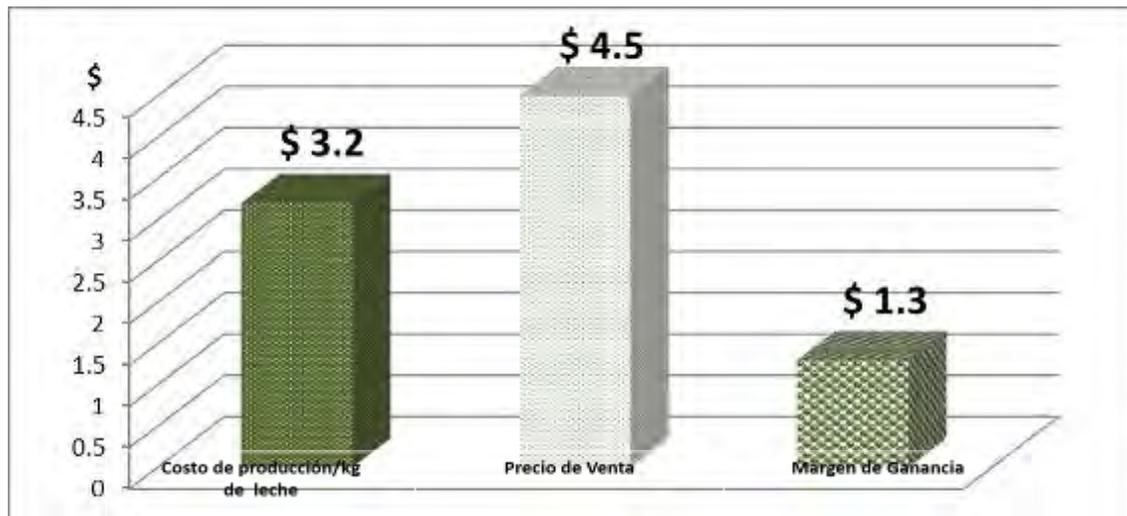


Figura 3. Costo de producción y margen de ganancia por kg de leche producido en el rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante el periodo de producción: mayo 2013 a abril 2014.

En el caso de la producción de carne (vaca de desecho), la Figura 4, muestra el margen de ganancia sobre los gastos de operación, para lo cual, de igual manera, se restó al precio promedio de venta por kg de carne el costo de producción con base al gasto de operación de la producción del mismo, obteniéndose un margen de ganancia sobre el gasto de operación de \$ 2.40.

En el Cuadro 3 se presenta la revolvencia económica del rancho “Santa Cruz”, donde se observa que se requirieron \$59,944 para gasto de operación del primer mes mismos que se recuperaron con los ingresos del mismo mes (mayo), quedando un remanente de \$32,569. En los meses subsecuentes los ingresos fueron autofinanciando a los gastos de operación, por lo que solo hubo el desembolso inicial.

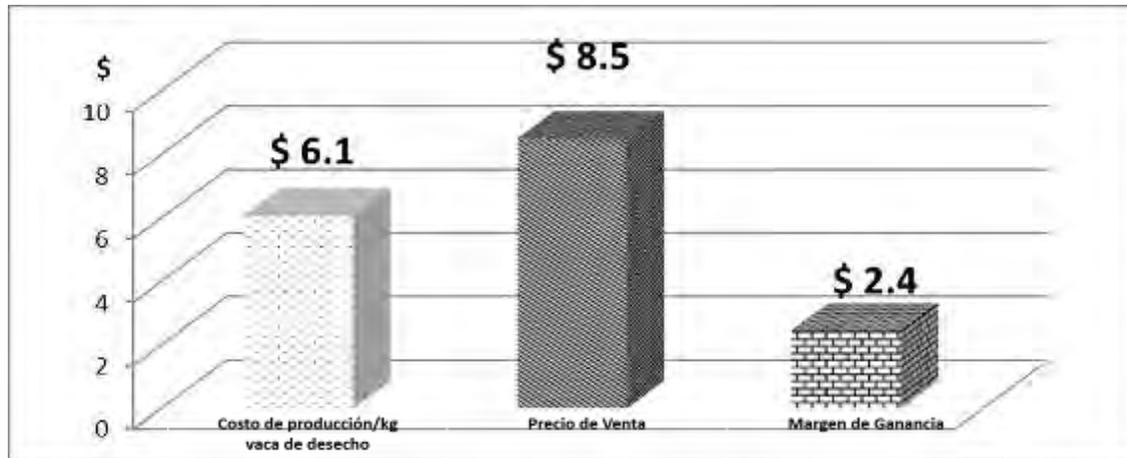


Figura 4. Costo de producción y margen de ganancia por kg de vaca de desecho producido en el rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante el periodo de producción: mayo 2013 a abril 2014.

Cuadro 3. Revolvencia económica del rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante la etapa de producción: mayo 2013 a abril 2014. (pesos).

Mes	Egresos	Ingresos	Diferencia	Acumulado
Mayo	59,944	92,513	32,569	32,569
Junio	45,450	75,758	30,308	62,877
Julio	63,588	86,616	23,028	85,905
Agosto	48,942	76,946	28,004	113,909
Septiembre	63,491	77,472	13,981	127,890
Octubre	66,833	62,154	-4,679	123,211
Noviembre	63,664	51,683	-11,981	111,230
Diciembre	57,933	56,403	-1,530	109,700
Enero	64,052	55,464	-8,588	101,112
Febrero	55,628	75,255	19,627	120,739
Marzo	61,908	64,001	2,093	122,832
Abril	61,380	94,963	33,583	156,415
TOTAL	712,813	869,228	156,415	

Conclusiones

Los resultados indican que los índices de eficiencia productiva son satisfactorios ya que superan al promedio del trópico.

Se concluye que el invertir en ganado de razas especializadas en producción de leche es prometedor utilizando la tecnología generada por el INIFAP, al obtener de utilidad 21.9 centavos por cada peso invertido y márgenes de ganancia aceptables de \$1.3 a \$2.4 dependiendo del producto.

La inversión inicial para gasto de operación se recupera en el primer mes en el rancho “Santa Cruz” con ganado Suizo Pardo durante el periodo de producción: mayo 2013 a abril 2014.

Literatura citada

Aguilar, B. U., J. Lagunes L., H. Bueno D. y J. M. Pérez S. 2001. Metodología para la evaluación económica en ranchos ganaderos de doble propósito. Memoria día del ganadero. INIFAP, Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Veracruz-México. p 51-70.

Améndola, R., E. Castillo y A. Martínez P. 2005. Country pasture/forage resource profiles. México. In: Country pasture profiles. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Mexico/Mexico2.htm>. (consultado en mayo de 2017).

Calderón R. R. C., J. O Hernández V., S. Olazarán J., J. J. M. Ramírez G., J. V. Rosete F., A. Ríos U., et al. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Sitio Experimental “Las Margaritas”, Libro Técnico Núm. 18. Hueytamalco, Pue., México. 156 p.

Cervantes, F., J. Camacho, A. Cesín. 2014. El sistema lácteo mexicano después del TLCAN. Caballotti B, et al coord. La ganadería mexicana a 20 años del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Universidad Autónoma Chapingo.

FAO-FEPALE, 2012. Situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Lechera. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de producción y Sanidad Animal 6-69.

García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. UNAM, México D. F.

García L. A. 2001. Estrategias de las agroindustrias lecheras latinoamericanas. Estudio comparativo ante el proceso de globalización económica. Rev. Mex. Agroneg. (9):263-273.

Koopel, R.E.T., G.A. Ortiz O., A. Avila D., J. Lagunes L., O.G. Castañeda M., I. López G., et al. 2002. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. INIFAP.CIRGOC. Libro Técnico 2ª edición. Núm. 5. Veracruz, México. 158 p.

Martínez, C.C.J., J. Coterá R. y J. A. Zavaleta. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. XVI 30:816-824.

Rodríguez, A.R., M.B. Mejía, B.H. Camberos, R. Ochoa, F. Ruvuna, y A.A. Schunemann. 2007. Producción de leche de los diferentes cruzamientos con Holstein en el CEIEGT FMVZ UNAM de Martínez de la Torre, Veracruz. p. 1-6.

SIAP. 2016. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp. (consultado en mayo de 2017).

Teyer, B.R., J.G. Magaña, J. Santos, y C. Aguilar. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 4(37):363-370.

ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO EN VERACRUZ, MÉXICO

Martha Eugenia Valdovinos Terán^{428*}, José Antonio Espinosa García⁴²⁹, Alejandra Vélez Izquierdo⁴²⁹ y Kate Dayanne Uribe Chagal⁴³⁰

Resumen

La ganadería de doble propósito se caracteriza por su estabilidad y flexibilidad, lo cual le ha permitido sobrevivir, aún bajo situaciones climáticas, económicas y sociales difíciles. La situación actual de atraso productivo, se debe a la limitada adopción tecnológica, por consiguiente, se asume que el uso de tecnología determina los resultados técnicos y económicos de la producción. Se integró información social, económica, productiva y de uso de prácticas de manejo y administrativas (Cuadro 1), realizadas por 108 productores del estado de Veracruz en sus unidades de producción a través de la Asistencia Técnica y Capacitación, durante el periodo diciembre 2013 - noviembre 2014 y diciembre 2014 - noviembre 2015. La información fue registrada mensualmente por los productores, la cual fue capturada e incorporada a una base de datos por los asesores técnicos que atendían a dichos productores. Con esta información se construyó una variable sintética como índice total de uso de prácticas de manejo y administrativas (IT). Se clasificaron las 108 Unidades de Producción (UP) en tres grupos: 1) UP con IT bajo, aquellas con $0 > IT < 0.33$; 2) UP con IT medio, aquellas con $0.34 > IT < 0.66$ Y 3) UP con IT alto, aquellas con $0.67 > IT < 1.0$. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t para muestras independientes, el análisis de la información se realizó en el paquete estadístico SAS versión 9.3. El efecto de la asistencia técnica y la capacitación de los productores de bovinos de doble propósito se refleja en la aplicación de prácticas que cotidianamente no realizan los productores pecuarios del país, como es el caso de la identificación de los animales y la implementación de registros técnicos y económicos. Implementar prácticas de manejo y actividades administrativas representan ventajas productivas y económicas para los productores del sistema bovino de doble propósito, además de generar información para la estimación de indicadores de eficiencia productiva y económica que permite la evaluación de las acciones de asistencia técnica y capacitación que financia el gobierno mexicano.

⁴²⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental "La Posta". *valdovinos.martha@inifap.gob.mx.

⁴²⁹ 2Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CENID Fisiología.

⁴³⁰ 3Prestador de Servicios Profesionales.

Palabras clave: transferencia de tecnología, socioeconomía

Introducción

En la actualidad, las vacas de doble propósito presentan ciclos bianuales de producción, destetan becerros de 150 kg y producen menos de 700 litros de leche por lactancia. La venta de leche genera fondos para la operación diaria, y el becerro representa la utilidad monetaria del sistema, para que el productor resuelva necesidades de la economía familiar o capitalice la unidad de producción. La ganadería de doble propósito se caracteriza por su estabilidad y flexibilidad, permitiendo sobresalir, aún bajo situaciones difíciles de condiciones climáticas, económicas y sociales. De acuerdo con autores como Ahuja et al. (2010) y Espinosa et. al. (2007) la situación actual de atraso productivo, se debe a la limitada adopción tecnológica, por consiguiente, se asume que el uso de tecnología determina los resultados técnicos y económicos de la producción.

Existen estudios de evaluación de tecnologías aplicados a sistemas de producción de bovinos de doble propósito. Por ejemplo, se han indicado análisis del nivel tecnológico de unidades de producción (UP) de doble propósito en Venezuela; por su parte, en Ecuador han indicado la identificación de paquetes tecnológicos en ganadería de doble propósito y Cuevas et al. (2016), evaluaron las tecnologías utilizadas en sistemas de doble propósito en Sinaloa, México. Las tecnologías evaluadas en estos trabajos se enfocan principalmente a las que tienen relación con las áreas de la zootecnia, como nutrición, reproducción, genética, sanidad y forrajes. Sin embargo, en México no se han estudiado las prácticas y actividades que se enfocan a la gestión, organización y administración de las UP, aplicadas a los Sistemas Bovinos de Doble Propósito (SBDP). Por estas razones, se planteó este estudio que tiene como objetivo describir el uso de las prácticas de manejo y actividades administrativas promovidas por la asistencia técnica y la capacitación que reciben los productores del SBDP en el sur de Veracruz, México. Los resultados de este estudio permitirán identificar sus ventajas económicas y productivas y con ello generar información que retroalimente a las instituciones de investigación, a las de desarrollo y a los productores mismos, para promover su aplicación.

La alimentación en la ganadería de doble propósito presenta deficiencias lo que repercute en pérdidas en la producción y en el beneficio económico, por tanto, las posibilidades de incrementar la producción dependen de la intensificación de los procesos mediante la adopción de tecnologías. Por esto, el objetivo de este trabajo es identificar el uso de asistencia técnica y capacitación en unidades de producción bovina de doble propósito en Veracruz, México.

Materiales y métodos

Se integró información social, económica, productiva y de uso de prácticas de manejo y administrativas (Cuadro 1), realizadas por 108 productores del estado de Veracruz en sus UP a través de la Asistencia Técnica y Capacitación, durante el periodo diciembre 2013 - noviembre 2014 y diciembre 2014 - noviembre 2015. La información fue registrada mensualmente por los productores, capturada e incorporada a una base de datos por los asesores técnicos que atendieron a dichos productores. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t para muestras independientes, el análisis de la información se realizó en el paquete estadístico SAS versión 9.3.

Cuadro 1. Variables sociales, económicas y productivas que integran la base de datos.

Sociales (Valor anual)	Económicas (\$ / mes)	Productivas (Valor mensual)
1. Edad	1. Ingresos por venta de leche y carne	1. Producción de leche (litros)
2. Escolaridad	3. Costos de insumos alimenticios	2. Número de vacas en ordeño
3. Género	4. Costos de mano de obra	3. Peso del becerro al nacimiento (kg)
	5. Costos de salud	4. Peso del becerro al destete (kg)
		5. Días al destete
		6. Número de vientres
		7. Hato total (unidades animal)

Resultados y discusión

Las prácticas realizadas por los 108 productores se distribuyeron en tres grupos, de acuerdo a la aplicación de prácticas de manejo y actividades administrativas, solo el 35% de productores aplican un índice total alto de estas prácticas ($0.67 > IT < 1.0$), lo cual indica el desconocimiento por parte de los productores de las ventajas que les puede representar su aplicación.

Características socioeconómicas del productor y de su unidad de producción. En el cuadro 2 se presenta la edad y escolaridad de los productores analizados, ambas variables no fueron diferente de forma significativa, sin embargo; con respecto a la escolaridad que es otra variable considerada de tipo social si hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.001$), como en el caso del número de años que tienen recibiendo asistencia técnica, que para el caso de los productores del grupo alto tienen en promedio 10 años, situación que no es común en productores pecuarios del país (Cuevas et al., 2014).

Cuadro 2. Promedios por grupo de las variables socioeconómicas del productor y su unidad de producción de doble propósito en el trópico mexicano.

Variables socioeconómicas	Nivel de productores con aplicación de prácticas de manejo y administrativas ¹		
	Bajo	Medio	Alto
Edad (años)	52 ± 1.3 ^a	51 ± 1.40 ^a	57 ± 2.77 ^a
Escolaridad (años cursados)	4 ± 0.42 ^b	3 ± 0.45 ^b	8 ± 0.89 ^a
Años de recibir asistencia técnica	6 ± 0.45 ^b	5 ± 0.48 ^b	10 ± 0.96 ^a
Has dedicadas a la ganadería	51 ± 6.90 ^{ab}	49 ± 7.42 ^b	88 ± 14.71 ^a
Número de vientres	35 ± 3.55 ^a	37 ± 3.79 ^a	46 ± 7.55 ^a
Hato total (unidades animal)	65 ± 6.86 ^a	71 ± 7.33 ^a	102 ± 14.49 ^a

¹ Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos.

Aplicación de prácticas de manejo y de actividades administrativas. La aplicación de las 14 prácticas de manejo y actividades administrativas analizadas tuvo un comportamiento variado por tipo de productor: hay prácticas que tienen un nivel de uso alto en los tres tipos de productores, como es el caso de los registros de ingresos y egresos, la identificación del ganado, el registro del pesaje de leche y el manejo de la pradera, las tres primeras variables, sin duda es el efecto de la asistencia técnica recibida, que promueve el uso de registros, en cambio el manejo de la pradera es el resultado del tipo de alimentación que recibe el ganado, que es el pastoreo y por lo tanto los productores se enfocan a mantener condiciones adecuadas de la pradera, para garantizar el alimento del ganado. Por el contrario, hay prácticas de manejo y administrativas cuya aplicación es baja en los tres tipos de productores, sobresaliendo la compra de insumos y la venta de producto en grupo, lo cual refleja un comportamiento común de los productores agropecuarios del país, cuyo nivel de organización con fines económicos es mínimo.

Indicadores de eficiencia productiva y económica. En este apartado se relaciona el nivel de aplicación de prácticas de manejo y actividades administrativas con la eficiencia técnica y económica alcanzada en la unidad de producción. La producción de leche por vaca por día, se incrementa más de un litro por vaca por día, respecto a los productores del grupo bajo y más de medio litro respecto a los productores del grupo medio, situación que refleja en el ingreso del productor, dado que puede vender más leche por año. En la variable de ganancia diaria del peso, no se observaron diferencias significativas, los valores son similares en los tres tipos de productores, mostrando con ello que la producción de carne de bovino en este sistema de producción representa una fuente de ingreso importante. Respecto a las variables relacionadas con la eficiencia económica, se observa el efecto positivo de llevar un mayor manejo y control administrativo, dado que los niveles de rentabilidad son mejores en los

productores del grupo alto, y esta eficiencia se refleja también al obtener un menor costo de producción de 1 kg de carne.

Conclusiones

1. La asistencia técnica y la capacitación de los productores de bovinos de doble propósito tiene efecto positivo en la aplicación de prácticas de administración y manejo. Estas prácticas a menudo no son realizadas por los productores pecuarios del país, como es el caso de la identificación de los animales y la implementación de registros técnicos y económicos.
2. Implementar prácticas de manejo y actividades administrativas representan ventajas productivas y económicas para los productores del sistema bovino de doble propósito, además de generar información para la estimación de indicadores de eficiencia productiva y económica que permite la evaluación de las acciones de asistencia técnica y capacitación.

Literatura citada

Ahuja, A. C., F. Montiel P., P. Pérez H., J. A. Villanueva J. y J. A. Reta M. 2010. Interés de productores bovinos de doble propósito por la transferencia de embriones para la mejora genética. En: Memoria de la XXIII Reunión Científica – Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y II del Trópico Mexicano 2010. Veracruz, México. 216 p.

Cuevas, R. V., J. Vaca del M., F. Cervantes E., J. Aguilar A., J. A. Espinosa G. 2014. Análisis del capital humano proveedor de la asistencia técnica pecuaria en Sinaloa. *Revista Región y Sociedad*. Año XXVI (59):151-182.

Cuevas, R. V., A. Loaiza M, J. A. Espinosa G., A. Vélez I. y M. D. Montoya F. 2016. Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos de doble propósito en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(1):69-83.

Espinosa, J. A., A. Aguilar B., H. Román P., A. Contreras H., L. Martínez J., E. Trujillo J. et al. 2007. Factores económicos que impactan los sistemas bovinos de doble propósito y lechería tropical de Veracruz, México. p. 105-116. In: Cavallotti, B. A.; Ramírez, V. B. y Marcof, A. C. F. (Coords.). *Alternativas para el desarrollo sustentable de la ganadería*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

PROTOTIPO LOCALIZADOR DE BOVINOS “COWSAK”

Eleny Ramos López¹, Alan Rebolledo Orbe¹ y Kevin Rios Lagunes^{1*}

Resumen

El objetivo del trabajo es proporcionar una mejor administración de animales de campo ya que existe la problemática en los ganaderos que pierden miles de pesos al momento de extraviar un animal, es por eso que llegamos a la conclusión de realizar un dispositivo de rastreo para localizar las vacas de una manera más fácil con la finalidad de optimizar el tiempo de búsqueda así como disminuir la pérdida de los animales en terrenos con extensas áreas de potreros. Se realizó una aplicación para que el usuario desde cualquier parte con acceso a internet pueda administrar los movimientos de sus animales para que así con una simple llamada este pueda informar a sus trabajadores donde se encuentra el animal. Utilizando la tecnología del mapa que nos proporciona google podremos ubicar de una manera más fácil y sencilla a los animales. El objetivo es poder localizar los animales de campo (*Bos primigenius taurus*) por medio de la tecnología de radiofrecuencia que permite emitir señales por medio de sensores extrayendo las coordenadas del módulo GPS; proporcionar los datos a un servidor de forma local; situar coordenadas en el mapa para obtener la ubicación aproximada ya que cuenta con un margen de error de 10 m; realizar la búsqueda en el rango mencionado de forma terrestre y proporcionar alertas al usuario si la vaca excedió los límites de la señal. Las zonas ganaderas que cuentan con bovinos pierden miles de pesos al momento de extraviar un animal de este tipo. Analizando los resultados obtenidos por encuestas hechas por el sistema agropecuario del INEGI, en zonas ganaderas de México durante los años 2007 – 2012 registraron más del 3.5% de pérdidas en la zonas con dificultades de encontrarlas y un 2.8% que se encuentren sin vida. Ya que estas no cuenta con un sistema localizador y administrador de sus animales y sólo hacen un rastreo terrestre con la gran desventaja del tiempo perdido a través de las extensas áreas recorridas; es por esto que nos dimos a la tarea de generar un prototipo localizador de vacas mediante el cual nos permita ubicar su establecimiento.

Lo que llama la atención en las zonas ganaderas es exactamente la pérdida de tiempo que los encargados ocupan para encontrar a los animales. Es un problema que ocasiona pérdidas económicas elevadas y muchas veces no logran encontrarlos. Para esto se plantea la solución a los problemas que se generan en esta zona proporcionándoles un localizador fácil de utilizar.

Introducción

En este artículo se presenta el desarrollo del prototipo localizador “cowsak”, éste a su vez usa la tecnología de la radiofrecuencia para poder operar, también denominado espectro de radiofrecuencia. Es un término que se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre los 3 kilohercios (KHz) y 300 gigahercios (GHz). Esta se mide en hercios. El hercio es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas y corresponde a un ciclo por segundo. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena. Para este proyecto se emplea esta tecnología pero aplicándola de una manera similar a los RFID; estos son unos pequeños dispositivos que pueden almacenar información y la transmiten a un receptor. Este proyecto hace uso del mismo principio, pero aplicándolo de otra forma; este proyecto nació de la necesidad de ayudar a disminuir el abigeato en las zonas ganaderas del sur del estado de Veracruz, ya que amigos de los autores sufrieron este terrible mal que azota con sus bienes, que en ciertos casos llegan a ser pérdidas de varios miles de pesos ya que solo un bovino (*Bos primigenius taurus*) puede llegar a costar un aproximado de \$15,000.00. Este proyecto se encuentra en fase de prototipo, pero se esperan grandes avances a futuro que logren combatir el abigeato que tanto ha azotado la economía de los productores ganaderos. Cabe mencionar que este proyecto aun está en desarrollo por lo que aún se maneja como prototipo, como se mencionó anteriormente se espera que al paso de los años se pueda lograr un cambio en la seguridad del patrimonio de los productores ganaderos.

Materiales y métodos

Se utilizó la metodología de Scrum, un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras y su selección tiene origen en un estudio de la manera de trabajar en equipos altamente productivos.

En Scrum se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Por ello, Scrum está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales.

Scrum también se utiliza para resolver situaciones en que no se está entregando al cliente lo que necesita, cuando las entregas se alargan demasiado, los costes se disparan o la calidad

no es aceptable, cuando se necesita capacidad de reacción ante la competencia, cuando la moral de los equipos es baja y la rotación alta, cuando es necesario identificar y solucionar ineficiencias sistemáticamente o cuando se quiere trabajar utilizando un proceso especializado en el desarrollo de producto.

Scrum es el nombre con el que se denomina a los marcos de desarrollo ágiles caracterizados por: adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto; basar la calidad del resultado más en el conocimiento tácito de las personas en equipos auto organizados, que en la calidad de los procesos empleados; solapamiento de las diferentes fases del desarrollo, en lugar de realizar una tras otra en un ciclo secuencial o en cascada.

La guía fue la metodología mencionada por que es la mejor estructurada y adecuada para este tipo de proyecto. Cuenta con las fases necesarias: entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, esto quiere decir que al momento de tener el localizador instalado en el racho de inmediato tendrá una mejor visualización de sus animales y cuidado de estos; también hablamos sobre la innovación, exactamente eso es lo que hacemos innovamos, cambiaremos la vigilancia de un rancho de algo pesado a algo muy fácil y rápido de ocupar, facilitará la búsqueda de los animales y será una gran innovación a toda la zona ganadera, sobre la competitividad no podremos hablar mucho ya que no tenemos ningún tipo de competencia, porque no se ha logrado ningún tipo de localizador como este en este país, sería el primer localizador de radiofrecuencia en el país, por lo consiguiente la flexibilidad y la productividad son fundamentales en el proyecto ya que cuenta con una flexibilidad y productividad del producto muy bueno porque es un producto que se puede solicitar en cualquier momento.

Las herramientas que se utilizarán para la solución Hardware y Software se mencionan a continuación:

- Placa Arduino Uno
- Cables dupont hembra – hembra, macho – hembra y macho – macho.
- Sensores RF emisor y receptor
- Módulo GPS
- Antena amplificadora de 5DB
- Plataforma de desarrollo Visual studio

Procedimiento

1. Conectar sensor RF emisor al arduino “nano” por medio de los cables dupont (Dependiendo los pines son los cables que se utilizarán).
2. Conectar el módulo GPS al arduino “nano” por medio de los cables dupont (Dependiendo los pines son los cables que se utilizarán).

3. Conectar arduino “nano” a la pila de 12 v por medio del cable de corriente.
4. Conectar sensor RF receptor al arduino “uno” por medio de los cables dupont (Dependiendo los pines son los cables que se utilizarán) .
5. Conectar Antena al arduino “uno” por medio de los cables dupont (Dependiendo los pines son los cables que se utilizarán).
6. Conectar arduino uno al servidor local por medio del cable de datos (Usb).

El procedimiento que se llevará a cabo para hacer posible la transferencia de datos es el siguiente:

Conectamos el arduino nano a la pila de 12V esperando unos segundos para que el emisor emita las ondas al aire.

Conectamos el arduino “uno” al servidor local esperando que el receptor detecte las ondas de radiofrecuencia, de esta manera será posible obtener los datos que genere el emisor. En este caso los datos que nos proporcionará el emisor serán los siguientes:

- Identificador del emisor
- Latitud
- Longitud

El receptor mostrará a través de una interfaz gráfica los datos que el emisor nos proporcione, de esta manera introduciremos los datos tanto la longitud y la latitud para así poder ubicar las coordenadas del emisor en el mapa.

Resultados y discusión

Se espera a partir del desarrollo de este sistema se logre un impacto en el cual se pueda mejorar la seguridad en el entorno agropecuario, más enfocado a las zonas ganaderas del sur del estado de Veracruz; en primera instancia se pretende:

- Optimizar la búsqueda de los animales.
- Evitar pérdidas económicas
- Establecer control sobre los animales
- Emitir la ubicación del animal teniendo en cuenta un margen de error de aproximadamente 10 m.

Cabe destacar que CowSak es un prototipo funcional que realiza la búsqueda de los bovinos en áreas extensas; permite establecer coordenadas adecuadas al servidor local por medio de la tecnología de radiofrecuencia. El usuario tiene los privilegios de ver la ubicación de sus vacas en el mapa que se encuentra alojado en el sistema.

Literatura consultada

Encuesta Nacional Agropecuaria. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Encuesta Nacional Agropecuaria. 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Morales, J. 2017. ¿Qué es y cómo funciona la tecnología RFID?. La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID). (consultado el 1 de julio de 2017).

Metodología SCRUM. 2013. International Journal of Emerging Technology and Advance Engineering (Traditional SDLC Vs Scrum Methodology – A Comparative).

DEMANDAS DE CAPACITACIÓN TECNOLÓGICA DE LOS EXTENSIONISTAS QUE ATIENDEN A APICULTORES EN MÉXICO

José Antonio Espinosa García^{431*}, Venancio Cuevas Reyes⁴³², Alejandra Vélez Izquierdo⁴³¹ y
Raymundo Vázquez Gómez⁴³³

Resumen

Con el objetivo identificar los requerimientos de capacitación que requieren los extensionistas que atienden a los apicultores mexicanos, contribuir con información para el diseño de programas de capacitación y mejorar la innovación de la apicultura del país, se encuestaron a 75 extensionistas en 2016 que proporcionaron asistencia técnica a igual número de grupos de apicultores que participaron en el programa de la SAGARPA, de apoyo a pequeños productores en 17 estados de México. La encuesta indagó sobre los temas de las áreas de Nutrición, Salud, Genética, Reproducción, Manejo de Apiario y Administración, como necesidades de capacitación de los extensionistas para mejorar el soporte técnico y la capacitación brindada a los apicultores del país. Los resultados muestran que los 75 extensionistas–mencionaron 383 demandas de capacitación tecnológica, siendo el área de salud la de mayor frecuencia con 124 demandas, el tema más importante de esta área fue el de control parasitario de las abejas; la segunda área de importancia fue la de manejo del apiario con 119 demandas, en donde el tema de mayor frecuencia fue el de buenas prácticas de producción de miel; la tercer área fue nutrición, con 64 demandas, siendo la alimentación energético-proteica el temas más importante. Se concluye que las demandas de capacitación de los extensionistas se enfocaron en el área de producción y otros productos que se obtienen de la colmena además de la miel, y en muy bajos porcentajes lo relacionado con temas orgánicos y certificaciones, lo cual refleja su reconocimiento de la importancia de la tecnología para mejorar la innovación de la apicultura que practican los pequeños productores.

⁴³¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. *espinosa.jose@inifap.gob.mx.

⁴³² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México.

⁴³³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal.

Palabras clave: extensionismo, apicultura, capacitación, demandas tecnológicas

Introducción

La apicultura es la explotación racional de las abejas (*Apis mellífera* L.), aplicando las técnicas modernas de manejo para producción de miel, polen, jalea real, cera y propóleos, así como para el uso de las abejas en la polinización de cultivos agrícolas (De Freitas y Piñeiro, 2013). México es uno de los principales productores y exportadores de miel en el mundo, por ello la apicultura es una de las actividades pecuarias importantes, que se realiza en todo el territorio nacional. Al respecto, se reconoce que existen aproximadamente 41,000 apicultores que manejan 1.9 millones de colonias de abejas (SIAP, 2015).

La actividad apícola mantiene una estrecha dependencia con las condiciones climáticas, esto se refleja en su comportamiento irregular en los últimos 35 años, tanto en el inventario como en la producción, aunque en promedio de 1980 a 2015, se produjeron 58,182 ton de miel, con 1'981,583 colmenas y un rendimiento promedio de 29.4 kg por colmena, estas variables presentaron tasas negativas de crecimiento de -0.5 % (SIAP, 2015).

Se ha indicado que en México existen cinco regiones apícolas: Altiplano, Golfo, Costa del Pacífico, Norte y Península de Yucatán, las regiones están definidas en base al tipo de clima y vegetación predominante lo que le confieren características particulares a la miel que se producen en cada una de las regiones. La región Península de Yucatán es la más importante, en promedio de 1980 a 2013 aportó el 34% de la producción de miel nacional, aunque con una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) negativa de -1.4. La segunda región en importancia es el Altiplano que contribuyó en este mismo periodo con el 24% de la producción nacional con una TMCA positiva de 0.4 (SIAP, 2015).

Si bien la producción de miel y otros productos apícolas dependen en buena medida de las condiciones agroecológicas, también influye la tecnología que apliquen los apicultores en sus unidades de producción. Por ello un programa de transferencia de tecnología es vital para incrementar la producción de miel en México, como lo es la asistencia técnica que reciben los productores, al acceder a los distintos programas de apoyo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), quien contrata a extensionistas por ciclo productivo. Las acciones que realizan estos extensionistas es elaborar un programa de trabajo que contempla la asesoría técnica y la capacitación en un conjunto de prácticas tecnológicas y actividades organizativas y de gestión de las unidades de producción, con el objetivo de apoyar a los productores para que aumenten su eficiencia y faciliten su incorporación a las cadenas de valor (OECD, 2011). Sin embargo, este objetivo no se ha logrado en muchos de los casos, porque no existe continuidad de los programas, ni tampoco existe un sistema efectivo de seguimiento y capacitación de los extensionistas

(OECD, 2011). Por lo tanto, un problema central que se reporta en el desarrollo del sector rural del país, es la falta de adopción de tecnologías por parte de los productores (Landini, 2016).

Los extensionistas que trabajan con los apicultores deben tener conocimientos técnicos sólidos para lograr que los apicultores incorporen innovaciones en sus unidades de producción; estos conocimientos pueden ser aportados mediante capacitación no formal, proporcionada por las instituciones que generan la tecnología, como es el caso los Centros Públicos de Investigación y las Universidades Agropecuarias en México (Cuevas et al., 2016), y transferida a los productores rurales mediante instituciones intermedias con el apoyo del sector financiero, actores que en conjunto conforman el Sistema Mexicano de Innovación (Ekboir et al., 2003). De funcionar este sistema el nivel tecnológico de las unidades de producción agropecuaria del país mejoraría, aunque un estudio realizado por la OECD (2011) señala que en México no existe un sistema de extensión agrícola específico como tal, ni un proceso de capacitación continuo, por ello se plantea en el presente estudio como objetivo identificar los requerimientos de capacitación que necesitan los extensionistas que atienden a los apicultores mexicanos, para generar y contribuir con información para el diseño de programas de capacitación y con ellos mejorar la innovación de la apicultura del país.

Materiales y métodos

Se aplicó una encuesta a 75 extensionistas que atendieron a grupos de apicultores que fueron beneficiarios del componente de extensionismo, del Programa de apoyo a los pequeños productores de la SAGARPA en 17 estados de México, con servicios de extensión, innovación y capacitación para incrementar la producción agroalimentaria (Figura 1). La encuesta incluyó preguntas relacionadas a su formación profesional, así como a los temas específicos relacionados con las áreas de manejo del apiario, nutrición, genética, reproducción, administración y sanidad.

La información generada en las encuestas se capturó en una hoja de Excel y se analizó por medio de frecuencia y porcentajes; se complementó esta información secundaria analizando los programas de trabajo que elaboró cada uno de los extensionistas, así como el análisis de las agendas de innovación y los programas estratégicos del sistema producto apícola de cada estado donde se aplicaron las encuestas.

Cuadro 1. Demandas de capacitación de los extensionistas que atienden a apicultores, por área de la zootecnia.

Estado	Administración	Alimentación	Genética	Manejo	Reproducción	Sanidad	No. De Extensionistas
Baja California	4	2		5		7	3
Campeche	1	1		2	2	5	5
Chiapas		9		17		13	6
Estado de México		1		5	1	5	2
Guanajuato	2	8	2		10	9	3
Guerrero			1	19	2	3	5
Hidalgo	2	6	6		2	5	4
Jalisco	1		2	2	1	1	2
Michoacán	1	4		4		6	3
Morelos	1	1		2	1	3	2
Nayarit	1	2		1		3	2
Oaxaca		1				2	2
Puebla		7	2	6	3	3	3
San Luis Potosí	1	3		1	1	2	3
Tamaulipas		2	1	1		1	1
Quintana Roo	5	6	1	5	3	18	3
Yucatán	6	11		49	10	38	26
Total	25	64	15	119	36	124	75

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta aplicada a extensionistas.

Demanda de capacitación por tema específico

Sanidad

Las disciplinas de alimentación, manejo y sanidad tuvieron una mayor cantidad de demandas de capacitación del total captadas en las encuestas aplicadas. En el área de sanidad, los temas con mayor demanda son los relacionados con el control de enfermedades, plagas y en menor porcentaje temas relacionados con la inocuidad de la miel (Figura 2). La importancia que los extensionistas le dan al tema de sanidad, tiene relación con la necesidad de los apicultores de mejorar su estatus sanitario, como lo reporta Vélez et al. (2016), al estudiar la apicultura del estado de Morelos, y lo reportado por Martínez y Pérez (2013) al estudiar la apicultura en el trópico húmedo en México, encontraron que las actividades relacionadas con el control de enfermedades y plagas fueron de las más realizadas por los productores. Por

esto se deduce que la sanidad es uno de los principales factores que afecta la producción de miel y otros productos de las abejas.



Figura 2. Temas específicos del área de sanidad en demandas de capacitación en porcentaje, identificadas por los extensionistas que atienden a apicultores en México.

Manejo del apiario

En cuanto al manejo del apiario, las demandas de capacitación versaron en temas en el área de la producción como buenas prácticas de producción de miel, conocimiento de innovaciones en el manejo de la colmena, en menor porcentaje el manejo de la reina y en temas relacionados con los productos como su diversificación y certificación orgánica de la miel (Figura 3). Este resultado es congruente con la importancia que los apicultores le confieren a las prácticas de manejo, como lo reporta Vélez et al. (2016), en apicultores de Morelos y De Freitas y Piñeiro (2013) en explotaciones apícolas de Brasil.

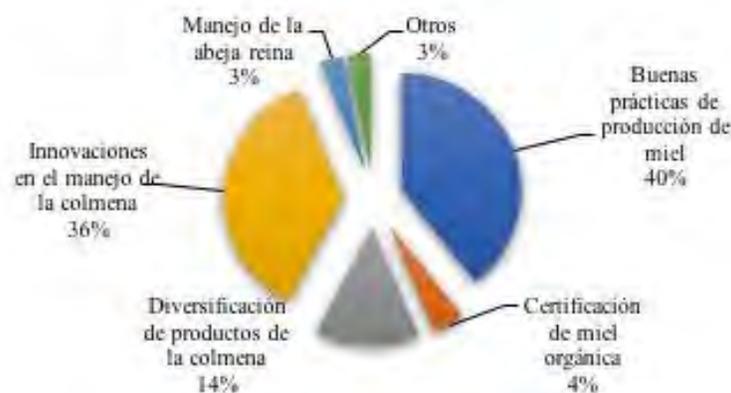


Figura 3. Temas específicos de capacitación del área de manejo del apiario identificadas por los extensionistas que atienden a apicultores en México.

Alimentación

Dar alimentación a las colonias de abejas se ha convertido en una prioridad en los últimos años, debido principalmente a la variación climática, lo cual propicia la variación de la floración y por tanto la variación en la disponibilidad de alimento para las abejas (Contreras et al., 2013), por esto, el área de alimentación es una de las tres áreas de mayor importancia, siendo los temas relacionados con alimentación energético-proteica y estrategias de alimentación para épocas críticas los de mayor frecuencia y en menor porcentaje el manejo de especies néctar poliníferas (Figura 4).

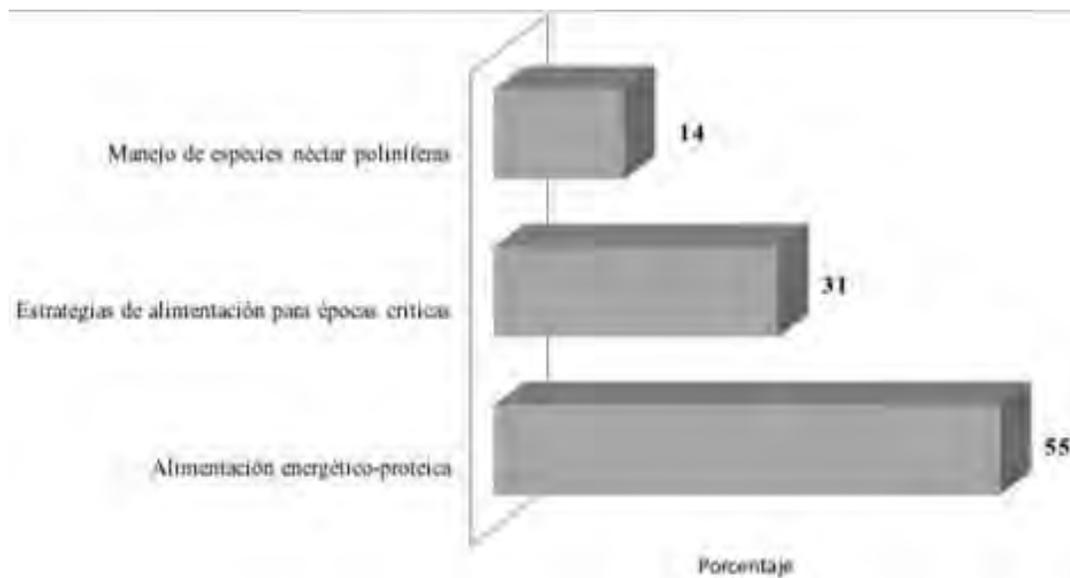


Figura 4. Temas específicos de capacitación en el área de alimentación identificados por los extensionistas que atienden a apicultores en México.

Otras áreas

El único tema que demandaron en el área de administración fue la implementación y manejo de registros técnicos y económicos. En el caso del área de genética predominó el tema de mejoramiento genético con el 87% de las demandas y el porcentaje restante fue el manejo de la reina. En cuanto a reproducción el tema más demandado fue la cría de abejas reina con el 90% y el tema de inseminación artificial con 10%.

Vinculación de los temas de capacitación con la transferencia de tecnología

El proceso de transferencia de tecnología considera tres actores: los investigadores, los extensionistas, y los apicultores; los primeros generan las tecnologías que difunden a los extensionistas para que estos a su vez las transfieran a los apicultores. Este proceso también contempla dos acciones, el soporte técnico y la capacitación, que se da a dos niveles, de los investigadores a los extensionistas y de estos a los apicultores. Es por ello que la

capacitación tecnológica es determinante para alcanzar la innovación de las unidades de producción apícolas.

De acuerdo con el estudio de la OECD (2011), existe una desvinculación entre las instituciones de investigación y las de extensión, predominado el enfoque de oferta en temas de capacitación, es decir, los investigadores no toman en cuenta las necesidades de capacitación de los extensionistas, situación que limita la apropiación de los conocimientos vertidos en los cursos impartidos, es por ello que los resultados presentados en este documento, pretenden romper ese círculo vicioso, esperando cambiar el enfoque de oferta por uno orientado a la demanda.

Conclusiones

Las demandas de capacitación de los extensionistas que atendieron a apicultores ligados al programa de extensionismo de la SAGARPA, fueron dirigidas a las áreas de sanidad, manejo del apiario y alimentación, por lo tanto, las de mayor importancia con respecto a las demás áreas de la zootecnia.

Las demandas de capacitación de los extensionistas se enfocaron en el área de producción y otros productos que se obtienen de la colmena además de la miel y en muy bajos porcentajes lo relacionado con temas orgánicos y certificaciones.

Los temas que demandan los extensionistas reflejan el reconocimiento de la importancia que tiene la tecnología para mejorar la innovación en la apicultura de los pequeños productores.

Agradecimientos

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron logrados bajo el soporte del proyecto “Apoyo al Extensionismo Rural de la SAGARPA 2016.

Literatura citada

Contreras, E. F., B. Pérez A., M. Echazarreta C., J. Cavazos A., J. Macías M. y J. Tapia G. 2013. Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(3):387-398.

- Cuevas R. V., A. Espejel G., G. Moctezuma L., C. A. Rosales N. y A. Tapia N. 2016. Análisis de las redes de financiamiento del sistema nacional de innovación agropecuaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(6):1297-1309.
- De Freitas, B.W. y E. Pinheiro De S. 2013. Nível tecnológico e seus determinantes na apicultura Cearense. *Revista de Política Agrícola XXII* (3):32-47.
- Ekboir, J., J. A. Espinosa G., J. J. Espinoza A., G. Moctezuma L. y A. Tapia N. 2003. Análisis del sistema mexicano de investigación agropecuaria. México, D. F. CIMMYT. 41 p.
- Landini, F. 2016. Problemas de la extensión rural en América Latina. *Perfiles Latinoamericanos* 24(47):47-68.
- Martínez, G. E. y H. Pérez L. 2013. La producción de miel en el trópico húmedo de México: avances y retos en la gestión de la innovación. Texcoco, México. Libro técnico, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Méx.
- OECD (Organisation of Economic Co-operation and Development). 2011. Análisis del extensionismo agrícola en México. OECD. Paris. 72 p.
- Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2015. Cierre de la producción pecuaria por Estado 2013. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-produccion-anual>. [consultado el 3 de abril de 2015].
- Vélez, I. A., J. A. Espinosa G., R. Amaro G. y M. E. Arechavaleta V. 2016. Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(4):507-524.

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático



SUSTANCIAS ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE UREDOSPORAS DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)

Gerardo Alvarado-Castillo^{434*}, Vianey del Rocío Torres-Pelayo⁴³⁵, Sandra Lizveth Enríquez-López⁴³⁵,
Gustavo C Ortiz-Ceballos⁴³⁴ y Gabriela Sánchez-Viveros⁴³⁴

Resumen

La roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome) es un problema fitosanitario agresivo y severo del cultivo del café a nivel mundial. Su manejo se basa en el control químico y genético, no obstante, en el primero se presentan serias desventajas por el riesgo que representa al ambiente y la salud humana, tanto por su manipulación directa, como por sus efectos residuales y en el segundo caso, los híbridos están perdiendo su resistencia por el gran potencial evolutivo de la roya, debido a su tamaño de población, tasa de mutación, sistemas de reproducción, etc., lo que le permite a este hongo escapar de programas de control basados en estas estrategias. Ante ello es necesario buscar alternativas de control de esta enfermedad, enfocadas al manejo de sus estructuras reproductivas (ya que al reducir la cantidad de uredosporas, se tendría menor grado de infección), por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el daño a las uredosporas y la inhibición de su germinación, producida por diversas sustancias alternativas como detergente líquido, extracto etanólico foliar de *Piper aduncum* L, plata y cobre coloidal en diferentes concentraciones. Se encontró que los tratamientos con mayor respuesta son el detergente en todas sus dosis (LD3=85%, LD2=85% y LD=83%) y las concentraciones más altas de *Piper aduncum* L (EL2=76%, EL3=76%) y del cobre coloidal (C3=76%), todas las cuales estuvieron por encima del testigo comercial (Oxicloruro de cobre=68%). Estas sustancias son potencialmente capaces de reducir la cantidad de inóculo en condiciones de laboratorio, lo que sugiere que podrían alterar el ciclo biológico, reproducción y grado de infección de la enfermedad.

Palabras clave: control alternativo, producción de café, *Piper aduncum* L, uredosporas

⁴³⁴ Posgrado en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Circuito Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria CP. 91090 Xalapa Enríquez, Veracruz, México, e-mail: gerardoalvaradoc@hotmail.com

⁴³⁵ Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Circuito Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria CP. 91090 Xalapa Enríquez, Veracruz, México.

Introducción

Históricamente la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome) es el problema fitosanitario más agresivo y severo del cultivo del café a nivel mundial (Cabral et al., 2009; Haddad et al., 2014). Sus efectos son la consecuencia de una compleja combinación de factores biológicos, técnicos, económicos y sociales (Avelino et al., 2006), resultando pérdidas de al menos 40% en el rendimiento de este cultivo (Avelino et al., 2013). Su manejo tradicionalmente se ha fundamentado en el control químico y genético. En el primer caso, a través de fungicidas sistémicos y productos a base de cobre, los cuales han tenido cierta efectividad (Haddad et al., 2014; Rolz et al., 2013), pero que presentan serias desventajas por la contaminación y residualidad que ocasionan en el ambiente.

Con respecto al control genético, por medio de la generación de híbridos resistentes (como las variedades Colombia, Costa Rica, Oro Azteca, Pluma Hidalgo y otros Catimores), éste no ha representado un control definitivo (Várzea y Marques, 2005) debido a que *H. vastatrix* tiene las características de una especie con gran potencial evolutivo, debido a su proliferación, ya que su tamaño de población alcanza una producción de 300 mil a 2 millones de uredosporas (estructuras reproductivas) por pústula (Maia et al., 2013), por lo que existe mayor probabilidad de eventos de mutación, así mismo, presenta gran capacidad de dispersión, asociada a factores como lluvia, insectos, personas y viento (Maia et al., 2013). Otro factor es su sistema de reproducción tanto sexual, asexual, como sexual oculta (cryptosexuality), ya que existen evidencias de la aparición de cariogamia y meiosis en las uredosporas (Carvalho et al., 2011) que beneficia su diversidad genética. Finalmente, la presión de selección (incrementada por el uso del control químico), puede en su conjunto, explicar la pérdida de resistencia en ciertas variedades (Avelino et al., 2013), lo que le permite a este hongo escapar de programas de control basados en estas estrategias.

Ante esta situación surge la necesidad de buscar alternativas que sean sostenibles a largo plazo (Nina et al., 2011), que permitan implementar acciones de manejo oportunas ante esta enfermedad, no sólo con el fin de mantener la productividad del café, sino también de cumplir con los estándares para mercados especializados en producción orgánica (Haddad et al., 2009). Una estrategia promisorio es la utilización de sustancias alternativas, tales como extractos vegetales, aceites, jabones, homeopatía y otros compuestos que no representan riesgos al ambiente, que sean inocuos para el ser humano y tengan bajo costo, de tal manera que se ajusten a las condiciones actuales de la cafecultura y puedan ser utilizados como complemento en programas de manejo integrado. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial de cuatro sustancias alternativas para el manejo de la roya del café.

Materiales y Métodos

Se utilizaron cuatro distintas sustancias alternativas para evaluar el efecto de daño e inhibición de la germinación de las uredosporas de roya del café, que consistieron en: 1) un detergente líquido compuesto a base de citrato de sodio, etanol, polímeros, terabato sódico y agentes surfactantes (LD), marca comercial Tide®, 2) Extracto etanólico foliar de *Piper aduncum* L. (EL), 3) plata (S) y 4) cobre coloidal (C). Se utilizaron tres diferentes concentraciones para cada tratamiento: LD1=4000 ppm, LD2=6000 ppm y LD3=8000 ppm; EL1=2000 ppm, EL2=4000 ppm, EL3=6000 ppm; S1=7.5 ppm, S2=15 ppm, S3=30 ppm; C1=7.5 ppm, C2=15 ppm, C3=30 ppm. Estos se compararon con el testigo blanco, agua destilada esterilizada (SDW) y un testigo comercial ampliamente usado para el combate de esta enfermedad, llamado oxiclورو de cobre (OC), compuesto químico con fórmula $Cu_2(OH)_3Cl$. Los extractos etanólicos foliares de la especie *Piper aduncum* L, se obtuvieron a través de hojas previamente secas (10 g) que fueron colocadas en un equipo Soxhlet. Se adicionaron 300 ml de Etanol al 96% para hacer extracciones sucesivas hasta agotar la muestra. El extracto obtenido se concentró a presión reducida en rotavapor a 45°C para obtener el extracto seco, posteriormente se almacenaron a una temperatura de 4°C. La plata coloidal se eligió por sus propiedades como antiséptico de uso doméstico y al cobre por ser un tratamiento tradicional para el combate de hongos fitopatógenos. Éstos fueron obtenidos a través de electrólisis, colocando una barra de 100 g de cada metal (ánodo y cátodo) en agua destilada y pasando una corriente de 27 V a través de ellas, con una fuente de poder de voltaje variable, durante un tiempo de 30 minutos a dos horas hasta obtener las concentraciones indicadas, éstas fueron determinadas con un monitor multiparámetro portátil HANNA HI9810 pH-EC-TDS METER®. Finalmente, el detergente líquido fue adquirido de forma comercial y seleccionado por sus resultados en ensayos empíricos para el control de mosquita blanca, *Trialeurodes vaporariorum* (Homóptera: Aleyrodidae).

Para evaluar el daño de las uredosporas, éstas se colectaron al menos una hora antes de hacer las observaciones, de las hojas de café de parcelas de la región de Coatepec y se colocaron en una caja Petri estéril de 47 mm de diámetro, éstas se tomaron con un pincel y se colocaron en porta objetos donde se adicionaron 10 µL de cada tratamiento. Con un microscopio óptico (Zeiss®) y una Cámara de Neubauer se determinó el daño de 100 uredosporas seleccionadas al azar, considerando su deshidratación, lisis o decoloración en un lapso de 15, 30, 60, 90 y 120 minutos. Este procedimiento se realizó con cinco repeticiones, tomando muestras de distintas hojas.

Para las pruebas de inhibición de germinación, se colocaron muestras de uredosporas tomadas directamente de la hoja, en 10 µL de cada tratamiento (el testigo fue agua destilada esterilizada). Se llevaron a una cámara húmeda (80% HR) y se incubaron a 26.5°C. Con el

microscopio se determinó el número de uredosporas germinadas de un total de 100, en un periodo de 24, 48 y 72 h. Este procedimiento se realizó con cinco repeticiones. Con los datos obtenidos se calculó un índice de efectividad biológica, considerando el efecto combinado de daño producido a las uredosporas en 120 minutos e inhibición de la germinación en 72 h (máximo tiempo evaluado). Se utilizó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial para todos los ensayos. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA $P < 0.05$) y pruebas de Tukey a una $P < 0.05$, utilizando el programa STATISTICA®, con el fin de observar la respuesta de cada tratamiento y la interacción entre las variables.

Resultados y discusión

Evaluación de daño a las uredosporas

El efecto de los tratamientos mostró diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$), donde el mayor daño se presentó en los tratamientos LD1, LD2 y LD3, seguido por EL1, EL2, EL3 y el oxicloruro de cobre (OC) (Figura 1, izquierda). El daño ocasionado por las concentraciones del tratamiento LD puede deberse a la ruptura o la posible deshidratación de las uredosporas (Figura 1, derecha), pues a pesar de que no existe información previa en la utilización de este compuesto, estudios realizados en insectos sugieren que éstos son los mecanismos de acción que se presentan más frecuentemente (Blanco-Metzler y Zúñiga, 2013; Palacios et al., 2004).

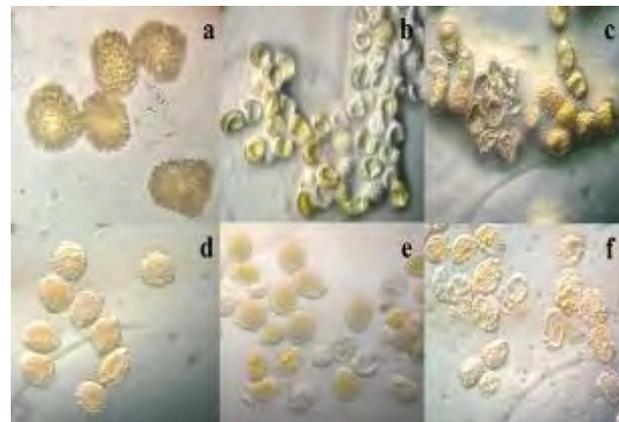
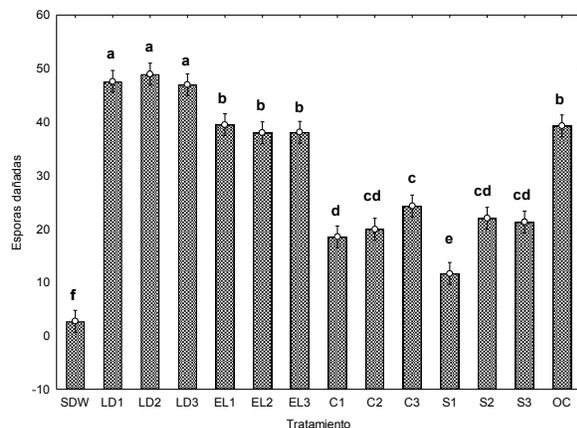


Figura 1. Porcentaje de uredosporas dañadas por diferentes concentraciones de sustancias alternativas. Los tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$). a) testigo blanco (SDW; 40X); b) LD3 en 30 minutos (40X); c) EL3 en 90 minutos (40X); d) C3 en 90 minutos (40X); e) S3 en 90 minutos (40X); f) testigo comercial (OC) en 90 minutos (40X).

Esto es importante, ya que este tratamiento podría reducir la cantidad de inoculo presente, limitando la capacidad de infección de la enfermedad, su reproducción y eventualmente eliminar una nueva generación de roya, pues al proveer de un método físico de eliminación de uredosporas, se alteraría su biología y ciclo de vida, reduciendo su probabilidad de expansión.

El extracto etanólico foliar de *Piper aduncum* L., presentó actividad antifúngica similar a lo encontrado en el testigo comercial. Aunque no se ha reportado específicamente que el género *Piper* promueva el daño sobre uredosporas, en este estudio se confirman sus propiedades fungicidas, como ha sido reportado por otros autores (Singha et al., 2011; Duarte et al., 2014); por lo que su uso podría sustituir a productos químicos, con las ventajas de no producir efectos negativos en el ambiente, ni en la salud humana (Lopes et al., 2014). Este compuesto presenta propiedades insecticidas, antibacteriales y antifúngicas (Carmona-Hernández et al., 2014). Así el uso LD y EL podrían contribuir al manejo de la roya del café a largo plazo, pudiendo llegar a ser una nueva práctica para el control de esta enfermedad, pues para ambos compuestos se reporta que no presentan fitotoxicidad, son biodegradables (Blanco-Metzler y Zúñiga, 2013) y tienen efecto en muy poco tiempo.

Pruebas de inhibición de la germinación de uredosporas

A pesar de que en la literatura se considera a *Hemileia vastratix* como un parásito obligado, es posible su germinación y crecimiento en algunos medios de cultivo, sin que esto implique que complete su ciclo de vida, tal como lo demuestran los trabajos en cultivo artificial de tejidos (formación de callos) (Kuvalekar y Gandhe, 2010), en suspensiones acuosas (Borges et al., 2012; Haddad et al., 2013) y diferentes medios de cultivo in vitro, tales como Papa Dextrosa Agar (Rolz et al., 2013), Extracto de Avena-Agar (Mahfud et al., 2006) y Agua-Agar (Borges et al., 2012; Haddad et al., 2013), por lo que fue posible su estudio en laboratorio. Los resultados se muestran en la Figura 2 (izquierda), donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $P < 0.05$).

Al comparar el testigo blanco (SDW=24.5% de germinación), los tratamientos con el detergente, plata coloidal y las concentraciones más altas del extracto de *Piper aduncum* L, mostraron la mayor capacidad de inhibición al no permitir el desarrollo de las uredosporas en todos los tiempos evaluados (LD3=0%, EL3=0%, LD2=0.1%, LD1=0.1%, S3=0.1%, S2=0.3%, S1=0.3% y EL2=0.9%) (Figura 2, derecha), mientras el testigo comercial fue poco efectivo con una tasa de germinación del 7.5%.

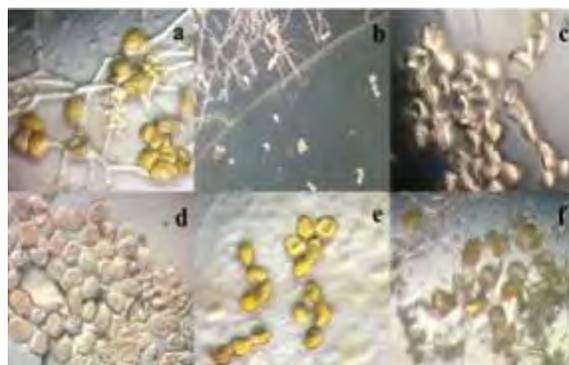
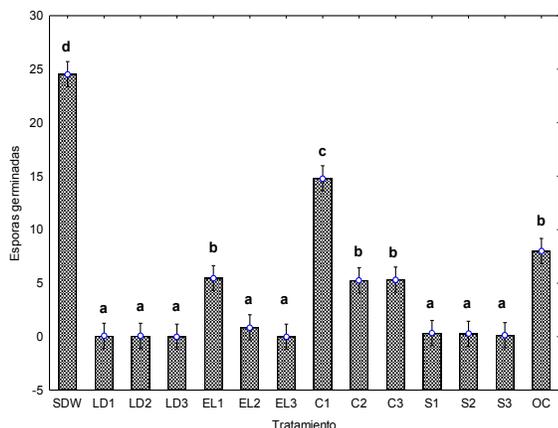


Figura 2. Germinación de uredosporas de roya. Los tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$). a) SDW en 24 h (40X) obsérvese los tubos germinativos; b) LD3 en 24 h (40X), en la parte superior de la línea diagonal se observan uredosporas germinando y abajo inhibidas por el tratamiento; c) acercamiento de LD3 en 24 h (40X); d) EL en 24 h (40x); e) S en 24 h (40X); f) OC en 24 h (40X) se observan tubos germinativos de la roya en medio del oxiclورو de cobre.

Evaluación de la efectividad biológica

Dado que los resultados no son proporcionales en el daño directo a las uredosporas y la inhibición de su germinación, se procedió a elaborar un índice de efectividad para determinar el compuesto con el mejor resultado, siendo éste el efecto de ambos modos de acción. En la Figura 3 se observan las diferencias significativas encontradas entre tratamientos (Tukey, $P < 0.05$), donde los más eficientes es LD en todas sus dosis (LD2=85%, LD3=85% y LD1=83%) y las concentraciones más altas de los extractos de *Piper aduncum* L (EL2=76% y EL3=76%) y del cobre coloidal (C3=76%). Estos tratamientos estuvieron significativamente por encima del testigo comercial (OC=68%).

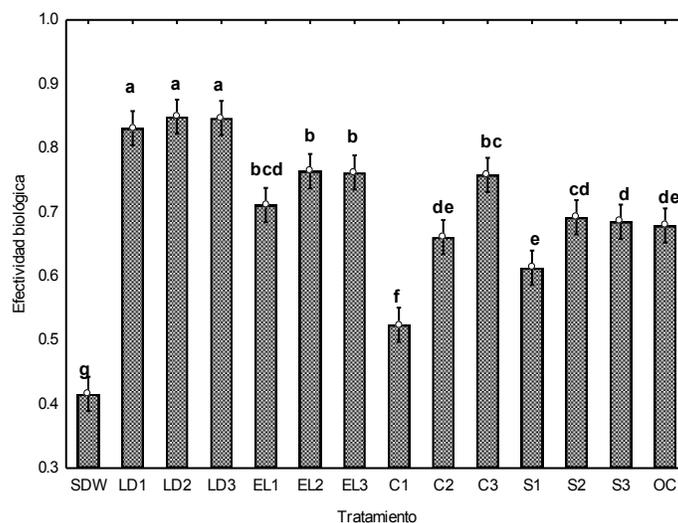


Figura 3. Efectividad de los compuestos estudiados. Tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

Aunque la plata coloidal (S) tuvo un buen desempeño en la inhibición de la germinación, no causo daño físico a las uredosporas, por lo que su eficiencia disminuyó. En este sentido, se sugiere que los tratamientos LD y EL podrían ofrecer una alternativa de control contra la roya del café, tanto por sus modos de acción como por su eficiencia.

El uso de estas sustancias puede brindar una alternativa de manejo birracional, pues aunque falta investigar más profundamente el efecto en campo, la frecuencia de aplicación, combinación entre compuestos (para determinar sinergias entre los mismos), consecuencias en parámetros de calidad del café, etc., sus efectos podrían contribuir a un manejo efectivo de la enfermedad, ya que al reducir la cantidad de inóculo presente y evitar su germinación, se reduciría la capacidad de infección de la roya, disminuyendo su reproducción y limitando la creación de una nueva generación, lo cual en condiciones sin control aumentaría exponencialmente (Avelino et al., 2013; Carré-Missio et al., 2014), además de reducir la resistencia generada por la continua aplicación de fungicidas (Carré-Missio et al., 2014).

Conclusiones

El tratamiento LD en sus tres concentraciones, EL2 y EL3 tienen una efectividad igual o mayor que el testigo comercial, lo que sugiere que éstos son una alternativa para una reducción significativa de las uredosporas de roya del café.

El daño e inhibición de la germinación de uredosporas, son mecanismos capaces de reducir a cantidad de inóculo presente en la planta y por consiguiente podría tener el potencial de alterar el ciclo biológico, reproducción y consecuentemente el grado de infección de la enfermedad, además de que el costo, accesibilidad y fácil aplicación de estos compuestos podrían constituir una estrategia más para el manejo y control de la roya del café.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo743 PRODEP 2016 (Clave: 47859 DSA/103.5/16/10438/PTC-808) y al Proyecto de Plataformas Tecnológicas PIT-PE 016 de la Universidad Veracruzana.

Literatura citada

Avelino, J., R. A. Muller, A. Eskes, R. Santacreo, F. Holguin. 2013. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad, In: Bertrand, B., Rapidel, B. (Eds.). Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Editores IICA, Costa Rica.

Avelino, J., H. Zelay, A. Merlo, A. Pineda, M. Ordoñez, S. Savary. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecol Model.* 97:431-447.

Blanco-Metzler, H. y O. A. Zúñiga. 2013. Manejo de *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Diaspididae) mediante el uso de jabones comerciales en Costa Rica. *Intersedes.* 14(27):114-122.

Borges, P.R., C. L. Gilvaine, J. P. Fabiano, E. Alves. 2012. Essential oils for rust control on coffee plants. *Ciênc agrotec.* 36:16-24.

Cabral, P. G. C., E. M. Zambolim, L. Zambolim, T. P. Lelis, A. S. Capucho, E. T. Caixeta. 2009. Identification of a new race of *Hemileia vastatrix* in Brazil. *Australas Plant Dis Notes.* 4:129-130.

Carmona-Hernández, O., M. S. Fernández, B. Palmeros Sánchez, J. A. Lozada García. 2014. Actividad insecticida de extractos etanólicos foliares de nueve piperáceas (*Piper* spp.) en *Drosophila melanogaster*. *Rev Int Contam Ambient.* 30: 67-73.

Carré-Missio, V., F. A. Rodrigues, D. A. Schurt, R. S. Resende, N. F. A. Souza, D. C. Rezende, W. R. Moreira, L. Zambolim. 2014. Effect of foliar-applied potassium silicate on coffee leaf infection by *Hemileia vastatrix*. *Ann Appl Biol.* 164: 396-403.

Carvalho, C., R. Fernandes, G. Carvalho, R. Barreto, H. Evans. 2011. Cryptosexuality and the Genetic Diversity Paradox in Coffee Rust, *Hemileia vastatrix*. *PLoS One.* 6(11):1-7.

Duarte, Y., O. Pino, B. Martínez. 2014. Efecto de cuatro aceites esenciales sobre hongos asociados al manchado del arroz. *Yanisía. Rev. Protección Veg.* 29(1):62-65.

Haddad, F., L. A. Maffia, E. S. G. Mizubuti, H. Teixeira. 2009. Biological control of coffee rust by antagonistic bacteria under field conditions in Brazil. *Biol Control.* 49:114–119.

Haddad, F., R. Saraiva, E. Mizubuti. 2014. Isolation and selection of *Hemileia Vastatrix* antagonists. *Eur J Plant Pathol.* 139:763-772.

Haddad, F., R. M. Saraiva, E. S. G. Mizubuti, R. S. Romeiro, L. A. Maffia. 2013. Antifungal compounds as a mechanism to control *Hemileia vastatrix* by antagonistic bacteria. *Trop Plant Pathol.* 38:398-405.

- Kuvalekar, A. A. y K. R. Gandhe. 2010. Associated callus culture technique for in vitro growth of rust fungi. *J Threat Taxa*. 2:1140-1143.
- Lopes, O.G., T. M. Viera, V. F. Nunes, R. M. de Oliveria, D. E. Robson, D. M. de Lima, K. M. A. Coelho, M. E. Ronie. 2014. Chemical composition and efficacy in the egg-hatching inhibition of essential oil *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* from sheep. *Rev Bras Farmacogn*. 24:288-282.
- Mahfud, M. C., Z. A. A. Mior, S. Meon, J. Kadir. 2006. In Vitro and In Vivo Tests for Parasitism of *Verticillium psalliotae* Treschow on *Hemileia vastatrix* Berk. and BR. *Malays J Microbiol*. 2:46-50.
- Maia, T., E. Maciel, E. Caixeta, E. Mizubuti, L. Zambolim. 2013. The population structure of *Hemileia vastatrix* in Brazil inferred from AFLP. *Australas Plant Pathol*. 42:533-542.
- Nina, R., H. Smeltekop, J. C. Almanza, M. Loza-Murguía. 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales. *J Selva Andin anim sci*. 2: 43-52.
- Palacios, M. C., H. R. Nieto, C. C. Llanderal, H. H. González. 2004. Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). *Acta Zool Mex*. 20(3):99-106.
- Rolz, C. E., F. L. R. de León, O. Paniagua. 2013. Evidencia de antagonismo in vitro de especies de *Trichoderma* contra *Hemileia vastatrix* (roya del café). *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*. 25:61-65.
- Singha, I. M., Y. Kakoty, B.G. Unni, M. C. Kalita, J. Das, A. Naglot, W. S. Borsingh, L. Singh. 2011. Control of *Fusarium* wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* using leaf extract of *Piper betle* L.: a preliminary study. *World J Microbiol Biotechnol*. 27:2583–2589.
- Varzea, V.M. y D.V. Marques. 2005. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance, In: Zambolin, L., Zambolim, E.M., Várzea, V.M. (Eds.), *Durable Resistance to Coffee Leaf Rust*. Editora Universidade Federal de Viçosa, Brazil.

IDENTIFICACIÓN DEL SEXO EN PLÁNTULAS DE PAPAYA (*Carica papaya* L.) MEDIANTE MARCADORES MOLECULARES

Marina Nieto-Soriano⁴³⁶, Odón Castañeda-Castro⁴³⁷, María Elena Galindo-Tovar^{436*}, Luis Alberto Solano-Rodríguez⁴³⁸ y Otto Raúl Leyva Ovalle⁴³⁶

Resumen

La papaya es una especie polígama, las plantas pueden ser estaminadas o masculinas, pistiladas o femeninas y bisexuales o hermafroditas, estas últimas de mayor valor económico; ya que producen frutos con mejor forma, más carnosos y con menos cavidad interna, ideales para el mercado de exportación. El híbrido MSXJ de papaya presenta tolerancia al calor, no presenta abscisión de flores y frutos, produce frutos alargados, sin deformaciones, pulpa consistente, sabor y aroma exquisito aún cuando la temperatura ambiental supere los 35°C. Sin embargo, el sexo se determina hasta la floración, lo que representa una limitante para el cultivador de papaya, puesto que implica costos adicionales y dificultades en la planeación del cultivo. Identificar el sexo de la planta antes de la floración evita costos adicionales y mejora el manejo del suelo. El objetivo de la presente investigación fue identificar el sexo en vitroplantas del híbrido MSXJ de papaya mediante marcadores moleculares SCAR antes de la floración. Se utilizaron meristemos para obtener plántulas in vitro, vía organogénesis somática. El sexo se identificó utilizando los iniciadores SCAR T1, T12 y W11. El iniciador T1 se utilizó como control positivo. Los iniciadores T12 y W11 permitieron la amplificación de fragmentos que identifican plantas hermafroditas, femeninas y machos. Los marcadores moleculares T12 y W11 fueron específicos para plantas hermafroditas amplificando bandas de 800 pb y para plantas femeninas amplificando bandas de 1300 pb. T1 resultó como control positivo amplificando para plantas femeninas y hermafroditas. Por ello, esta técnica permite identificar el sexo antes de sembrar y con ello reducir costos y desarrollar una mejor planificación del cultivo.

Palabras claves: *Carica papaya*, planta-sexo, SCAR, vitroplantas

⁴³⁶ Autor de correspondencia. Correo electrónico: megalindo@uv.mx

⁴³⁷

⁴³⁸

Introducción

México exportó 131,391 toneladas de papaya en el 2014, con un valor de 87 millones de dólares, y se ubicó, así como el primer exportador mundial de esta fruta. El volumen creció 14% y las ventas escalaron 30.4%, a tasas interanuales, marcando un record en el valor (SAGARPA, 2017).

La papaya (*Carica papaya* L.) es una especie de planta trioica que tiene flores masculinas, femeninas y hermafroditas en diferentes plantas. Este cultivo se ve afectado por la caída de frutos debido al aumento de temperaturas superiores a 35°C durante la floración. El Híbrido MSXJ desarrollado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Mirafuentes y Santamarina, 2014) representa una alternativa; ya que una de sus característica más sobresaliente es su tolerancia al calor, no presenta abscisión de flores y frutos, produce frutos alargados y sin deformaciones aun cuando la temperatura ambiental supera los 35°C (Mirafuentes y Santamaría, 2014).

Sin embargo, la determinación visual del sexo en plantas de papaya en estado vegetativo no es posible; ya que no existen diferencias embriológicas, ni morfológicas entre los tres tipos sexuales. Por ello, la determinación del sexo se realiza hasta la floración, lo que ocurre de cuatro a seis meses después de la siembra. Por lo tanto, la diferenciación sexual se ha convertido en una limitante para el cultivador de papaya, puesto que implica mayores costos y dificultades en la planeación del cultivo, especialmente en plantaciones donde se requieren solamente plantas hermafroditas; ya que de ellas se obtienen los mejores frutos (Hueso, 2015). Por ello, Identificar el sexo de la planta antes de la floración evita costos adicionales. En este contexto, la identificación del sexo antes de la floración, mediante el uso de marcadores moleculares representa una ventaja.

La importancia del uso de herramientas de la biología molecular para la identificación del sexo antes de la floración, específicamente los marcadores moleculares SCAR, que utilizan cebadores específicos desarrollado a partir de secuencias mapeadas o caracterizadas a partir de otros marcadores, ha permitido la identificación del sexo en plantas de papaya (Deputy et al., 2002; Aspetia et al., 2014). Estos autores han utilizado iniciadores específicos tales como los T1, T12 Y W11. Deputy et al. (2002) encontraron que T1 sirve como control positivo, ya que amplifica para plantas hembras, macho y hermafroditas, T12 y W11 sintetizan productos para plantas hermafroditas y machos, raramente para plantas hembras. Aspetia et al. (2014) probaron tres juegos de iniciadores para marcadores SCAR T1, T12 y W11. El SCAR T1 generó bandas de 800 pb para plantas hermafroditas. T12 y W11 amplificaron el 100% de plantas hermafroditas, y nula en plantas femeninas.

Por ello el objetivo de este trabajo fue el de identificar el sexo en vitroplantas, obtenidas vía organogénesis somática, del híbrido MSXJ de papaya (*Carica papaya* L.), mediante marcadores moleculares tipo SCAR.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en dos etapas: 1) Desarrollo de plántulas del híbrido MSXJ de papaya utilizando cultivo in vitro de meristemas apicales, vía organogénesis somática y 2) Identificación del sexo de vitroplantas mediante marcadores moleculares.

El establecimiento de cultivo in vitro del híbrido MSXJ de papaya se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología Agrícola, de la empresa Genética Agropecuaria ubicado en el Parque de Innovación y Desarrollo del estado de Veracruz (PIDEV) ubicado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Los estudios moleculares se realizaron en el LADISER de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana.

Se utilizaron 20 plantas de ocho meses de edad en etapa de fructificación, del híbrido MSXJ de papaya, en el municipio de Cotaxtla, Veracruz, en el año 2016.

Obtención de vitroplantas

Para la obtención de explantes se extrajeron los cinco cm de la parte superior del árbol. En campo se realizó un lavado alcohol al 50% y enjuagues con agua destilada y conservación en criogel para el traslado al laboratorio de Biotecnología Agrícola.

Para el saneamiento, los explantes fueron lavados con abundante agua corriente, posteriormente se agregó jabón antibacterial y se colocaron en un agitador orbital (Ika®-Werke GmbH&Co.KG) durante 30 minutos a 142 rpm. Para el establecimiento aséptico se probaron dos tiempos en cloro comercial por 20 y 30 segundos, con tres repeticiones (tres muestreos). En la campana de flujo laminar vertical se agregó alcohol al 70% durante un minuto y el cloro comercial y se enjuagó tres veces con agua destilada estéril para eliminar los restos de cloro.

Una vez extraídos los meristemas se colocaron en tubos de ensayo con 20 mL de medio basal de Murashige y Skoog (1962) al 100%, suplementado con 100 mgL⁻¹ de Mio-Inositol, 0.4 mgL⁻¹ de tiamina, 30 gL⁻¹ de sacarosa y 2.5 gL⁻¹, Phytigel a pH 5.7 ± 0.01, con fotoperiodo de 16 h luz. Se realizó un subcultivo al mes de la siembra de los meristemas, en 20 mL⁻¹ de medio basal MS al 100% suplementado con 0,5 mgL⁻¹ de BAP, 0,5 mgL⁻¹ de AIA, 10 mgL⁻¹ de adenina, 50 mgL⁻¹ de ácido ascórbico, 100 mgL⁻¹ de ácido cítrico, 40 mgL⁻¹ tiamina, 100 mgL⁻¹ de Mio-inositol y 30 gL⁻¹ de sacarosa, Phytigel 3 g L⁻¹, pH 5.7 ± 0.01, con fotoperiodo de 16 h luz.

Identificación del sexo

Después de dos meses de crecimiento se tomaron muestras foliares de vitroplantas de cada una de las plantas del híbrido de papaya MSXJ para la extracción de ADN siguiendo el método de CTAB (bromuro de cetil-trimetil amonio) (Doyle y Doyle, 1990). La calidad del ADN se verificó por el valor de la relación 260/280 nm y en un gel de agarosa al 1.5% por electroforesis y se visualizó en un transiluminador marca UVP PHOTODOC-®it Imaging System.

La reacción de amplificación por PCR del ADN extraído de vitroplantas de papaya híbrido MSXJ se hizo de acuerdo al protocolo descrito por Deputy et al. (2002). Se emplearon tres iniciadores T1, T12 y W11 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Secuencia de iniciadores SCAR utilizados para la identificación del sexo en el híbrido MSXJ papaya (Deputy et al., 2002)

Clave	Iniciador
T1-F	5'-TGCTCT12-R TTGATATGCTCTCTG-3'
T1-R	5'-TACCTTCGCTCACCTCTGCA-3'
T12-F	5'-GGGTGTGTAGGCACTCTCCTT-3'
T12-R	5'-GGGTGTGTAGCATGCATGATA-3'
W11-F	5'-CTGATGCGTGTGTGGCTCTA-3'
W11-R	5'-CTGATGCGTGATCATCTACT-3'

La amplificación del ADN de las 20 vitroplantas del híbrido MSXJ se llevó a cabo en volúmenes de 25 μ L que contenían de 100 ng μ L⁻¹ de ADN, 0.2 μ L de Taq-&GO (Mastermix 5xC, MP®), 5X Reacción Buffer de 25 Mm, 2.2 μ L de iniciador R y 2.2 μ L de iniciador F, ambos a una concentración de 2 μ M. Las reacciones se realizaron en un Termociclador de la marca NYX TECHNIK con un ciclo inicial a 95°C por cinco minutos, seguida por 25 ciclos de 95°C por un min, 58°C por un minuto, 72°C por dos minutos y un período final de extensión a 72°C por siete minutos. Los productos de la reacción de amplificación fueron visualizados en geles de agarosa al 1.5% suplementados con 1 μ L de bromuro de etidio (10 mg/mL). La electroforesis se realizó a 80 V durante 1.5 h. Las bandas se observaron con luz UV en un transiluminador marca UVP PHOTODOC-® Imaging System. La identificación del sexo se realizó de acuerdo al número de pares de bases. Para identificación plantas hermafroditas y femeninas se utilizaron los iniciadores T12 y W11 que de acuerdo a Aspeitia et al. (2014) amplifican para plantas hermafroditas, marcan nulo para plantas hembras, y con una doble banda de 800 pb y 1300 pb respectivamente para plantas macho. T1 se utilizó como control positivo. Los datos se analizaron por presencia/ausencia y se utilizó una prueba de Chi-cuadrada para verificar la asociación entre marcador y sexo.

Resultados y discusión

Obtención de plántulas

De los tres muestreos realizados para la desinfestación de explantes de meristemas apicales de papaya se obtuvo un 85% de plantas viables libres de contaminación con el tratamiento de 30 segundos en cloro comercial. Con el tratamiento de 20 segundos en cloro comercial que obtuvo 45% de contaminación. Esto coincide con lo reportado por Solis et al. (2011), quienes obtuvieron plantas sanas con el tratamiento de 30 segundos en cloro. El método de cultivo de tejidos permitió el desarrollo de plántulas sanas y vigorosas.

Identificación del sexo

Los valores obtenidos para verificar la calidad del ADN obtenido indicaron la presencia de compuestos contaminantes por debajo del valor de 1.8 y mayores al valor de 2.0. Sin embargo, la amplificación de ADN con los iniciadores utilizados para identificar el sexo en vitroplantas fue de buena calidad. El ADN amplificó con los tres iniciadores utilizados. El iniciador T1, amplificó en 17 de las 20 muestras, por lo que estas dos muestras se consideraron nulas y el resto de las muestras positivas para hembra o femenina. La prueba de Chi-cuadrada resultó no significativa, por lo que se considera que existe una buena asociación, y este marcador fue utilizado como control positivo. Estas inconsistencias se explican debido al tipo de determinación del sexo que se presenta en papaya, en el que de acuerdo a Ming (2007), son varios genes y tres cromosomas (Y, Yⁿ y X) los que lo determinan. Además, coincide con los resultados de Aspetia et al. (2014) quienes no lograron amplificación para todas las plantas hermafroditas para la identificación temprana del sexo en papaya del tipo Maradol. En las plantas hermafroditas se observó una banda de 800 pb en los iniciadores T12 y W11 (Figura 1); así como ausencia de banda para flores femeninas. Catorce plantas amplificaron positivo para plantas hermafroditas; ya que de acuerdo a Deputy et al. (2002), amplificaron para los iniciadores T1 y T12 con fragmentos de 800 y 1 300 pb respectivamente. Otras cinco plantas no amplificaron para estos iniciadores por lo que se consideraron femeninas; ya que de acuerdo a lo reportado por Deputy et al. (2002) y Aspetia et al. (2014) las plantas femeninas no amplifican para estos iniciadores.

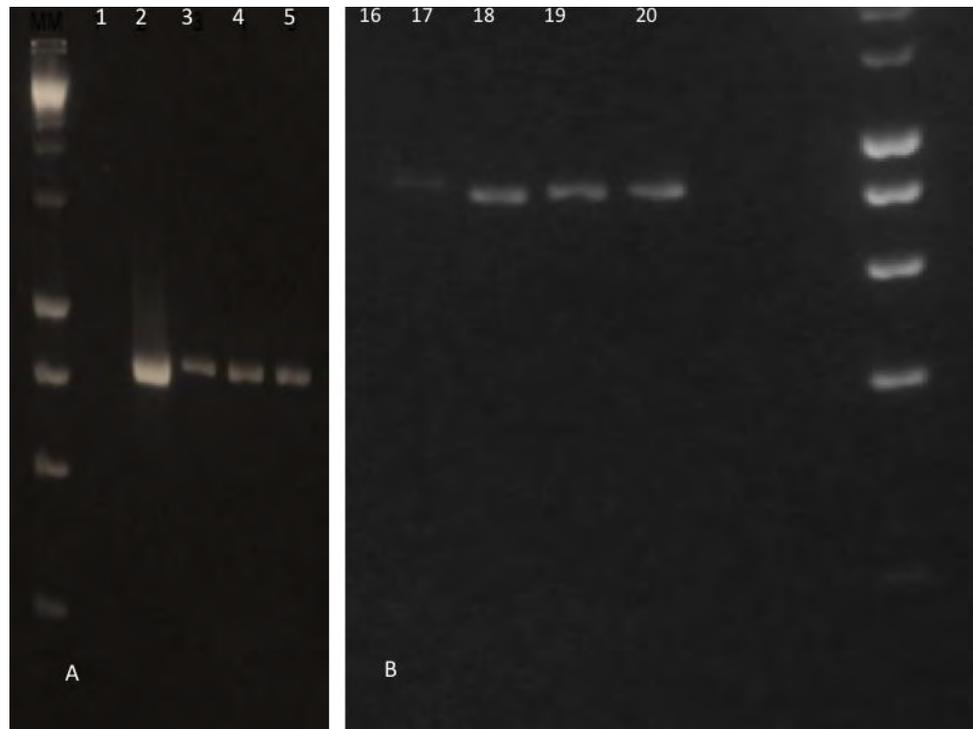


Figura 1. Bandas amplificadas por el primer T12 (A) y W11 (B). Se observan bandas de 8000 pb que identifican plantas hermafroditas y ausencia de bandas para flores femeninas. En la parte superior se indica el número de muestra.

Conclusión

Se concluye que el uso de marcadores específicos para la determinación del sexo en plantas de papaya representa una alternativa para optimizar el cultivo; sin embargo, es necesario realizar pruebas para los diferentes tipos de papaya y validarlos en diferentes plantaciones.

Literatura citada

Aspetia, V., M. Torres, D. Mendoza y H. Reyes. 2014. Evaluación de marcadores genéticos para discriminación entre hembras y hermafroditas de papaya (*Carica papaya* L.) variedad Maradol. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:193-197.

Deputy, J. C., R. Ming, H. Ma, Z. Liu, M. M. M. Fitch, M. Wang, R. Manshardt and J. I. Stiles. 2002. Molecular markers for sex determination determination in papaya (*Carica papaya* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 106:107-111.

Doyle, J.J., J.L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12:13-15.

Hueso, M., I. Salinas, J. González. 2015. El cultivo de Papaya. Fichas de Transferencia 009, p.1.

Mirafuentes Hernández, F. y F. Santamaría Basulto. 2014. MSXJ, híbrido de papaya sin carpeloidía para el sureste de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, abril-mayo, 1297-1301.

R. Ming, Q. Yu, P. H. Moore. 2007. Sex determination in papaya. Seminars in Cell & Developmental Biology 18:401-8.

Murashige T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiology plantarum 15:473-497.

SAGARPA. 2017. Consulta de indicadores de producción nacional, precios y márgenes de comercialización de papaya. sagarpa.gob.mx (consultado el 28 de mayo de 2017).

Solís R., J. Olvera y R.S. La Rosa L. 2012. Propagación in vitro de Carica papaya var. PTM a partir de meristemas apicales. Revista Peruana de Biología 18:343 – 347.

ESTUDIO COMPARATIVO DE MICROENSILADOS BIOLÓGICOS A PARTIR DE EXOESQUELETOS DE CAMARÓN (*Litopeneus vanamei*) Y CHAPULÍN (*Sphenarium purpurascens*) DE LA REGIÓN DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

Adolfo Amador Mendoza^{439*}, Erasmo Herman y Lara⁴⁴⁰, Sergio Huerta Ochoa⁴⁴¹ y Laura Patricia Ramírez Coutiño⁴⁴²

Resumen

El propósito de este trabajo fue producir microensilados y determinar los cambios en la composición química y microbiológica de exoesqueletos de Camarón (*Litopeneus vanamei*) y Chapulín (*Sphenarium purpurascens*), fermentados con un inóculo comercial de *Lactobacillus plantarum* AVG-112. Se determinó la cantidad de melaza para la fermentación, la composición proximal y la cuenta microbiológica de los ensilados. Los desechos se mezclaron con melaza de caña de azúcar como fuente de carbono y el inóculo comercial de *Lactobacillus plantarum* AVG-112. A los 5 d de fermentación ambos ensilados presentaron características físicas y químicas aceptables. Los coliformes totales, mohos y levaduras no estuvieron presentes porque son inhibidos por el proceso de ensilaje y este tiene características adecuadas para su utilización como suplemento en alimentos para organismos acuáticos.

Palabras clave: Microensilado biológicos, exoesqueletos de Camarón y Chapulín

Introducción

Las cantidades crecientes de desechos provenientes del procesamiento de camarón, se han convertido en una gran preocupación para las plantas procesadoras en el país. Debido al incremento en la explotación de mariscos en la última década, se ha aumentado también la cantidad de desechos, estos desperdicios generan gran contaminación en los lugares donde se explota. Tan sólo los desechos sólidos generados a partir del procesamiento del camarón

⁴³⁹ Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara *fito_adamme@hotmail.com

⁴⁴⁰ Instituto Tecnológico de Tuxtepec

⁴⁴¹ Departamento de Biotecnología, UAM-Iztapalapa

⁴⁴² Instituto de Biotecnología, UNPA-Tuxtepec.

representan una carga orgánica diez veces mayor que la que aportan los desperdicios domésticos. Así mismo, a partir de 2003, el volumen de camarón creció en promedio anual trece mil toneladas, y en 2010 registró un monto récord de 181 mil toneladas. De cada tonelada de camarón producida en el país, 671 kg corresponden a la camaronicultura y ha crecido en los últimos 10 años nueve mil toneladas en promedio al año, ubicando a México en el sexto productor de camarón a nivel mundial (cifras del Anuario Estadístico 2012 de la CONAPESCA). La tasa media de crecimiento anual para este periodo fue de 10.78%, pasando de una producción de 100,486 toneladas en 2002 a 203,163 en 2011. Dicho aumento en la producción de camarón resulta un indicador de esta actividad para nuestro país. Debido a la similitud de los exoesqueletos de crustáceos en comparación con el Chapulín, cabe mencionar que actualmente no existe un estudio reciente sobre la implementación de fermentaciones ácido lácticas de insectos Chapulín (*Sphenarium purpurascens*). Por otra parte, esto ocasiona el desperdicio de proteína de alta calidad y un aumento de la contaminación ambiental. Dentro de los aprovechamientos más sustentables de estos desechos se encuentra la producción de ensilados de desechos de crustáceos para la elaboración de alimentos para aves, ganado y peces (Santana-Delgado et al., 2008). El propósito de este trabajo fue producir microensilados y determinar los cambios en la composición química y microbiológica de exoesqueletos de camarón (*Litopeneus vanamei*) y Chapulín (*Sphenarium purpurascens*), fermentados con un inóculo comercial de *Lactobacillus plantarum* AVG-112 para su posible utilización como un pretratamiento para la obtención de quitina cruda.

Materiales y métodos

Obtención de las muestras

Para la realización de este proyecto se utilizaron dos fuentes quitinosas, la primera son desechos de Chapulín (*Sphenarium purpurascens*) que fueron adquiridos en la comunidad de Ocotlán en la ciudad de Oaxaca y la segunda son los desechos de camarón los cuales son obtenidos en puntos de venta del centro de Tuxtepec, Oaxaca. Estas muestras se congelaron, posteriormente se molieron y tamizaron (N=50) a un tamaño de partícula de 300 μm .

Fuente de Carbono

Se utilizó como fuente de carbono melaza de caña de azúcar, que se adicionaron en una proporción de 18% (p/p) al residuo de camarón y Chapulín.

Microorganismos

Se probaron previamente tres cepas de bacterias ácido lácticas comerciales (*L. plantarum*, *L. acidophilus*, y *L. rhamnosus*) para la fermentación. Las cepas ácido lácticas se reactivaron en medio MRS a 38°C por 24 h, para ser inoculadas posteriormente a cada uno de los desechos (Cira et al., 2002).

Condiciones de fermentación ácido láctica

Los desechos molidos se mezclaron con 18% (p/p base húmeda) de melaza, inoculándose posteriormente con 5% (p/v base húmeda) de medio de cultivo Man Rogosa Sharpe (MRS) con la cepa ácido láctica determinada previamente. Se emplearon recipientes tubulares de 30 mL, colocándose en una incubadora a $38 \pm 1^\circ\text{C}$

Análisis de las muestras

Determinación de pH y Acidez Total Titulable (ATT)

La fracción sólida fue diluida en agua destilada y colocadas en parrilla con agitación magnética para medir el pH usando un potenciómetro, inmediatamente después se determinó la acidez total titulable (ATT) con NaOH 0.1 N por 120 h.

Análisis bromatológicos

El contenido de humedad y cenizas, se determinaron empleando los métodos estándar (AOAC, 1990). El nitrógeno se determinó por el método Kjeldahl para proteína cruda ($N \times 6.25$) y finalmente los carbohidratos se obtuvieron por diferencia. Los cálculos se hicieron en base húmeda y todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

Análisis microbiológico (Cuenta Viable de BAL)

Se estudió la relación entre el crecimiento microbiano con respecto a la acidificación de los ensilados. Para formar diluciones decimales, las muestras fueron homogeneizadas en una solución salina isotónica 0.09% de NaCl. El crecimiento microbiano fue determinado por conteo en placa de colonias usando medio de agar para métodos estándar, MRS y agar papa dextrosa (PDA) para: mesofilicos totales, coliformes totales, bacterias ácido lácticas (BAL) y cuenta total de hongos y levaduras, respectivamente (Cira et al., 2002).

Determinación del Aw

Para este análisis se utilizó un analizador de humedad denominado Aqualab PAWKIT® (medidor de actividad de agua).

Análisis estadístico

A los datos obtenidos de la evaluación de pH y porcentaje de ácido láctico durante el proceso de ensilado para las diferentes proporciones de melaza se les aplicó la prueba de identidad de varianzas y de distribución normal y un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA) y se empleó una prueba no paramétrica de Kruskalwallis (Zar, 1999).

Resultados y discusión

Constitución de la melaza sobre la fermentación.

El ensilaje biológico requiere la adición de carbohidratos altamente fermentables para facilitar la acción de las bacterias lácticas, debido a que en el camarón y en el Chapulín existen escasas cantidades de estos compuestos. Entre otras fuentes de carbono, la melaza de caña de azúcar ha sido la más utilizada para este propósito en concentraciones desde 5 hasta 40% (Fagbenro y Jauncey, 1995). El porcentaje de Humedad de la melaza fue de $23.118 \pm 1.31\%$, el de Cenizas de $9.517 \pm 0.911\%$ y los carbohidratos solubles totales fueron de $580 \pm 2.31 \text{ g kg}^{-1}$ (base húmeda). La concentración de la fuente de carbono fue de 18% (p/p) sobre la fermentación de la mezcla de exoesqueletos de Camarón y Chapulín. Como iniciador se utilizó la cepa *Lactobacillus plantarum* ABG- 112 y las muestras sin inóculo fueron usadas como control. La fermentación fue realizada en microsilos tipo frasco durante 120 h.

Dimensiones y cantidad de carga de los microreactores.

Las fermentaciones fueron realizadas en microsilos tipo frasco durante 120 h con las siguientes dimensiones geométricas como se muestra en la Cuadro 1.

Cuadro 1.- Dimensiones y cantidad de carga de los microensilados de camarón y Chapulín.

MUESTRA	DIMENSIONES DEL FRASCO (cm)	ALTURA DE LLENADO (cm)	CANTIDAD DE MEZCLA (g)	VOLUMEN OCUPADO (cm ³)	DENSIDAD APARENTE (g cm ⁻³)
Camarón	5.5 de alto y 3.0 de ancho	3.9	3.5	27.56	1.27
Chapulín	5.5 de alto y 3.0 de ancho	3.9	4.0	27.0	1.15

Caracterización física de los ensilados

En los Cuadro 2 y 3, se presentan las características físicas del ensilado al cabo de cinco días de fermentación, donde se observa que el color de los microensilados de los desechos del camarón son más claros (marrón claro) que los ensilados del Chapulín, que son más

oscuros (marrón oscuro) por el color natural de la especie, teniendo en cuenta las proporciones de melaza.

Cuadro 2. Evaluación física de la calidad de los ensilados de acuerdo a sus características.

ATRIBUTO	BUENO	REGULAR	INACEPTABLE
Olor	Acido suave	Picante penetrante	Pútrido rechazable
Color	Amarronado claro	grisáceo Amarronado claro-oscuro, grisáceo	Gris oscuro negruzco
Consistencia	Líquida	Líquida pastosa ó Licuada	Pastoso

Cuadro 3. Evaluación sensorial de la calidad de los microensilados biológicos elaborados con desechos de camarón y Chapulín.

ENSILADO	OLOR	COLOR	CONSISTENCIA
Camarón	Dulce-ácido con suave olor a camarón	Marrón claro	Pastosa con poco líquida en la base de la pasta
Chapulín	Acido-ligeramente picante	Amarronado oscuro	Pastosa con poco líquido en la base de la pasta

El olor indicó en ambos ensilados que son ácidos y ligeramente picante similares y agradables, sin ningún indicio de proceso de descomposición lo cual coincide con los resultados de Vidotti et al. (2002) que encontró que los ensilados originan productos con características diferentes, atendiendo a la especie utilizada. Otro indicador es la consistencia, la cual fue pastosa en los ensilados porque a pesar de que se observó presencia de líquido exudado y gas, la cantidad no era suficiente para darles una consistencia pastosa-líquida. Los microensilados presentaron color amarronado grisáceo claro y aroma dulce agradable con débil olor a camarón y Chapulín, lo cual fue debido principalmente al efecto enmascarante de la melaza residual. Además, la actividad del inóculo pudo contribuir a la producción de compuestos aromáticos vía actividad proteolítica que mejoran las propiedades organolépticas del producto. Estas características pueden hacer atractivo y palatable el ensilado de pescado producido para ser aplicado en la formulación de dietas para animales.

Composición química proximal

En los Cuadro 4 y 5 se presentan los valores de actividad de agua (Aw), potencial de hidrogeno (pH), porcentaje acidez total titulable (ATT), porcentaje humedad (H), porcentaje cenizas y porcentaje nitrógeno (N) a diferentes tiempos de fermentación (0, 24, 48, 74, 96 y 120 h) en microensilados de exoesqueletos de chapulín y camarón adicionados con 18% de melaza (p/p) y 5% (v/p) de *L. Plantarum* ABG-112. Se encontró que la humedad fue ligeramente menor en los ensilados de camarón a las 24, 48 y 72 h, lo mismo que en proteínas en comparación con los microsilos de chapulín. La proteína en el ensilado del

camarón es aparentemente menor por el mayor contenido de humedad y las cenizas entre el material crudo y el ensilado para ambas especies.

Cuadro 4. Valores de actividad de agua (Aw), potencial de hidrogeno (pH), % áidez total titulable (ATT), porcentaje humedad (H), porcentaje cenizas y porcentaje nitrógeno (N) a diferentes tiempos de fermentación (0, 24, 48, 74, 96 y 120 h) en microensilados de exoesqueletos de chapulín adicionados con 18% de melaza (p/p) y 5% (v/p) de *L. Plantarum* ABG-112.

TIEMPO DE FERMENTACIÓN	Aw	pH	ATT (%)	H (%)	Cenizas (%)	N (%)
0	0.975	4.81	4.77	8.013	21.3477	46.7088
24	0.975	4.22	4.98	5.725	21.1024	45.7646
48	0.97	4.21	5.07	3.996	19.9893	40.9346
74	0.965	4.13	5.22	3.732	19.8194	39.9834
96	0.965	4.11	6.37	3.452	19.7742	38.2456
120	0.96	3.96	8.93	3.361	19.6576	38.9453

Cuadro 5. Valores de actividad de agua (Aw), potencial de hidrogeno (pH), % áidez total titulable (ATT), porcentaje humedad (H), porcentaje cenizas y porcentaje nitrógeno (N) a diferentes tiempos de fermentación (0, 24, 48, 74, 96 y 120 h) en microensilados de exoesqueletos de camarón adicionados con 18% de melaza (p/p) y 5% (v/p) de *L. Plantarum* ABG-112.

TIEMPO DE FERMENTACIÓN	Aw	pH	ATT (%)	H (%)	Cenizas (%)	N (%)
0	0.975	4.78	4.71	8.061	19.2136	45.3721
24	0.975	4.56	5.98	5.389	19.1124	42.8623
48	0.970	4.45	6.07	3.997	18.8989	38.7696
74	0.970	4.2	7.22	3.468	18.7134	37.9874
96	0.965	4.19	8.6	3.360	18.5942	36.9194
120	0.960	3.9	8.99	3.355	18.3876	36.3061

El contenido de humedad inicial en el tiempo cero del ensilado del camarón y chapulín en este estudio fue (8.061 ± 0.76 y $8.013 \pm 0.77\%$, respectivamente) (Figura 1), donde el ensilado de camarón, fue considerablemente menor al reportado en un estudio (Fagbenro y Jauncey, 1993), quienes obtuvieron valores de humedad de alrededor del 7.0% y superior al reportado en la literatura (León, 2003) quien obtuvo 5.62% de humedad.

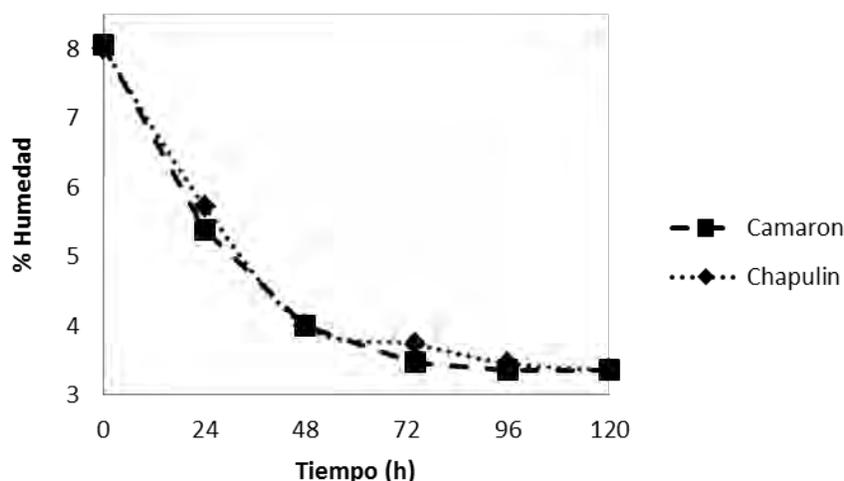


Figura 1. Cambios de porcentaje de humedad durante la fermentación ácido láctica de exoesqueletos de camarón y chapulín adicionados con 18% de melaza (p/p) y 5% (v/p) de *L. Plantarum* AVG-112.

Por otra parte, se observó que existió una desproteínización en los ensilados de camarón y chapulín de 9.07 y 7.77% del contenido inicial (0 h) y final (120 h) de Nitrógeno (45.3721 ± 0.46 y 46.7088 ± 0.37 %) y (36.3061 ± 0.26 y 38.9453 ± 0.34 %), respectivamente. Por lo tanto, se puede inferir que con la adición de inóculo se presenta una mayor actividad proteolítica en los ensilados de Camarón, lo cual puede verse reflejado en un aumento de la digestibilidad de sus proteínas para ser aprovechadas más eficientemente en alimentación animal (Vidotti et al., 2002). En los ensilados el extracto libre de nitrógeno presentó un valor superior a la materia prima lo que se presenta por agregar melaza a los desechos de pescado para el proceso de fermentación (Vidotti et al., 2002; Ramírez-Ramírez et al., 2008). Una vez transcurridos los 5 días de fermentación, los microensilados de ambas fuentes presentaron una disminución en la producción de ácido láctico y por lo tanto aumento en el pH, lo cual fue observado cuando estos fueron analizados a los diferentes tiempos de 24, 48, 72, 96 y 120 h (Figuras 2 y 3). Esto se debió muy probablemente a la inhibición que pudieron sufrir las BAL por el aumento en la concentración de oxígeno durante el muestreo anterior; ya que en la mayoría de los casos, la presencia de oxígeno suprime el desarrollo de las BAL, siendo mucho más eficiente el uso de oxígeno por microorganismos con una cadena respiratoria funcional para la producción de energía. Estos resultados fueron satisfactorios y permitieron demostrar la posibilidad de obtener un producto estable a tiempos cortos. La actividad de agua disminuyó considerablemente durante el proceso de 0.975 al inicio hasta valores de 0.96 a los 5 días de fermentación para los ensilados de los dos microensilados, sin haber existido diferencia significativa entre ellos ($P > 0.05$).

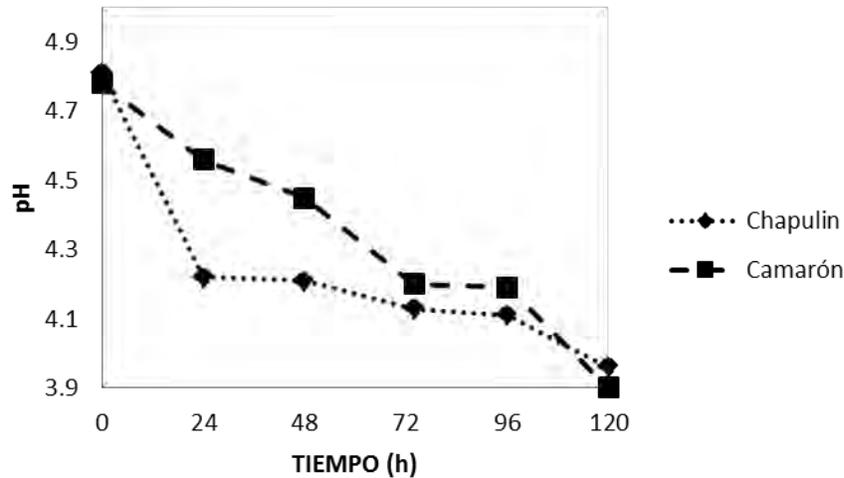


Figura 2. Evolución del pH durante la fermentación ácido láctica de exoesqueletos de camarón y chapulín adicionados con 18% de melaza (p/p) y 5% (v/p) de *L. Plantarum* AVG-112.

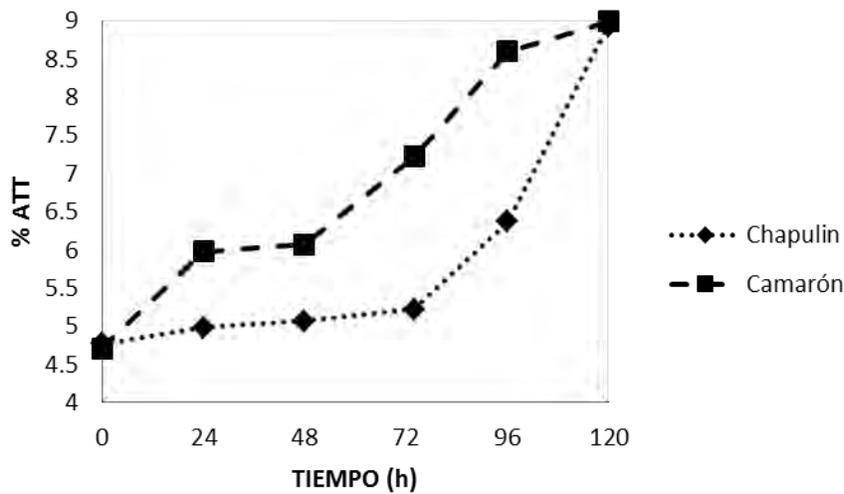


Figura 3. Producción de ácido láctico durante la fermentación de exoesqueletos de camarón y chapulín adicionados con 18% de melaza (p/p) y 5% (v/p) de *L. Plantarum* AVG-112.

Análisis Microbiológico

Los valores microbiológicos de los ensilados a las 120 h se presentan en el Cuadro 6 y el ensilado de camarón presenta valores de 132×10^6 UFC g^{-1} , de bacterias mesófilas aerobias incubadas 48 ± 2 h y el ensilado de chapulín de 230×10^6 UFC g^{-1} . En la determinación de coliformes totales en placa para ambos ensilados hubo ausencia, quedando dentro del límite máximo establecido por la Norma Oficial Mexicana (NOM-027-SSA1) (400 UFC g^{-1}), de igual

forma tuvo ausencia de mohos y levaduras lo mismo que para Salmonella sp, poniendo de manifiesto que los microorganismos patógenos son inhibidos por el proceso de ensilaje.

Tabla 6. Resultados de los análisis microbiológicas en los ensilados biológicos de los exoesqueletos de camarón y chapulín.

MUESTRAS	AEROBIAS MESOFILAS (UFC g ⁻¹)	COLIFORMES TOTALES (UFC g ⁻¹)	MOHOS Y LEVADURAS (UFC g ⁻¹)	SALMONELLA SP
Camarón	132 × 10 ⁶	Ausente	Ausente	Ausente
Chapulín	230 × 10 ⁶	Ausente	Ausente	Ausente

Por otra parte, se considera que la disminución en el valor de pH y la alta acidez favorece el desarrollo de los microorganismos ácido-lácticos en los ensilados lo que se puede constatar por la disminución general de los coliformes y la ausencia de Salmonella al final del tiempo de fermentación; la incorporación de sorbato de potasio es necesaria previniendo la contaminación del producto fermentado por levaduras que asimilan el ácido láctico (Lindgren y Pleje, 1983).

Conclusión

En la presente investigación se demostró la posibilidad de valorar dos fuentes de exoesqueleto de chapulín y camarón para producir ensilados por medio de fermentación ácido láctico. Los resultados obtenidos demuestran la importancia de los insectos que pueden ser transformados mediante fermentación ácido láctica en ensilados, adquiriendo alto valor agregado y minimizando los problemas de impacto ambiental y pueden utilizarse como suplemento parcial de la harina de chapulín en dietas prácticas en general. Las condiciones microbiológicas de los ensilados indican que la fermentación de estos desechos es inocua y puedan emplearse como insumos en dietas para alimentación animal.

Literatura citada

AOAC. Association of Official Analytical Chemist. 2005. Methods of analysis (15th ed.). Washington, D.C.

Cira, L., Huerta, S., Shirai, K. 2002. Fermentación láctica de cabezas de camarón (Penaeus sp) en un reactor de fermentación sólida. Revista Mexicana de Ingeniería Química 1:45-48.

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2012. Anuario estadístico de Acuicultura y Pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Edición 2012. México. 213 pp.

Fagbenro, O., Jauncey, K. 1993. Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silages. *Food Chemistry* 48:331-335.

Fagbenro, O.A., Jauncey, K. 1995. Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepinus*) fed dry diets containing co-dried lactic acid-fermented fish silage and protein feedstuffs. *Bioresource Technology* 51:29-35.

Leon, F.J. 2003. Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas tropicales nativas y ensilaje de sorgo y el efecto de la suplementación con residuos fermentados de pescadería. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 63 pp.

Lindgren S and Pleje M. 1983. Silage fermentation of fish or fish waste products with lactic acid bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 34:1057-1067.

Ramírez, J.C., Huerta, S., Arias, L. Prado, A. y Shirai, K. 2008. Utilization of fisheries by-catch and processing wastes for lactic acid fermented silage and evaluation of degree of protein hydrolysis and in vitro digestibility. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 7(3):1-10.

Santana-Delgado, H., Avila, E. and Sotelo, A. 2008. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology* 141:129-140

Vidotti, R. M., Carneiro, D. and MacedoViegas, E. 2002. Acid and fermented silage characterization and determination of apparent digestibility coefficient of crude protein for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 33(1):57-62.

Zar, H. J. 1999. *Biostatistical Analysis*. USA, Prentice Hall. 718 pp.

ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA PARA LA MICROPROPAGACION DE BANANO (*Musa × paradisiaca* cv. enano gigante L.)

Isabel Cruz-Villegas⁴⁴³, Jericó Bello-Bello⁴⁴⁴, Celia Castro-Gonzales⁴⁴³, Ricardo Sánchez Páez⁴⁴³ y
Juan Antonio Pérez-Sato^{443*}

Resumen

La micropropagación o propagación in vitro se refiere a la producción asexual de plantas utilizando técnicas de Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV). Recientemente, la micropropagación se ha popularizado en especies de importancia comercial, como es el caso del banano cultivar enano gigante (*Musa × paradisiaca* cv. enano gigante), el cual tiene una gran demanda en micropropagación ya que su propagación convencional es mediante cormos e hijuelos, de los cuales se obtiene una baja densidad de nuevas plantas y no garantiza una sanidad vegetal. El proceso de propagación in vitro consta de cinco etapas generales, las cuales son: a) selección de la planta madre, b) establecimiento de los cultivos in vitro, c) multiplicación del tejido, d) elongación y enraizamiento, e) aclimatización. El objetivo de este trabajo fue establecer un protocolo de micropropagación para banano enano gigante. Para realizar el protocolo se utilizaron diez plantas madres de banano previamente tratadas en invernadero, se utilizaron ápices como explantes que fueron desinfectados para su establecimiento in vitro, posteriormente los explantes fueron subcultivados para su multiplicación en medio de cultivo Murashige y Skoog (MS), adicionado con sacarosa, azul de metileno y regulador de crecimiento bencilaminopurina (BAP). Finalmente, los brotes fueron individualizados para su aclimatización, Como resultado se obtuvieron plantas sanas completamente adaptadas al medio ambiente. En conclusión, en el laboratorio de CTV del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, es posible llevar a cabo un protocolo eficiente y reproducible para la micropropagación de banano.

Palabras claves: Fitomejoramiento, cultivo de tejidos vegetales, propagación in vitro

⁴⁴³ Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. Km 348 carr. federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León. 94946, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México*Autor por correspondencia: direccor@colpos.mx

⁴⁴⁴ CONACYT. Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. Km 348 carr. federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León. 94946, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

Introducción

El Cultivo de Tejidos Vegetales es un área de la biotecnología vegetal, la cual bajo una serie de procesos permite establecer, mantener y desarrollar cualquier parte de una planta, esto bajo condiciones artificiales, axénicas y controladas (Pérez et al., 1999). Una de las técnicas de cultivo de tejidos vegetales es la micropropagación, esta consiste en que a partir de un fragmento de la planta madre conocido como explante, se obtienen grandes cantidades de plantas hijas genéticamente idénticas, en poco tiempo (Borges et al., 2009). Este proceso de micropropagación se puede realizar mediante embriogénesis u organogénesis, siendo esta última la más rápida y fácil de realizar y por lo tanto la más utilizada. Además, es posible obtener individuos libres de plagas y enfermedades y menos propensos a ellas cuando llegan a campo, empleando espacios reducidos y facilitando así los procesos del fitomejoramiento convencional practicados por los agricultores desde tiempos ancestrales, por lo que, en la actualidad constituye una de las aplicaciones más utilizadas en la biotecnología de plantas. El banano es una planta altamente demandada por las propiedades nutricionales que posee su fruto constituyendo una fuente importante de alimento para la población mundial. Este es propagado comúnmente mediante cormos e hijuelos, sin embargo, el cultivo convencional resulta ser lento y no garantiza la sanidad de las plantas, en cambio, las técnicas comerciales de micropropagación de bananos y plátanos han contribuido a mejorar las condiciones sanitarias de las plantaciones e incrementar su productividad (Castro et al., 2002). La micropropagación de banano y de cualquier especie vegetal consta de cinco etapas, cada una de ellas indispensables para el éxito del sistema, estas etapas son: a) selección de la planta madre, b) establecimiento de los cultivos axénicos, c) multiplicación del tejido, d) elongación y enraizamiento, e) adaptación al medio ambiente (Pérez et al., 1999). Debido a la gran demanda que han tenido los bananos propagados a nivel laboratorio, es necesario contar con un protocolo para la propagación in vitro de banano (*Musa × paradisiaca* cv. enano gigante), que, además de ser eficaz sea eficiente cumpliendo con los fines del cultivo in vitro en el menor tiempo posible y utilizando una menor cantidad de recursos. Por lo que el objetivo de este trabajo fue establecer un protocolo de micropropagación para banano enano gigante.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante el periodo enero-mayo 2017 en el Laboratorio de CTV del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, kilómetro 348 carretera federal Córdoba-

Veracruz, C.P. 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Localizado geográficamente a 19° 27' latitud N y 98° 53' longitud O, a 720 msnm.

Selección de planta madre. Para la selección de la planta madre se mantuvieron diez plantas de banano de 50 a 60 cm de altura, bajo condiciones de invernadero con el objetivo de reducir los niveles de contaminación, es decir, se mantuvieron libres de plagas y enfermedades, mediante la aplicación de fertilizantes, fungicidas y bactericidas a lo largo de 30 d. A los 30 d de tratar a las plantas madres, estas se sacaron de la maceta, se podaron de la raíz, se cortó el pseudotallo a una altura de 15 cm aproximadamente, se lavaron con agua corriente y detergente en polvo, posterior a esto se introdujeron al laboratorio. Una vez dentro de laboratorio se continuo con la desinfección de la planta madre.

Establecimiento de la planta madre. Se continuo con la desinfección de las plantas madres, realizando los siguientes pasos:

1. Se lavaron nuevamente con agua y jabón; y se utilizó un cepillo de cerdas suaves hasta quitar los excesos de tierra.
2. Se enjuagaron y se colocaron en un recipiente con una disolución de cloro comercial (cloralex) al 5%, durante 10 min.
3. Posteriormente se enjuago una vez más con agua destilada y se metieron a campana de flujo laminar.

Dentro de la campana de flujo laminar, los pseudotallos se flamearon con alcohol al 70%, consecutivo a esto se cortaron a una altura de 3 cm aproximadamente y se les retiraron las hojas hasta dejar descubierto el ápice a una medida alrededor de 1 cm de diámetro y una altura entre 1 y 2 cm. Inmediatamente después se sumergieron los ápices en una disolución de cloro comercial al 5% donde se mantuvieron durante 5 min y se enjuagaron en agua destilada estéril para quitar el exceso de cloro. Se repitió el proceso anterior, pero esta vez con una concentración al 3% de cloro durante 3 min. Se realizó un último enjuague a los ápices en una disolución de agua con 40 mg L⁻¹ de cisteína, finalmente cada uno de los ápices se colocaron en frascos de cristal de 200 mL con 25 mL de medio de cultivo para su establecimiento, incubándose a una temperatura de 24 ± 2 °C y un fotoperiodo de 16:8 h luz/oscuridad.

Etapas de multiplicación. Transcurridos 8 d, los ápices se desarrollaron formando un explante, el cual se cortó a una altura de 2 cm aproximadamente y se subcultivo en medio semisólido para su multiplicación vía organogénesis. A los 23 d los explantes ya multiplicados se dividieron con dos brotes cada uno y se subcultivaron por segunda vez en medio de

multiplicación. Se realizó un tercer subcultivo 23 d después. Los medios de cultivos utilizados para la etapa de establecimiento y la etapa de multiplicación son descritos en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Medio de cultivo utilizado en la etapa de establecimiento y etapa de multiplicación de banano enano gigante

	Establecimiento	Multiplicación
Medio MS (Murashige y Skoog, 1962)	10 mL L ⁻¹	10 mL L ⁻¹
Sacarosa	30 g L ⁻¹	30 g L ⁻¹
Bencilaminopurina (BAP)	0.2 mg L ⁻¹	4 mg L ⁻¹
Azul de metileno	1 mg L ⁻¹	1 mg L ⁻¹
Phytigel	2.5 g L ⁻¹	2.5 g L ⁻¹
pH	5.8	5.8

Etapa de elongación. Esta etapa se omitió y se pasaron los explantes directamente de multiplicación a la etapa de aclimatización.

Aclimatización: Para esta etapa se sacaron las plántulas del área de incubación 3 d previos a su salida del laboratorio a invernadero, se aflojaron las tapas de los frascos con el fin de romper con la atmósfera controlada y para que la planta pasara por un proceso de endurecimiento antes de pasar del medio semisólido a sustrato (tierra negra tamizada y previamente esterilizada). Transcurrido los 3 d los bananos fueron retirados del medio semisólido, se sumergieron en agua corriente y se limpiaron de los residuos de phytigel y de hojas poco coloridas. Se colocaron en agua corriente con 1 g de fertilizante foliar durante 30 min y después de esto se puso enraizador en el área de la raíz de la plántula antes de sembrarlos en el sustrato contenido en charolas de plástico negro con 40 cavidades.

Una vez sembradas las plántulas en sustrato húmedo se les colocaron domos sobre las charolas, el cual se selló con plástico adherible para controlar la temperatura exterior. Las charolas fueron llevadas a invernadero, se colocaron en el área de malla sombra (60% de sombra) durante dos semanas, después se colocaron en la parte más iluminada del invernadero, y se observaron los días posteriores a su adaptación *ex vitro*, pasándolas a macetas separadas cuando obtuvieron una longitud de 15 cm, aproximadamente.

Resultados y Discusión

Las plantas madres establecidas mediante ápices no presentaron contaminación después de su introducción al medio de cultivo, dando lugar a explantes vigorosos y libres de patógenos.

Transcurridos tres subcultivos se obtuvieron un total de 90 explantes por planta madre en un tiempo de 3 meses.

En la fase final de multiplicación, se lograron obtener plántulas vigorosas, sin raíces en su mayoría y con presencia de raíces pequeñas, las cuales no presentan ningún problema, ya que, al momento de ser pasadas al sustrato se aclimataron correctamente, tanto las plántulas con raíces, como las plántulas sin raíces, completando así el proceso de micropropagación vegetal (Figura 1).

El hecho de que las plántulas de banano hayan sobrevivido al momento de aclimatización, con o sin raíces, sugiere que el banano es capaz de sobrevivir ex vitro y generar sus raíces durante el proceso de adaptación al medio ambiente, sin necesidad de inducirlos con reguladores de crecimiento en la fase de cultivo in vitro de elongación y enraizamiento, lo que nos permite el establecimiento de un protocolo para la micropropagación de banano no solo eficaz sino también eficiente al reducir parte del proceso y por lo tanto costos.

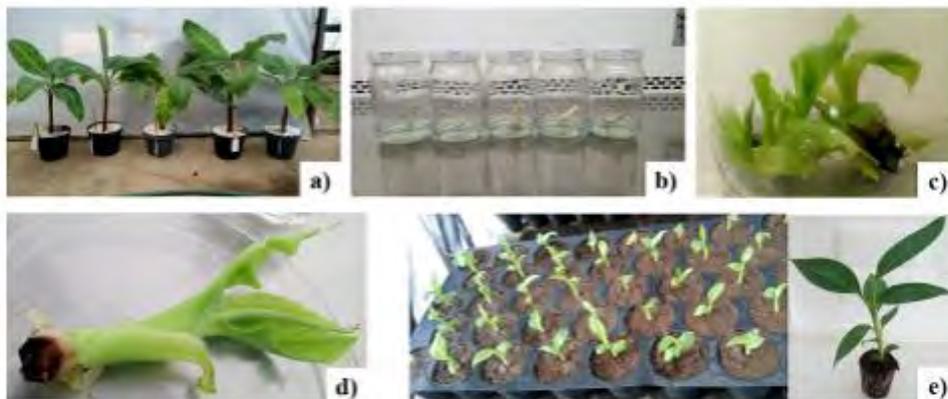


Figura 1. Sistema de micropropagación de banano; a) selección de la planta madre, b) establecimiento, c) y d) multiplicación, e) aclimatización.

Conclusiones

1. Se estableció un correcto protocolo para la micropropagación de banano, ya que todas los explantes sobrevivieron durante la micropropagación, libres de patógenos, aun cuando omitimos la etapa de elongación y enraizamiento.
2. Las plántulas obtenidas mediante este proceso de micropropagación presenta características viables para su comercialización.
3. Por lo tanto, este protocolo de establecimiento de banano es útil para futuros experimentos con técnicas actuales de micropropagación.

4. En el laboratorio de CTV del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, se cuenta con un protocolo eficiente y reproducible para la micropropagación de banano.

Literatura citada

Borges, M., Estrada, E., Pérez, I. y Meneses, S. 2009. Uso de los diferentes tratamientos de desinfección en el cultivo in vitro de *Dioscorea alata* L. clon caraqueño. *Rev Colomb Biotecnol.* 10:127-135

Castro, D., Díaz, J. y Montoya, N. 2002. Clonal propagation of bananas by biorreactors of temporary inmersión. *Asociación de Bananeros de Colombia.*

Murashige, T., y F. Skoog. 1962. A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. *Physiologia Plantarum.*

Pérez, E., Ramírez, H. y Núñez, N. 1999. *Introducción al Cultivo de Tejidos Vegetales.* Universidad Autónoma de Aguascalientes (ed), Primera edición México.

EFFECTO DE NANOPARTICULAS DE PLATA DURANTE EL ESTABLECIMIENTO *in vitro* DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)

Miriam Cristina Pastelín-Solano⁴⁴⁵, Nina Bogdanchikova⁴⁴⁶ y Jericó Jabín Bello-Bello^{447*}

Resumen

La contaminación microbiana representa uno de los principales problemas durante la fase de establecimiento en la micropropagación comercial. Las nanopartículas de plata (AgNPs) representan una alternativa para reducir los índices de contaminación. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la actividad antimicrobiana de AgNPs en el establecimiento *in vitro* de *Vanilla planifolia*. Se utilizaron segmentos nodales de 2 cm de longitud como explantes. Después de la desinfección superficial, se trataron los explantes con diferentes concentraciones de AgNPs (0, 25, 50 y 100 mg L⁻¹) y tiempos de exposición (5, 10 y 20 minutos) y se cultivaron en medio Murashige y Skoog suplementado con 3 g L⁻¹ de sacarosa sin reguladores de crecimiento bajo un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial. Después de tres semanas de cultivo *in vitro*, se registró el porcentaje de contaminación, la tasa de supervivencia y la longitud del brote para cada tratamiento. Los resultados mostraron que la aplicación de AgNPs redujo significativamente el porcentaje de contaminación. Con respecto a la tasa de supervivencia y la longitud del brote, cuando se expusieron a las AgNPs se incrementó la supervivencia y el crecimiento de los brotes. Estos resultados sugieren que el uso de AgNPs puede ser una alternativa eficaz y no tóxica para reducir la contaminación y promover el crecimiento durante el establecimiento *in vitro* de *V. planifolia* y otras especies.

Palabras clave: nanobiotecnología, actividad antimicrobiana, hormesis, micropropagación

Introducción

La micropropagación es un sistema biotecnológico para la producción a gran escala de materiales libres de enfermedades (Babu et al., 2015). La desinfección del explante es la

⁴⁴⁵ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Córdoba, México.

⁴⁴⁶ Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, México

⁴⁴⁷ Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, Amatlán de los Reyes, México. *Autor de correspondencia: jericobello@gmail.com

primera etapa más desafiante para establecer un cultivo aséptico y por lo tanto es un requisito para el éxito de la micropropagación de cualquier planta (Teixeira da Silva et al., 2015). Los organismos epífitos y endófitos pueden causar pérdidas severas en las plantas micropropagadas durante el establecimiento del explante. Se han utilizado compuestos tales como etanol, cloruro de mercurio, hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio, entre otros, para eliminar o inactivar contaminantes biológicos asociados con los tejidos vegetales (Arab et al., 2014). Sin embargo, la eficacia de algunos de estos métodos es baja y algunos de ellos son fitotóxicos (Bawana et al., 2015). Por otro lado, los antibióticos son caros, su rango de eficacia frente a diferentes tipos de bacterias no es amplio, y por lo general son térmicamente lábiles, tóxicos y puede dar lugar al desarrollo de resistencia en células bacterianas (Abdi et al., 2008; Ahmadian et al., 2015). Ante esto, es importante encontrar alternativas para la descontaminación de explantes durante el establecimiento in vitro. Aunque los efectos antimicrobianos de la plata frente a una amplia gama de microorganismos se conocen desde tiempos antiguos, hoy en día las nanopartículas de plata (AgNPs) tienen numerosas aplicaciones médicas e industriales (Mahna et al., 2013). Las AgNPs en cultivo de tejidos vegetales se han utilizado para reducir la contaminación en *Araucaria excelsa* (Sarmast et al., 2011), *Prunus amygdalus* X *Prunus persica* (Arab et al., 2014), *Dianthus caryophyllus* (Ahmadian et al., 2015) y *Hevea brasiliensis* (Moradpour et al., 2016).

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) se cultiva para la extracción de vainillina, una de las sustancias aromatizantes más importantes del mundo (Bory et al., 2008). La propagación sexual tiene baja germinación de semillas y la propagación vegetativa está limitada por el bajo número de individuos obtenidos por estacas de tallos de una sola planta. La micropropagación parece ser el mejor método para superar esos problemas y tiene el potencial de producir grandes cantidades de plántulas de vainilla en un tiempo corto. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de las AgNPs formulados como Argovit™ para la descontaminación durante el establecimiento in vitro de *V. planifolia*.

Materiales y métodos

Establecimiento in vitro. Se cortaron tallos de 40 a 50 cm de longitud de esquejes de *V. planifolia* de 6 meses de edad mantenidos bajo condiciones de invernadero. Se retiraron las hojas y se cortaron segmentos nodales de 2 cm de longitud como explantes. Estos se lavaron con agua corriente y jabón comercial durante 1 h. Los explantes se transfirieron a una campana de flujo laminar y se sumergieron en 50 mM de Captan (N-triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida) al 0.2% (p/v) durante 30 minutos, seguido de etanol al 70% durante 1 minuto y tres enjuagues con agua destilada estéril. Finalmente, los explantes se

sumergieron en hipoclorito de sodio al 0.6% (v/v) durante 10 minutos y después se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril.

Después de la desinfección de la superficie, los explantes se sumergieron en cuatro concentraciones diferentes de AgNPs (0, 25, 50 y 100 mg L⁻¹) con tres tiempos de inmersión diferentes (5, 10 y 20 minutos). Las soluciones se prepararon con agua destilada estéril.

Condiciones de cultivo. Los explantes se cultivaron en tubos de ensayo de 2.2 x 15 cm con 15 mL de medio MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 2 mg L⁻¹ 6-bencilaminopurina (BAP, Sigma Chemical Company, MO, EUA). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8 con hidróxido de sodio 0.1 N, fitagel al 0.27% (p/v) (Sigma Chemical Company, MO, USA) como agente gelificante y después se esterilizó en autoclave durante 15 minutos a 120°C. Los explantes se incubaron a 24 ± 2°C, 16 h fotoperiodo y 40 μmol m⁻² s⁻¹.

Diseño experimental y análisis de datos. El experimento se realizó utilizando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial compuesto por doce tratamientos con tres repeticiones. Cada replicación incluía diez tubos de ensayo. Después de tres semanas, se registró el porcentaje de explantes contaminados por hongos, bacterias y total, la longitud del brote para cada tratamiento. La transformación de arcoseno se realizó para datos experimentales tomados en porcentajes antes de someterlos al análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias de Tukey (p ≤ 0.05) utilizando el software estadístico SPSS.

Resultados y discusión

El análisis factorial de la varianza no mostró ninguna interacción entre las concentraciones de AgNPs y los tiempos de inmersión. La concentración de AgNPs tuvo un efecto significativo sobre todas las variables evaluadas. Los porcentajes de contaminación total más bajos (23.3, 20 y 18.3%) se obtuvieron en los tratamientos expuestos a 100 mg L⁻¹ de AgNps durante 5, 10 y 20 min, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto del tiempo de exposición y concentración de nanopartículas de plata durante el establecimiento in vitro de *V. planifolia* después de tres semanas de cultivo.

Tiempo (minutos)	AgNPs concentración (mgL ⁻¹)	Contaminación fúngica (%)	Contaminación bacterial (%)	Contaminación Total (%)	Supervivencia (%)	Longitud del brote (cm)
5	0	20.00 ± 2.88 a	26.66 ± 1.66 abcd	46.66 ± 1.66 a	53.33 ± 1.66 c	2.83 ± 0.16 bcd
	25	10.00 ± 0.00 b	28.33 ± 1.66 abcd	38.33 ± 1.66 ab	61.66 ± 1.66 bc	4.00 ± 0.00 ab
	50	10.00 ± 2.88 b	20.00 ± 5.00 abc	30.00 ± 5.77 ab	70.00 ± 5.77 abc	3.83 ± 0.44 abc
	100	6.66 ± 1.66 bc	16.66 ± 3.33 cd	23.33 ± 1.66 bc	76.66 ± 1.66 ab	3.66 ± 0.21 abc
10	0	21.66 ± 1.66 a	35.00 ± 0.00 a	46.66 ± 1.66 a	53.33 ± 1.66 c	2.66 ± 0.16 bcd
	25	5.00 ± 0.00 bc	33.33 ± 1.66 ab	38.33 ± 1.66 ab	61.66 ± 1.66 bc	2.33 ± 0.33 cd
	50	6.66 ± 1.66 bc	25.00 ± 5.00 abcd	31.66 ± 6.00 ab	68.33 ± 6.00 abc	2.50 ± 0.50 bcd
	100	4.00 ± 1.00c	16.00 ± 4.00 cd	20.00 ± 5.00 bc	80.00 ± 5.00 ab	4.80 ± 0.60 a
20	0	21.66 ± 1.66 a	36.66 ± 3.33 a	48.33 ± 1.66 a	51.66 ± 1.66 c	2.00 ± 0.00 d
	25	5.00 ± 0.00 b	33.33 ± 4.40 ab	38.33 ± 4.40 ab	61.66 ± 4.40 bc	3.00 ± 0.00 bcd
	50	6.66 ± 0.00bc	30.00 ± 2.88 ab	30.00 ± 2.88 ab	70.00 ± 2.88 abc	3.12 ± 0.08 bcd
	100	4.66 ± 1.66 c	11.66 ± 3.33 cd	18.33 ± 4.40 c	81.66 ± 4.40 a	3.30 ± 0.20 abcd
P- value						
Tiempo	0.064	0.594	0.390	0.390	0.010	
Concentración	0.362	0.000	0.003	0.003	0.001	
Tiempo x Concentración	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

Medias ± error estándar dentro de una columna la misma letra no son significativamente diferentes según prueba de Tukey P ≤ 0.05

Los mayores porcentajes de contaminación total se encontraron en los tratamientos de control sin AgNPs, con 46.66, 46.66 y 48.33%, en los tiempos de 5, 10 y 20 minutos, respectivamente. En la evaluación de la contaminación por hongos y bacterias, se obtuvo el porcentaje de contaminación por hongos más bajo en tratamientos de 100 mg L⁻¹ durante 5 minutos y tratamientos de 50 y 100 mg L⁻¹ para tiempos de exposición de 10 y 20 min, respectivamente, mientras que la mayor contaminación bacteriana se observó en tratamientos sin AgNPs en todos los tiempos evaluados. En general, la contaminación se redujo a medida que aumentaba la concentración de AgNPs.

Con respecto a la longitud, todos los brotes aumentaron su crecimiento cuando se sometieron a diferentes tiempos de exposición y concentraciones de AgNPs. Los explantes que no estuvieron expuestos a los AgNPs tuvieron la longitud más pequeña por brote (Tabla 1). La simple aplicación de AgNPs, independientemente de la concentración y el tiempo de exposición, tiene un efecto positivo sobre el crecimiento in vitro de vainilla en comparación con los tratamientos de control.

El uso de AgNPs como agentes antimicrobianos se ha vuelto más frecuente. Las AgNPs pueden ser una herramienta eficaz para eliminar los contaminantes de los tejidos de las plantas, pero sólo si se utilizan las dosis correctas y el tiempo de exposición adecuado (Mahna et al., 2013). Los resultados muestran que el uso de 100 mg L⁻¹ de AgNPs, independientemente del tiempo de exposición, disminuye significativamente la contaminación total. Los resultados coinciden con los obtenidos por Abdi et al. (2008), quienes mostraron que el uso de 100 mg L⁻¹ de solución de AgNPs durante 180 minutos después de la esterilización superficial dio como resultado el mayor porcentaje (89%) de explantes nodales desinfectados de *Valeriana officinalis*. Sarmast et al. (2011) en *Araucaria excelsa* demostraron que la contaminación microbiana se redujo drásticamente sumergiendo los explantes en una solución de 400 mg L⁻¹ de AgNPs durante 180 minutos. Mahna et al., (2013) también informaron que 100 mg L⁻¹ de AgNps durante 5 minutos es eficaz para descontaminar las semillas de *Arabidopsis thaliana*. En otros estudios, la inmersión de explantes en AgNPs ha disminuido la contaminación microbiana en *Lycopersicon esculentum* y *Solanum tuberosum* (Mahna et al., 2013), *Prunus amygdalus* X *Prunus persica* (Arab et al., 2014) y *Dianthus caryophyllus* L. (Ahmadian et al., 2015).

Según Mahna et al. (2013) el posible mecanismo a través del cual las AgNPs actúan como un agente desinfectante en este proceso puede estar en las propiedades de la plata misma. Los iones de plata claramente no poseen un solo modo de acción; interactúan con una amplia gama de procesos moleculares dentro de los microorganismos resultando efectos en la inhibición del crecimiento y pérdida de infectividad a través de la muerte celular (Abdi et al., 2008). La poca información existente sobre la actividad antimicrobiana de las AgNPs durante el establecimiento in vitro hace necesario continuar con estudios sobre varias especies, con

el fin de generalizar su uso. Los resultados muestran que las AgNPs tienen efecto antifúngico y antibacteriano durante el establecimiento *in vitro* de *V. planifolia* y son consistentes con los obtenidos por Arab et al. (2014), quienes mostraron la actividad antifúngica de AgNPs durante el establecimiento *in vitro* de *Prunus amygdalus* X *Prunus persica*.

Es importante señalar que la aplicación de AgNPs, en cualquiera de las concentraciones ensayadas, promueve el crecimiento y número de hojas en los brotes de *V. planifolia*. Según Almutairi y Alharbi (2015), la exposición a concentraciones específicas de AgNPs podría mejorar el crecimiento de las plantas en comparación con las plantas no expuestas, mientras que concentraciones más altas podrían afectar negativamente el crecimiento de las mismas. Este fenómeno de la dosis-respuesta, que se caracteriza por la estimulación de dosis bajas y la inhibición de altas dosis, se llama hormesis (Calabrese, 2008) y puede ser visto como un proceso compensatorio adaptativo después de una interrupción inicial en la homeostasis (Calabrese, 2016).

CONCLUSIÓN

El uso de AgNPs redujo la contaminación en comparación con los tratamientos sin AgNPs. Los resultados sugieren que la concentración de AgNPs es un factor de mayor importancia que el tiempo de exposición al que están sometidos los explantes. Además de las propiedades antimicrobianas de las AgNPs, su uso promueve el crecimiento de los explantes en comparación con los controles. El uso de AgNPs puede ser una alternativa para descontaminar los explantes durante el establecimiento aséptico de *V. planifolia* y otras especies.

LITERATURA CITADA

Abdi, G., H. Salehi and M. Khosh-Khui. 2008. Nano silver: a novel nanomaterial for removal of bacterial contaminants in valerian (*Valeriana officinalis* L.) tissue culture. *Acta Physiol. Plant.* 30(5):709-714.

Ahmadian, M., A. R. Babaei, S. Shokri, S. Hessami and M. M. Arab. 2015. Controlling the *in vitro* contamination of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) single nodes explant by Nano-silver. *Int. J. Agr. Bioscience* 4(4): 167-170.

Almutairi, Z. M. and A. Alharbi. 2015. Effect of silver nanoparticles on seed germination of crop plants. *J. Adv. Agr.* 4(1):283-288.

- Arab, M. M., A. Yadollahi, M. Hosseini-Mazinani and S. Bagheri. 2014. Effects of antimicrobial activity of silver nanoparticles on in vitro establishment of G× N15 (hybrid of almond × peach) rootstock. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 12(2):103-110.
- Babu, K. N., M. Divakaran, R. P. Raj, K. Anupama, K. V. Peter and Y. R. Sarma. 2015. Biotechnological approaches in improvement of spices: a review. pp. 487-516. In: Bahadur, B., L. K. Sahiram, M. Venkat-Rajam, and V. Krishnamurthy (eds.). *Plant Biology and Biotechnology*. Springer India.
- Bawana, J. M. S., A. L. Newsome and A. B. Cahoon. 2015. Surface decontamination of plant tissue explants with chlorine dioxide gas. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 51(2):214-219.
- Bory, S., M. Grisoni, M. F. Duval and P. Besse. 2008. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55(4):551-571.
- Calabrese, E. J. 2008. Hormesis: why it is important to toxicology and toxicologists. *Environ. Toxicol. Chem.* 27(7):1451-1474.
- Calabrese, E. J. 2016. Preconditioning is hormesis part I: Documentation, dose-response features and mechanistic foundations. *Pharmacol. Res.* 110:242-264.
- Mahna, N., S. Z. Vahed and S. Khani. 2013. Plant in vitro culture goes nano: nanosilver-mediated decontamination of ex vitro explants. *J. Nanomed. Nanotechnol.* 4(161):1.
- Moradpour, M., M. A. Aziz and S. N. A. Abdullah. 2016. Establishment of in vitro Culture of Rubber (*Hevea brasiliensis*) from Field-derived Explants: Effective Role of Silver Nanoparticles in Reducing Contamination and Browning. *J. Nanomed. Nanotechnol.* 7(375):2.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15(3):473-497.
- Sarmast, M., H. Salehi and M. Khosh-Khui. 2011. Nano silver treatment is effective in reducing bacterial contaminations of *Araucaria excelsa* R. Br. var. *glauca* explants. *Acta Biol. Hung.* 62(4):477-484.
- Teixeira da Silva, J. A., B. Winarto, J. Dobránszki and S. Zeng. 2015. Disinfection procedures for in vitro propagation of *Anthurium*. *Folia Hort.* 27(1):3-14.

BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

Ángel Mena García^{448*}, Julián Delgadillo Martínez⁴⁴⁸ y Adriana Patricia Gamboa Mendoza⁴⁴⁸

Resumen

Las rizobacterias fijadoras de nitrógeno y productoras de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal (fitohormonas) han sido estudiadas a lo largo de muchos años por su capacidad de promover el crecimiento en diferentes cultivos. En el presente trabajo se aislaron 96 cepas fijadoras de nitrógeno de la rizósfera de maíz de una parcela agrícola de Coyuca de Catalán, Guerrero, México, en la región Tierra Caliente. En condiciones in vitro, se determinó la capacidad de solubilizar fosfatos y se cuantificó la producción de ácido indolacético (AIA) a las 48 y 66 h. Como referencia se utilizó una cepa de *Azospirillum lipoferum* (Clave AZm5, que pertenece a la colección del Laboratorio de Microbiología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México). Los resultados indicaron que la solubilización de fosfatos solo fue realizada por la cepa AP4 y AZm5. En el ensayo de AIA a las 48 h, la producción fue de 4.88 (cepa AP4) a 33.35 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (AZm5) y a las 66 h la cepa AZm5 disminuyó la cantidad de AIA a 5.42 $\mu\text{g mL}^{-1}$ y la que produjo más fue la cepa MA2 (13.41 $\mu\text{g mL}^{-1}$). Se elaboró inoculante líquido con las cepas destacadas, se aplicó 7 d después de la siembra y se evaluó el efecto en el crecimiento de un genotipo de maíz criollo negro en condiciones de invernadero. Se estableció un experimento con un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. A los 20 y 30 después de inoculación (ddi), todas las cepas aumentaron la altura de la planta. El aumento a los 20 ddi fue de 4.4 a 30.9% y a los 30 ddi fue de 15.8 a 45.3% por las cepas MA8 y AP4, respectivamente. En el diámetro del tallo, peso seco de la parte aérea y radical no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: Ácido indolacético, inoculante, rizósfera, rizobacterias de vida libre.

Introducción

El maíz es un cultivo de gran importancia en México, debido a sus múltiples usos, ya que de este se elaboran diversos platillos que son parte fundamental de la alimentación de los

⁴⁴⁸ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México. angelmegar@hotmail.com

mexicanos, entre los que destaca la tortilla (Fernández et al., 2013). Esta planta puede cultivarse en diferentes partes del país, debido a que se adapta a altitudes desde el nivel del mar y hasta 4000 m, a diferentes regímenes hídricos y a un alto rango de temperatura que va desde los 10 hasta 40°C sin afectar su proceso de germinación, crecimiento, polinización y maduración (CATIE, 1990).

Existe una alta demanda de este grano, según la Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2013, fue el segundo producto más requerido a nivel mundial, siendo Estados Unidos de América el principal productor, mientras que México se ubicó en séptimo puesto (FAO, 2016). A nivel nacional, en el año 2014, Sinaloa se encontraba al frente en la producción y Guerrero se ubicaba dentro de los 10 primeros productores a pesar de tener una mayor superficie sembrada, lo que deduce que Guerrero tiene un bajo rendimiento en $t\ ha^{-1}$ (2.87). De los municipios que conforman este estado, se hace referencia a Coyuca de Catalán, debido a que fue el segundo municipio en producción de la región Tierra Caliente (51,565.60 t) (SIAP, 2016). Sin embargo a pesar de que destaca en ello, los gastos realizados por este municipio para solucionar la problemática de fertilidad son muy altos, ya que en el año 2010 se invirtió 49% (24, 335,531 millones) de recurso FAIMS (Fondo de apoyo a la infraestructura Social Municipal) en subsidio de fertilizantes (Méndez, 2012). A pesar de esto, el apoyo no es del todo benéfico, ya que de acuerdo al informe de desarrollo de capacidades del 2010, los productores no realizan una aplicación en cantidad de dosis correcta, esto por diversas razones, entre la que destaca la falta de confianza en la percepción de dosis adecuada (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2011). Esto ha generado deterioro de los suelos, traduciéndose en baja fertilidad de los mismos, ya que el 40% posee un grado de acidez (González et al., 2015). Los desórdenes en la fertilización se identifican como una problemática y son un factor desfavorable en el desarrollo del maíz, ya que los suelos en condiciones ácidas, afectan negativamente el tamaño de la planta y el número y tamaño de las mazorcas (Nájera y Moreno, 2004), lo que se traduce en pérdidas económicas para el productor.

En la actualidad, existen alternativas para solucionar algunos problemas que causan infertilidad de suelos, por medio de la utilización de bacterias promotoras del crecimiento en plantas; gracias a que algunos de los mecanismos por los cuales estas bacterias benefician el desarrollo de las plantas, es la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal y solubilización de fosfatos inorgánicos (Scagliola et al., 2016). Debido a lo anterior, este trabajo tiene como objetivo evaluar el crecimiento de maíz inoculado con cepas fijadoras de nitrógeno aisladas de este cultivo. Esto con el fin de solucionar, en parte, la situación de la Región Tierra Caliente generada por la utilización inadecuada de fertilizantes químicos. Con lo anterior se intenta reducir la dosis de aplicación de los mismos ya que se ha demostrado

que la inoculación con bacterias promotoras y una dosis de fertilizante se complementan, obteniendo resultados benéficos significativos en la producción de maíz (Ferreira et al., 2013) y trigo (Piccinin et al., 2013). En base a esto implementar una cultura de utilización de biofertilizantes (inoculantes); con repercusiones en el medio ambiente y en la fertilidad de los suelos.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México; y el ensayo experimental en el invernadero de la misma institución.

Trozos de raíces de maíz de 1 cm, lavados, y desinfectados con cloro comercial al 2% (García et al., 2010), fueron sembrados en tubos con 5 mL de medio Nfb semisólido (Canto-Martín et al., 2004) e incubados a 28°C por 3 d. A partir de estos, se aislaron y purificaron las cepas en medio Nfb rojo congo (Rodríguez-Cáceres, 1982) y Ashby manitol (Rueda et al., 2016) y se incubaron a 28°C durante 4 y 7 d, respectivamente.

El ensayo de solubilización de fosfatos se realizó en medio de cultivo Pikovskaya (Pikovskaya, 1948). Las cepas se sembraron por triplicado y se incubaron a 28°C durante 7 d. Para la cuantificación de ácido indolacético, se sembraron 20 µL de inóculo a concentración de 10^9 células mL⁻¹ de cada una de las cepas por duplicado, en tubos de polipropileno con 25 mL de medio de cultivo Luria Bertani. Estos se incubaron en agitación a 160 rpm a 48 y 66 h para cada lectura. Los tubos se centrifugaron a 7000 rpm durante 10 min y se colocaron 100 µL del sobrenadante por triplicado en pozos de microplaca para espectrofotometría y se adicionaron 200 µL de reactivo de Salkowski. Las muestras se leyeron a 530 nm con un periodo de incubación de 30 min a obscuridad y agitación. Para determinar la concentración de ácido indolacético se utilizó la curva estándar (Bric et al., 1991).

Experimento de efectividad en maíz de las cepas aisladas

Se seleccionaron las cuatro cepas más destacadas y se estableció un experimento en invernadero con 6 tratamientos: AP4, MA2, MA5, MA8, AZm5 y el testigo sin inocular (T) con cinco repeticiones cada uno. La semilla de maíz fue desinfectada con cloro comercial al 10% y enjuagada con agua destilada estéril, y se sembraron en sustrato estéril compuesto por tezontle 80% y vermiculita 20% (v/v). La inoculación de las plantas se realizó después de la germinación con 3 mL de inóculo a concentración 10^7 . Las plantas se regaron con agua destilada estéril y con solución Sandman sin fuente de nitrógeno (CIAT, 1988).

A los 20 d después de inoculación (ddi) se midieron las variables: altura de la planta y diámetro del tallo. A los 30 ddi las plantas se cosecharon y se midieron las variables: altura de la planta, diámetro del tallo, peso seco de la parte aérea y peso seco radical. Los datos fueron procesados y se realizó el análisis estadístico LSD (0.05) entre tratamientos con el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

Resultados y discusión

Solubilización de fosfatos

De las cepas aisladas, sola la cepa AP4 tuvo la capacidad de solubilizar fosfato en medio Pikovskaya, las tres restantes no formaron el halo de solubilización a los 7 días, por ello se denominaron negativas.

Cuadro 1. Ensayo de solubilización de fosfato.

Cepa	Solubilización de fosfato
AP4	+
MA2	-
MA5	-
MA8	-
AZm5	+

Ensayo de ácido indolacético

El triptófano es considerado precursor de la síntesis de AIA (Costacurta y Venderleyden, 1995). La cuantificación de AIA de las cepas aisladas en comparación con la cepa AZm5 arrojó resultados menores a las 48 h, la cepa MA5 produjo la menor cantidad en esta cuantificación con $4.52 \mu\text{g mL}^{-1}$ y la MA8 tuvo la mayor producción de esta sustancia de las cepas aisladas con $8.93 \mu\text{g mL}^{-1}$, sin embargo, la cepa AZm5 produjo $33.35 \mu\text{g mL}^{-1}$. La segunda cuantificación que se realizó a las 66 h y mostró disminución de la producción de AIA en la cepa AZm5 a $5.42 \mu\text{g mL}^{-1}$, mientras que en las cepas aisladas aumentó, ya que se obtuvieron resultados de 5.53 (MA5) a $13.41 \mu\text{g mL}^{-1}$ (MA2) (Figura 1). La producción de AIA varía entre las cepas de estudio, tal y como se menciona en los reportes de *Azospirillum* sp que produjo 49.66 y *Klebsiella* sp $40.55 \mu\text{g mL}^{-1}$ (Carcaño-Montiel et al., 2006) y *Pseudomonas fluorescens* $14.60 \mu\text{g mL}^{-1}$ (Hernández et al., 2004). Mientras que aislamientos de *Azotobacter* sp produjeron de 3.40 a 10.80 y hasta $32.8 \mu\text{g mL}^{-1}$ cuando se incubaron durante 15 d en medio de cultivo en ausencia y con dosis de $5 \mu\text{g mL}^{-1}$ de triptófano, respectivamente (Ahmad et al., 2005), y *Azospirillum brasilense* (Clave Yu62) con una

concentración de $41.5 \mu\text{g mL}^{-1}$ cuando se cultivó en medio Nfb con $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ de triptófano (Masciarelli et al., 2013).

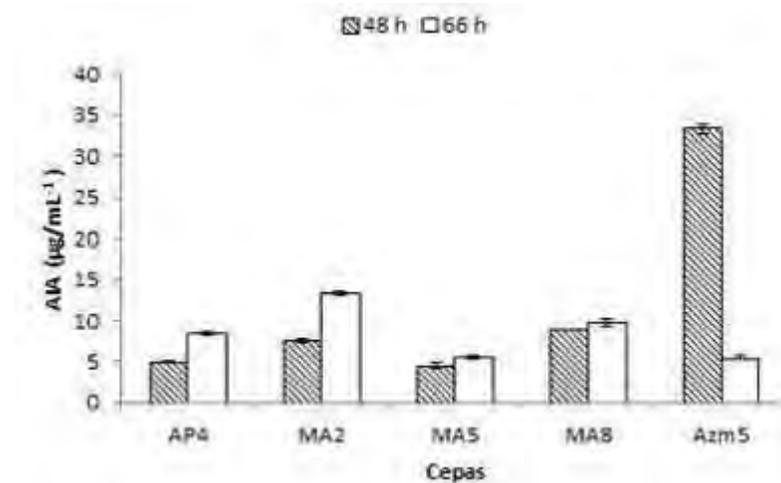


Figura 1. Producción de ácido indolacético (AIA) a las 48 y 66 h.

Efecto de las cepas en la altura de la planta y diámetro del tallo (20 y 30 ddi)

Los tratamientos con inoculación de las cepas aumentaron la altura de la planta, sin embargo, ningún tratamiento mostró diferencias significativas en el diámetro del tallo en las dos evaluaciones realizadas y tampoco existió relación entre estas dos variables. A los 20 ddi, la cepa AP4 registro el mejor beneficio, ya que aumentó la altura de la planta 30.9% por sobre el testigo sin inocular y también tuvo mejor efecto que la cepa control AZm5 (19.6%). A los 30 ddi, todas las cepas (AP4, AZm5, MA5, MA2 y MA8) registraron aumento en esta variable en 45.3, 43.4, 25.4, 20.0 y 15.8%, respectivamente, con los resultados obtenidos del testigo (Figura 2). Los resultados indican que no existió relación en cuanto a la producción de AIA de las cepas de manera in vitro y el beneficio que estas pueden generar en la planta cuando se asocian. Los resultados obtenidos fueron similares cuando se inoculó *Azospirillum brasilense* en maíz, ya que aumentó en 21.7% la altura y 19.9% al inocular *Pseudomonas fluorescens* a los 30 d (Gholami et al., 2009).

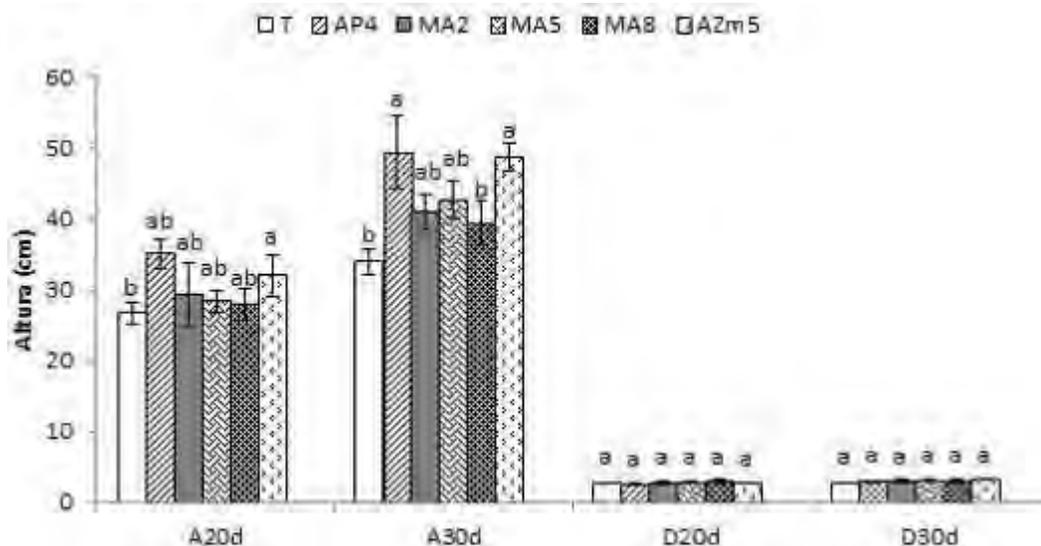


Figura 2. Efecto de las cepas en la altura de las plantas y diámetro del tallo a los 20 y 30 ddi. A20d=Altura 20 ddi, A30d=Altura 30 ddi, D20d=Diámetro del tallo 20ddi y D30d=Diámetro del tallo 30 ddi. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (LSD, $P \leq 0.05$).

Experimento de efectividad en maíz de las cepas aisladas

Todos los tratamientos aumentaron el peso seco aéreo, a pesar de ello, las diferencias significativas fueron nulas. El peso seco radical no se vio influenciado por los tratamientos inoculados en comparación con el testigo (Figura 3).

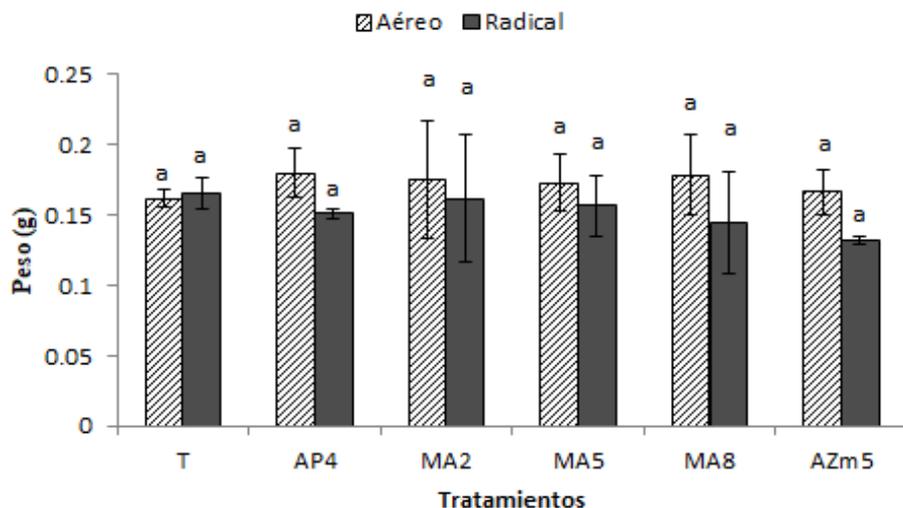


Figura 3. Efecto de la inoculación en el peso seco aéreo y radical a los 30 ddi. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (LSD, $P \leq 0.05$).

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, en otros experimentos se ha demostrado que el efecto de la inoculación depende del genotipo de la semilla a utilizar, ya que la influencia de *Azospirillum lipoferum* se vio reflejada al aumentar 40 mg y *Azospirillum*

brasileña 30 mg el peso radical en maíz en la variedad 39D82, pero en las variedades 39H84 y 39M27 la inoculación con *Azospirillum* brasileña no se manifestó en relación con las plantas sin inoculación en el peso seco radical, ni en el peso seco aéreo en la variedad 39H84 (Mehnaz y Lazorovits, 2006). Otros incrementos en el peso seco radical y aéreo se reportaron con dos cepas de *Azotobacter chroococcum* (Rojas-Tapias et al., 2012).

Conclusiones

No existió relación entre la cantidad de AIA producido por las cepas y el efecto benéfico de estas cuando se inocularon en las plantas. Sin embargo, todas las plantas de los tratamientos inoculados con las cepas aisladas mostraron beneficio en la altura de la planta y aumentaron el peso seco aéreo, en comparación con aquellas del tratamiento sin inocular (T), además la cepa AP4 aumentó en mayor medida la altura de la planta, en comparación con la cepa AZm5 (control) y mostró relación en el peso seco aéreo y la altura de la planta. Por ello, los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran la capacidad de las bacterias en la promoción del crecimiento en maíz y da a conocer la importancia de la investigación de las cepas nativas silvestres para generar información que sirva en parte para la solución de problemas locales agrícolas.

Literatura citada

- Ahmad, F., Ahmad, I. and Khan, M. S. 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and fluorescent *Pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. *Turkish Journal of Biology* 29(1):29-34.
- Bric, J.M., Bostock, R.M. and Silverstone, S.E. 1991. Rapid in situ assay for indoleacetic-acid production by bacteria immobilized on a nitrocellulose membrane. *Appl. Environ Microb.* 57 (2):535-538.
- Canto-Martín, J. C., Medina-Peralta, S. y Avelino, D. M. 2004. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacquin). *Tropical and subtropical Agroecosystems* 4(1):21-27.
- Carcaño-Montiel, M. G., Ferrera-Cerrato, R., Pérez-Moreno, J., Molina-Galán, J. D. y Bashan, Y. 2006. Actividad nitrogenasa, producción de fitohormonas, sideróforos y antibiosis en cepas de *Azospirillum* y *Klebsiella* aisladas de maíz y teocintle. *Terra Latinoamericana* 24(4):493-502.

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1990. Guía para el manejo integrado de plagas en el cultivo de maíz. CIDIA. Turrialba, Costa Rica. 88 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1988. Simbiosis leguminosa-rizobio. Manual de métodos de evaluación, selección y manejo agronómico. CIAT. Cali, Colombia. 203 p.
- Costacurta, A. and Vanderleyden, J. 1995. Synthesis of phytohormones by plant-associated bacteria. *Critical reviews in microbiology* 21(1):1-18.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Ganadería y Agricultura). 2016. Producción de cultivos. Producto: Maíz. Región: Mundo + (Total). Año: 2013. <http://faostat3.fao.org/home/S>. [Consultado el 15 de marzo de 2016].
- Fernández Suárez, R., Morales Chávez, L. A. y Gálvez Mariscal, A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:275-283.
- Ferreira, A. S., Pires, R. R., Rabelo, P. G., Oliveira, R. C., Luz, J. M. Q. and Brito, C. H. 2013. Implications of *Azospirillum brasilense* inoculation and nutrient addition on maize in soils of the Brazilian Cerrado under greenhouse and field conditions. *Applied Soil Ecology* 72:103-108.
- García, F., Muñoz, H., Carreño, C. y Mendoza, G. 2010. Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum* spp. y su efecto en el desarrollo de *Oryza sativa* L. "Arroz" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria* 1:107-116.
- Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *Int. J Biol. Life. Sci.* 1(1):35-40.
- González, M.R., Noriega C.D.H., Pereyda, H.J. y González, Z.S.V. 2015. Potencialidad de los suelos del estado de Guerrero, Mayo 2014-Abril 2015. *Foro de Estudios sobre Guerrero* 1(2):500-505.
- Hernández, A., Rives, N., Caballero, A., Hernández, A. N. and Heydrich, M. 2004. Caracterización de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz en la producción de metabolitos del tipo AIA, sideróforos y ácido salicílico. *Revista Colombiana de Biotecnología* 6(1):6-13.

- Masciarelli, O., Urbani, L., Reinoso, H. and Luna, V. 2013. Alternative mechanism for the evaluation of indole-3-acetic acid (IAA) production by *Azospirillum brasilense* strains and its effects on the germination and growth of maize seedlings. *The Journal of Microbiology* 51(5):590-597.
- Mehnaz, S., and Lazarovits, G. 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. *Microbial Ecology* 51(3):326-335.
- Méndez, L. M. 2012. Programa de fertilizante subsidiado en Guerrero, transparencia y rendición de cuentas. Mexican Rural Development Research Reports. Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington DC, 82.
- Nájera, G. C., and Moreno, L. L. 2004. Comportamiento de familias s1 de maíz en distintos ph del suelo. *Bragantia* 63(1):63-72.
- Piccinin, G. G., Braccini, A. L., Dan, L. G., Scapim, C. A., Ricci, T. T. y Bazo, G. L. 2013. Efficiency of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on agronomic characteristics and yield of wheat. *Industrial Crops and Products* 43:393-397.
- Pikovskaya, R. I. 1948. Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya* 17:362-370.
- Rodríguez Cáceres, E. A. 1982. Improved medium for isolation of *Azospirillum* spp. *Applied and Environmental Microbiology* 44(4):990-991.
- Rojas-Tapias, D., Moreno-Galván, A., Pardo-Díaz, S., Obando, M., Rivera, D. and Bonilla, R. 2012. Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*). *Applied Soil Ecology* 61:264-272.
- Rueda, D., Valencia, G., Soria, N., Rueda, B. B., Manjunatha, B., Kundapur, R. R. et al. 2016. Effect of *Azospirillum* spp. and *Azotobacter* spp. on the growth and yield of strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 6(1):48-54.
- SAGARPA (Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación). 2011. Informe de Evaluación de Desempeño de los PSP de la componente Desarrollo de Capacidades con base en la percepción de los productores 2010. Guerrero.142 p.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. Version 9.0.SAS institute. Cary, NC., USA.

Scagliola, M., Pii, Y., Mimmo, T., Cesco, S., Ricciuti, P. and Crecchio, C. 2016. Characterization of plant growth promoting traits of bacterial isolates from the rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare* L.) and tomato (*Solanum lycopersicon* L.) grown under Fe sufficiency and deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry* 107:187-196.

SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2016. Producción agrícola. Ciclo: Año agrícola (OI + PV) 2014. Modalidad: Riego + temporal. Maíz. www.siap.gob.mx. [Consultado el 20 de marzo de 2016].

PRODUCTOS ARTESANALES DE ZARZAMORA: FUENTE DE ANTIOXIDANTE DE LA COSECHA A TU MESA

Rodríguez, Ruiz Álvaro Rafael^{449*}, María del Carmen Ramírez Benítez⁴⁵⁰, Neil Abdiel Felipe Mendoza⁴⁴⁹, Karla Daniela Hernández González⁴⁴⁹ y Vianey del Rocío Torres Pelayo⁴⁴⁹

Resumen

Las zarzamoras o moras, son frutos obtenidos de unos arbustos espinosos de la familia Rosáceas (género *Rubus*, spp), éstas pueden encontrarse en vida silvestres o cultivadas. En el mercado, tiene una gran demanda comercial, el cual se ha visto beneficiado varios productores del país de México. Para el estado de Veracruz, una familia productora de la comunidad de Atecáxil, municipio de Hiscuacan de los Reyes, se dedican al cultivo, elaboración de licor y mermelada artesanal derivado de la zarzamora, el cual ha sido un desarrollo económico sustentable y son considerados como bienes comestibles para la salud. El objetivo principal de este estudio fue evaluar la cantidad presente de compuestos considerados como antioxidantes en productos artesanales a base de zarzamora, flavonoides y antocianinas totales. Para ello, se realizaron pruebas fitoquímicas cualitativas y cuantitativas mediante dos métodos. En la evaluación cualitativa, se encontró tanto en el licor como en la mermelada de zarzamora mayor presencia de alcaloides, flavonoides y cumarinas. La concentración de flavonoides totales con el método uno, en la mermelada, se obtuvo un promedio de 144.08 mgEQ/mL y en el licor de 26.547 mgEQ/ mL. En el método dos se obtuvo un promedio de 105.161 mgEQ/ mL y 56.94 mgEQ/ mL, respectivamente. Para las antocianinas totales se obtuvo un promedio de 21.80 mg/L en la mermelada y 18.03 mg/L en el licor de zarzamora; encontrando así cantidades favorables de antioxidantes en ambos productos, dándole así un valor agregado a dichos productos, y realizando otros estudios, estos productos podrían competir en el mercado artesanal y el consumidor podría estar ingiriendo antioxidantes en su dieta diaria.

Palabras claves: Desarrollo sustentable, metabolitos secundarios, polifenoles, *Rubus ssp*

⁴⁴⁹ Laboratorio de Productos Naturales y Biotecnología. Autor de correspondencia: vitorres@uv.mx

⁴⁵⁰ Laboratorio de Toxicología. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.

Introducción

El fruto de zarzamora (*Rubus* spp) de la familia Rosaceae, pertenece al tipo de clima templado húmedo (Schneider, 1980) es un arbusto sarmentoso de ramas arqueadas y espinosas, con hojas compuestas, de borde aserrado y dispuestos de forma palmeada. El fruto es una polidrupa, rojiza al principio y finalmente negra brillante cuando madura, está compuesta por pequeños glóbulos que contienen en su interior semillas muy pequeñas.

Se ha reportado que los frutos contienen una gran cantidad de compuestos polifenólicos como proantocianidinas, flavonoides y antocianinas (Aguilera-Ortiz et al., 2011); el cual son considerados nutraceuticos a la salud humana (Stanton, et. al. 2000) por poseer propiedades antioxidantes, que ayudan a reducir las enfermedades cardiacas y cerebrovasculares (Martínez-Cruz et al., 2011; Lillo et al., 2016). Considerando estas propiedades y la gran importancia comercial que tiene la zarzamora en los últimos 15 años; la producción de los frutos ha aumentado considerablemente y ha dejado a los productores un gran capital debido a su demanda tal es el caso de la comunidad Atecáxil, Ixhuacán de los Reyes, Veracruz; donde existe una familia productora local que se involucran con la siembra de la zarzamora, elaboración del licor y mermelada de manera artesanal, como su principal fuente económica para ellos y estos podrían ser considerados como bienes comestibles para la salud de quienes comprenden estos productos. Por lo tanto, en este estudio, tuvo como objetivo principal evaluar los productos artesanales de zarzamora producidos en la comunidad de Atecáxil, Veracruz para identificar compuestos con actividad antioxidantes, flavonoides y antocianinas; y ser una alternativa de fuentes de antioxidantes para el consumo en la dieta diaria del ser humano y proporcionando así un valor agregado a los productos artesanales de la región para que puedan competir en un futuro en el mercado artesanal.

Materiales y Métodos

Localidad

Atecáxil es una población perteneciente al municipio de Ixhuacán de los Reyes, en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Esta localidad, cuenta con 263 habitantes y se encuentra a 1580 metros sobre el nivel del mar (msnm). Tiene un clima de templado húmedo, la mayor parte de la población se dedica a la venta de queso de cabra, cría de gallinas criollas, producción de huevos y elaboración de productos artesanales a base de zarzamora, como fuente de sustento económico.

Colecta de material

Se obtuvieron muestras de licor y la mermelada de zarzamora envasados por los productores de la comunidad de Atecáxil, Ixhuacán de Los Reyes, Veracruz; estos se conservaron en refrigeración hasta su análisis.

Obtención de extracto de mermelada artesanal de zarzamora

Se pesó 5 g de mermelada artesanal de zarzamora y se vertió en un vaso de precipitado que contenía 25 mL de etanol y 25 mL de agua simple (1:1), posteriormente se centrifugó durante 14 minutos a 6000 rpm para el extracto. El extracto se almacenó en el refrigerador para su análisis.

Obtención de extracto de licor artesanal de zarzamora

Para obtener el extracto, se tomó 30 mL de licor y se vertió en un tubo falcón para centrifugar a 6000 rpm durante 14 minutos y temperatura ambiente.

Prueba fitoquímica preliminar en licor y mermelada de zarzamora artesanal

Se realizó una prueba fitoquímica preliminar tanto al licor como a la mermelada de zarzamora, para ello se utilizó la técnica de Domínguez (1979).

Presencia de alcaloides

La presencia de alcaloides se determinó por medio de las técnicas de Mayer, Dragendorff y Wagner. La reacción de Meyer que consistió en agregar de 5 gotas del reactivo a 1 mL de extracto; la reacción de Dragendorff consistió en agregar 5 gotas de reactivo a 1 mL del extracto y la reacción de Wagner se realizó agregando 5 gotas del reactivo a 1 mL de extracto. La presencia de alcaloides se consideró positiva si se presenciaba un precipitado color blanco a crema; precipitado color anaranjado-marrón y precipitado color café.

Presencia de flavonoides

Se aplicaron las pruebas de Shinoda, cloruro férrico (FeCl_3) y ácido sulfúrico (H_2SO_4). La prueba de Shinoda se realizó adicionando 500 μL de HCl concentrado y 2 virutas de Mg metálico a un 1 mL del extracto. La prueba se consideró positiva al dar una coloración naranja, rojo, rosa, rosa-azul o violeta en los primeros 3 minutos. En la prueba de ácido sulfúrico se adicionaron 500 μL de H_2SO_4 a 1 mL de extracto, la prueba es positiva si se observó coloración amarilla y, en la de cloruro férrico se adicionaron 3 gotas de esta sal al 10% a 1 mL de extracto, la prueba es positiva si se obtuvo coloración verde, azul o negro.

Presencia de saponinas

La prueba de espuma consistió en tomar 5 mL de cada extracto y adicionarlo en un tubo, seguidamente estos se colocaron en un baño maría (60°C) durante 30 minutos. Posteriormente, los tubos se agitaron de 30 a 40 segundos y se dejaron reposar durante 30 minutos. Se consideró positiva la presencia de saponinas si se observó la formación de una capa de espuma mayor de 3 cm persiste en la superficie líquida.

Presencia de terpenos

Se agregaron 20 µL de cloroformo al 1%, 3 gotas de anhídrido acético, 1 mL de ácido sulfúrico y 500 µL de reactivo Lieberman Bouchard en 2 mL de extracto de licor y mermelada artesanal de zarzamora. La prueba fue positiva si al reactivo de Lieberman-Bouchard si presentó un anillo verde, interfase marrón.

Obtención de la muestra para cuantificar flavonoides y antocianinas totales

La mermelada se sometió a una extracción por sonicación con etanol 96% (baño ultrasónico Cole-Parmer® 8891) durante 30 minutos, pasando después por un agitador magnético durante 1.5 h. El licor de zarzamora se filtró con papel Whatmán número 4. Los extractos obtenidos se concentraron a presión reducida en un rotavapor a una temperatura controlada. A todos los extractos se les realizó las pruebas fitoquímicas, cuantificación de antocianinas y flavonoides totales, así como concentración, promedio y desviación estándar.

Cuantificación de flavonoides totales

El método colorimétrico de cloruro de aluminio se utilizó para la determinación de flavonoides. Se tomaron 200 µL del extracto concentrado de mermelada y licor de zarzamora y se mezclaron con 800 µL de etanol al 96% más 1 mL de cloruro de aluminio al 2%; se incubó la mezcla por 30 minutos a temperatura ambiente y en ausencia de luz; la absorbancia se midió a 420 nm. Para la curva de calibración se usaron soluciones de quercetina entre 0-50 µg. Los resultados se expresaron en miligramos (mg) de Querceina (EQ, equivalentes de quercetina) por kilogramo (Kumazawa et al., 2004; Cruz-Martínez, 2013).

El segundo método se tomó 100 µL de extracto concentrado de licor y mermelada de zarzamora con 400 µL de una solución metanol-agua (1:1) y 75 µL de una solución de nitrato de sodio al 5%. Se dejó reposar durante 5 minutos y se agregó 150 µL de AlCl₃ 10% y se dejó reposar durante 1 minuto para agregar 425 µL de solución NaOH 1 molar. Por último, se agregó 850 µL de agua destilada (modificado por los autores, 2017).

Cuantificación de antocianinas totales

La determinación de antocianinas totales se realizó usando el método propuesto por Di Stefano y Cravero (1989), descrito por Ivanova et al. (2010) y Salazar et al. (2011). Se mezcló 200 µL del extracto concentrado de licor y mermelada de zarzamora con 1800 µL de una solución de etanol/H₂O/HCl (70:30:1) e inmediatamente después se midió la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro. El contenido de antocianinas totales se calculó usando la siguiente ecuación:

$$TA_{540nm} \text{ (mg/L)} = A_{540nm} \times 16,7 \times d$$

Donde:

A_{540nm} es la absorbancia a 540nm y d es la dilución (Martínez-Cruz et al., 2011).

Resultados y Discusión

Prueba fitoquímica preliminar en licor y mermelada de zarzamora artesanal

En el Cuadro 1 se aprecia la presencia mayoritaria de alcaloides, flavonoides y cumarinas tanto en licor como mermelada de zarzamora. En menor cantidad, se observó menor presencia de saponinas en la mermelada de zarzamora, no hubo presencia de terpenos en ambos productos. Se sugiere que el tipo de preparación de ambos los productos, influyeron en la mayor o menor presencia de los metabolitos secundarios.

Cuadro 1. Muestra el estudio fitoquímico preliminar del licor y mermelada de zarzamora producidos en Atecoxil, Ixhuacán de los Reyes, Veracruz.

Metabolito secundario	Alcaloides				Flavonoides		Saponinas	Terpenos	Cumarinas
	Mayer	Wagner	Dragendorff	Shinoda	Cloruro férrico	Acido sulfúrico	Prueba de espuma	Anillo verde	Anillo fosforescente
Mermelada	+	++	++	++	++	-	-	-	+
Licor	-	+++	+++	+++	+++	+	+	-	+++
-	No existe presencia de metabolitos secundarios								
+	Escasa presencia de metabolitos secundarios								
++	Moderada presencia de metabolitos secundarios								
+++	Abundante presencia de metabolitos secundarios								

Cuantificación de flavonoides

En las Figuras 1 y 2, se pueden observar que se obtuvo mayor presencia de flavonoides totales en la mermelada que en licor de zarzamora, esto se debe al diferente método de preparación de ambos, por ejemplo, el licor de zarzamora se adicionó una mezcla de etanol-

agua, mientras que la mermelada de zarzamora se tomó directamente el fruto adicionándole una cantidad de agua. Cartaya y Reynaldo (2001) sugieren que los flavonoides son muy solubles en agua, los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo coinciden con estos autores, la mermelada de zarzamora de la localidad de Atecáxil, se elabora con agua, y por lo tanto, favoreció una mayor extracción y concentración de flavonoides al momento de ser analizado.



Figura 1. Concentración flavonoides de licor y mermelada de zarzamora artesanal producidos en Atecaxil, Ixhuacán de los Reyes, Veracruz.



Figura. Concentración de flavonoides de licor y mermelada de zarzamora producidos en Atecaxil, Ixhuacán de los Reyes, Veracruz.

Quantificación de Antocianinas Totales

En la Figura 3 podemos observar que se encontró mayor presencia de antocianinas en la mermelada que en el licor de zarzamora. Fennema (1993) y Strack y Wray (1994) sugirieron que las antocianinas son muy solubles en agua, nuestros resultados muestran que el licor de zarzamora al estar constituido con una mezcla etanol-agua, por lo tanto, la extracción de las antocianinas puede variar en el tipo y cantidad de antocianinas debido al tipo de solvente que originalmente tiene el licor, mientras que la mermelada solo tiene agua en su preparación, y

está puede presentar otro tipo de antocianinas y quizás sea el de mayor cantidad presente en el fruto, por lo tanto se logró cuantificar mayor presencia de antocianinas. Fuentes (2005) afirma que otros factores que pueden afectar la presencia de antocianinas de un producto, por ejemplo, especie, variedad, estado fisiológico del futo, posición del fruto en la planta, aplicación de productos químicos en cada cosecha, y como resultado, esto puede variar la presencia o cantidad del metabolismo primario y/o secundario.

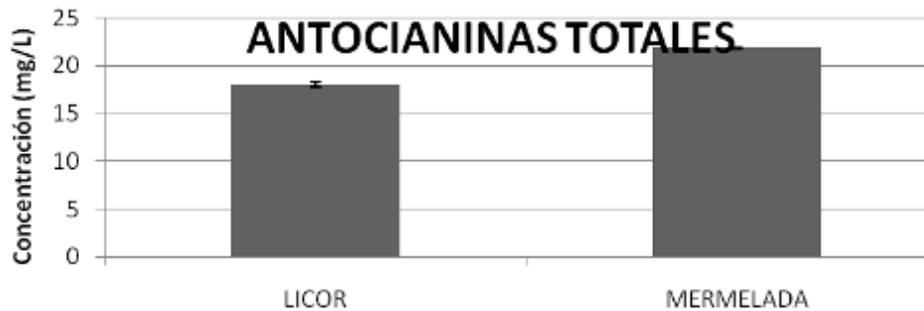


Figura 3. Antocianinas totales en licor y mermelada de zarzamora artesanal producidas en Atecaxil, Ixhuacán de los Reyes, Veracruz.

Conclusión

Los productos artesanales de licor y mermelada de zarzamora artesanal de la localidad de Atecáxil, Veracruz, son ricos en antioxidantes tales como antocianinas y flavonoides. Este análisis tanto cualitativo y cuantitativo, muestra que los flavonoides están presentes después de un proceso de elaboración y transformación del fruto de zarzamora. Con estos resultados, ambos productos de la región, podrían tener un valor agregado y dan una mayor credibilidad para que puedan competir en el mercado artesanal en un futuro.

Agradecimientos

El presente trabajo no hubiera sido posible realizarlo gracias a los productores de la comunidad de Atecáxil, Veracruz por brindar de los materiales de apoyo como son los productos de licor y mermelada de zarzamora artesanal para sus respectivos estudios. A la Facultad de Biología, Universidad Veracruzana de Xalapa, Veracruz, por brindarme el espacio para desarrollar el siguiente proyecto y una gratitud a la Dra. Vianey del Rocío Torres Pelayo por brindarme la confianza para realizar este proyecto, así como a la Dra. María del Carmen Ramírez Benítez por asesorar el proyecto en el proceso de su realización y, al apoyo de mis compañeros del laboratorio de Ecología Evolutiva de la Facultad de Biología,

Universidad Veracruzana, Xalapa Veracruz. Proyecto registrado en el SIVU-Universidad Veracruzana.

Literatura citada

Aguilera-Ortíz, M., Reza-Vargas M. C., Chew-Madinaveitia R. G., Meza-Velázquez J. A. 2011. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 13(2):16-22.

Caraya O., Reynaldo I. 2011. Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*. 22(2):5-14.

Domínguez, X. 1979. *Métodos de investigación fotoquímica*. Limusa. México. pp 81-90.

Fuentes, W. 2005. Extracción, cuantificación, y estabilidad de colorants naturales presentes en los frutos de *Prunus capulí crav.* (cereza), *Rubus urticaefolius* Poir (Mora) y *Sambucus canadensis* L. (Sauco) como alternativas naturales de consumo de los colorantes rojo No. 40, rojo No. 2 y rojo No. 2 en bebidas en el rango de ph: 3, 4 y 5.

Fennema, O. 1993. *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España.

Lillo, A., Carvajal-Caiconte F., Núñez D., Balboa N., Alvear-Zamora M. 2016. Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 42(2).

Martínez-Cruz, N. S., Arévalo-Niño K., Verde-Star M. J., Rivas-Morales C., Oranday-Cárdenas A., Núñez-González M. A., Morales-Rubio E. 2011. Antocianinas y actividad antiradicales libres de *Rubus adenotrichus* Schldl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 42(4):66-71.

Kumazawa, S., Hamasaka, T., Nakayama, T., 2004. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry* 84, 329–339.

Stefano, R Di, Cravero MC, Gentilini N. 1989. Methods for the study of wine polyphenols *L' enotecnico* 25 (5), 83-89.

Strack, D., Wray V. The Anthocyanins. In: Harbone JB, editor. *The Flavonoides*. Advances in research since 1986. Boca Raton FL: CRC Press; 1994.

Schneider, G. W., 1980. *Cultivo de árboles frutales*. Continental, Mexico, D.F. 445 pp.

Stanton William J, et al., (2000). *Fundamentos de marketing*. (undécima edición). McGraw-Hill/InterAmericana Editores, S.A. de C.V.

PLANTAS AROMÁTICAS COMO ALTERNATIVAS MEDICINALES: EL CASO DE *Salvia urica* Epling

Karla Daniela Hernández Gonzalez⁴⁵¹, Vianey del Rocio Torres Pelayo⁴⁵¹, Beatriz Palmeros Sánchez⁴⁵², María del Carmen Ramírez Benítez⁴⁵² y Margarita Virginia Saavedra Vélez⁴⁵³

Resumen

Salvia urica es una planta aromática de la familia Lamiaceae utilizada tradicionalmente en algunas regiones de México y en el estado de Veracruz en el municipio de Juchique de Ferrer, para tratar la diabetes mellitus entre otras enfermedades. Se realizó la caracterización fitoquímica preliminar del extracto acuoso y etanólico de *S. úrica*, para identificar la presencia de los principales metabolitos y se cuantificó el contenido de tres familias de compuestos de naturaleza fenólica (flavonoides, fenoles y feniletanoides, con la finalidad de asociarlos con las propiedades antidiabéticas descritas para dicha planta. Se determinó la presencia de flavonoides, alcaloides y cumarinas para ambos extractos, con diferencias en el contenido de los compuestos fenólicos, presentándose con mayor abundancia en el extracto acuoso. La presencia de estos compuestos en los extractos, justifican estudios posteriores en modelos animales para validar el uso de la infusión de esta planta como un antidiabético natural y seguro para los pobladores.

Palabras clave: flavonoides, fitoquímico, diabetes, extracto acuoso, metabolitos

Introducción

El género *Salvia* L., se encuentra dentro de la familia Lamiaceae, destaca por su diversidad y endemismo en México, con alrededor de 300 especies (Villaseñor, 2004). De forma tradicional a las especies de este género se les atribuyen propiedades medicinales a nivel digestivo, dermatológico, ginecológico, endocrino y urinario. Debido a sus cualidades aromáticas las plantas de esta familia se utilizan en perfumería, aromaterapia y como condimentos y especias. Sus hojas son empleadas en infusión a razón y las flores maceradas en vino, en decocción o extractos de su aceite esencial (Zarzuelo et al., 1990).

⁴⁵¹ Laboratorio de Productos Naturales y Biotecnología

⁴⁵² Laboratorio de Toxicología, Facultad de Biología

⁴⁵³ Facultad de Química Farmacéutica, Universidad Veracruzana. *dani_14_osc@hotmail.com

Salvia urica (Epling) es una especie nativa de las montañas de las zonas montañosas de México con clima templado y húmedo. Crece en una amplia variedad de hábitats de 300 a 2.440 m de altura. Sus hojas son deltoides y de 2 a 6 pulgadas de largo, con bordes ligeramente en diente de sierra y las flores son de color azul-violeta. Se caracteriza por tallos, hojas y cálices cubiertos de pelos largos y blancos (Clebsch, 2003).

Estudios etnobotánicos reportan el uso de *Salvia urica* en infusión como planta antidiabética en la región de Oaxaca, mas sin embargo no se reportan estudios científicos en los que se haya evaluado y comprobado su efecto hipoglucemico y se desconocen los compuestos que podrían ser responsables de la actividad hipoglucemica en esta especie (Castro et al., 2014).

El objetivo de este trabajo fue determinar el perfil fitoquímico foliar del extracto acuoso y etanólico de *Salvia úrica*, planta usada en la medicina tradicional contra la diabetes y determinar compuestos mayoritarios; con la finalidad de asociarlo con las propiedades antidiabéticas. Estos resultados servirán posteriormente para realizar pruebas biológicas en modelos de ratas diabéticas y validar su uso popular.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

Santiago Xihuitlan Juchique de Ferrer, es una localidad perteneciente al Municipio de Juchique de Ferrer, Veracruz. Se localiza a 20°43'14.9" N y 101°19'41.2" W, situada a 920 msnm. Su clima es cálido regular con temperatura promedio 25°C, su precipitación pluvial anual es de 999.8 mm. Su suelo es tipo luvisol, su vegetación y fauna es característica del ecosistema subtropical perennifolio. Cuenta con 2,000 habitantes, y sus principales actividades son la agrícola y la ganadería.

Colecta de material biológico

La colecta de hojas de *S. urica* se realizó en la localidad de Santiago Xihuitlan Juchique de Ferrer, Ver. Se seleccionaron hojas saludables, y se guardaron en bolsas de papel previamente etiquetadas y se transportaron en un contenedor frio a 4°C, posteriormente fueron congelarlas hasta su utilización en el laboratorio de biotecnología de productos naturales de la Facultad de Biología, Campus Xalapa, Ver. Adicionalmente se colectaron ejemplares para realizar la identificación taxonómica en el herbario de la Facultad de Biología Campus Xalapa, Veracruz.

Obtención de los extractos

Para la realización de los extractos se descongelaron las hojas a temperatura ambiente, fueron pesadas y cortadas en trozos pequeños. El extracto acuoso se obtuvo por infusión, la cual se preparó de la forma tradicional pesando una hoja fresca (0.2 g/125 mL) de agua potable hirviendo y se dejó actuar por 5 min. El extracto etanólico se realizaron pesando 0.2 g de material fresco en 125 ml de disolvente en matraz Erlenmeyer y colocándolos en un sonicador durante 60 minutos, después fueron reposados durante 24 h en refrigeración.

Caracterización fitoquímica preliminar

Se realizó la caracterización fitoquímica preliminar para identificar la presencia de alcaloides, flavonoides, saponinas, terpenos y/o esteroides, siguiendo la metodología de Domínguez (1979). La presencia de alcaloides se determinó por medio de las técnicas de Mayer, Dragendorff y Wagner. Para flavonoides se realizó la prueba de Shinoda, Cloruro Férrico (FeCl_3) y Ácido sulfúrico (H_2SO_4). Los terpenos fueron caracterizados con la prueba de Liebermann–Burchard, la cual indica la presencia probable de este tipo de metabolitos, pero también otros tipos de sustancias, tales como; glicósidos cardiotónicos, los esteroalcaloides di y triterpenos, y las saponinas por contener estructuras comunes. Para la determinación de Cumarinas se utilizó KOH 0.5 M y se observó a una longitud de onda de 336 nm. Para la presencia de saponinas se realizó la prueba de espuma. La abundancia del metabolito secundario de las pruebas fitoquímicas preliminares se registra con (+++) para indicar mayor contenido de metabolitos, (++) mediana cantidad, (+) poca cantidad y (–) ausencia de metabolitos.

Cuantificación de compuestos fenólicos por el método de Glories

El método de Glories permite la cuantificación de tres familias de compuestos de naturaleza fenólica: flavonoides expresados como quercetina a 360 nm, fenoles expresados como ácido gálico a 280 nm, y ésteres de ácido cafeico expresados como ácido cafeico a 320 nm. Para obtener las curvas de calibración se prepararon soluciones madre de los respectivos estándares (quercetina, ácido gálico y ácido cafeico). Las concentraciones de los extractos fueron de 1mg/mL, por triplicado. Se tomaron 50 μl de cada uno de los extractos y se mezclaron con 50 μl de HCl al 0.1% en EtOH (95%), posteriormente se le adiciono 900 μl de HCl al 2% para un volumen total de 1ml. Las soluciones se dejaron reposar durante 15 min y se procedió a leer las absorbancias de cada tubo a 3 longitudes de onda 280, 320 y 360 nm. Se establecieron las curvas de calibración para cada uno de los patrones (ácido gálico, ácido cafeico y quercetina) a las tres longitudes de onda en estudio: 280, 320 y 360 nm., obteniéndose así las ecuaciones de absorbancias en función de la concentración que fueron empleadas para cumplir los objetivos propuestos. Se desarrolló a continuación las

ecuaciones de las rectas para determinar la concentración de los 3 patrones a las longitudes de onda y poder así corregir las concentraciones reales de derivados fenólicos (280 nm), feniletanoides (320 nm) y de flavonoles (360 nm). De esta manera se establecieron las siguientes ecuaciones basadas en las curvas de calibración:

Cuadro 1. Ecuaciones de la recta para determinar concentración de compuestos fenólicos.

Abs	Acido gálico	Acido cafeico	Quercetina
280	$y=0.0484x - 0.0853$ R = 0.9970	4) $y=0.0586x- 0.019$ R=0.9964	7) $y=0.0189x - 0.0110$ R = 0.9987
320	$y=0.0030x - 0.0362$ R = 0.9567	5) $y=0.1017x+0.0175$ R=0.9978	8) $y=0.0235x + 0.0191$ R = 0.9994
360	$y=0.0014x - 0.0362$ R= 0.8465	6) $y=0.0120x+ 0.0082$ R= 0.9838	9) $y=0.0474x + 0.0261$ R= 0.9996

La concentración de estos componentes en la muestra se calculó de acuerdo para quercetina $A_{360muestra}=Ec.9$, para el caso de ácido cafeico se ocupó la fórmula $A_{320}=Ec.8+Ec.5$ y para el ácido gálico $A_{280}=Ec.7+Ec.4+Ec.1$

Resultados y discusión

Caracterización Fitoquímica preliminar

La caracterización fitoquímica preliminar de los extractos de las hojas de *S. urica* mostró la presencia de alcaloides, flavonoides y cumarinas, para los dos extractos (acuoso y etanólico) mostrando un contenido alto de alcaloides y flavonoides, y menor presencia de cumarinas. La presencia de saponinas solo se observó en el extracto acuoso, y los triterpenos y esteroides en el extracto etanólico. Las diferencias en los contenidos de metabolitos secundarios entre extractos se muestran en el Cuadro 1.

Los flavonoides presentan propiedades antioxidantes y permiten la eliminación de radicales libres por lo que desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en enfermedades como la diabetes, cardiopatía isquémica y cáncer. Mientras que los alcaloides se utilizan terapéuticamente como estimulantes cardiacos y cerebrales, pero no se les relaciona con propiedades antidiabéticas.

Cuadro 2. Caracterización fitoquímica preliminar de los extractos de *Salvia urica*.

Pruebas fitoquímicas	Extracto acuoso	Extracto etanólico
Alcaloides		
Mayer	+	+++
Dragendorff	+++	+++
Wagner	+++	++
Flavonoides		
FeCl ₃	+++	++
Shinoda	++	--
H ₂ SO ₄	+	--
Saponinas		
Espuma	++	--
Terpenos y/o esteroides		
Liebermann-Bouchard	--	+
Cumarinas		
Fluorescencia	+	+

Contenido de compuestos fenólicos y flavonoides

En ambos extractos se cuantificaron las tres familias de compuestos de naturaleza fenólica siendo mayor en el extracto acuoso. La concentración de los feniletanoides derivados de ácido cafeico y fenoles fue mayor en el acuoso y ligeramente menor en el extracto etanólico. El contenido de los tipos de compuestos se expresa en µg/ml equivalentes a ácido cafeico de los feniletanoides, el de flavonoides equivalentes a quercetina y fenoles equivalentes a ácido clorogenico. El extracto acuoso obtuvo un total de 10.3 µg/ml y el etanólico de 9 µg/ml. Presentándose con mayor abundancia los feniletanoides y fenoles en ambos extractos. Los resultados se aprecian en la Figura 1.

Los compuestos fenólicos han sido descritos por su capacidad antioxidante y para contrarrestar el estrés oxidativo. Se les atribuye efecto en el metabolismo de carbohidratos, mediante diferentes mecanismos de acción como la inhibición en la digestión de carbohidratos, absorción de glucosa en el intestino, disminución en la producción de glucosa por el hígado y la activación de la cascada de señalización de insulina y la estimulación de la secreción de insulina por las células β pancreáticas (Knekt et al., 2002; Asgar, 2013; Zakłós-Szyda et al., 2015).

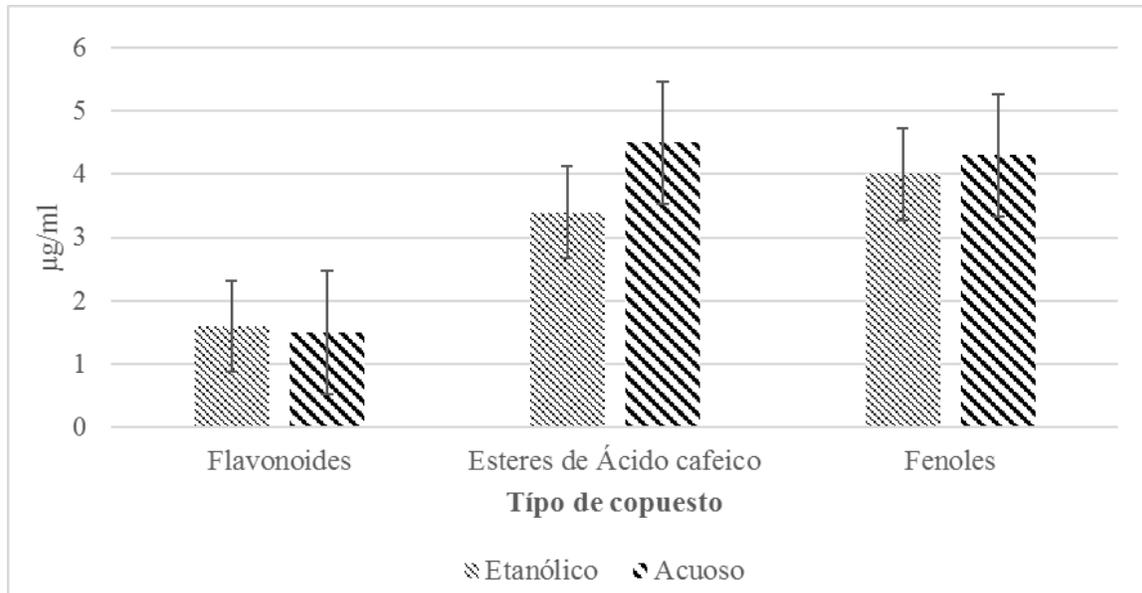


Figura 1. Contenido de tres familias de compuestos de naturaleza fenólica en los extractos de *Salvia urica*.

El ácido cafeico y compuestos derivados, se comportan como antioxidantes en modelos in vitro e in vivo, poseen propiedades para controlar los niveles de glucosa (Rodríguez y Hadley, 2002). Estudios en modelos animales describen que el ácido cafeico y otros ácidos fenil-carboxílicos disminuyen la producción de glucosa en células de hepatoma de rata, y su efecto ha sido evaluado en ratas diabéticas, y normales, mostrando un efecto positivo en la normalización de los niveles de glucosa en ratas diabéticas, sin mostrar efecto en ratas normales.

Conclusión

En *Salvia urica* están presentes metabolitos secundarios como los flavonoides, alcaloides, terpenos, saponinas y cumarinas, sin embargo, existen diferencias en el contenido de compuestos fenólicos, terpenos y saponinas con respecto al disolvente utilizado para la extracción.

El extracto acuoso presenta mayor contenido de compuestos fenólicos, principalmente feniletanoides por lo que la propiedad hipoglucemiante que se le atribuye a la infusión de la planta podría estar relacionada con estos compuestos.

Es necesario realizar estudios más específicos como la cromatografía para determinar las diferencias específicas en los perfiles de los extractos, y la naturaleza de los compuestos. También es necesario evaluar las propiedades de la planta en modelos in vivo como la rata Wistar.

Literatura citada

Asgar, A. 2013. Anti-Diabetic Potential of Phenolic Compounds, A Review. International Journal of Food Properties 16:91-103.

Castro Juárez, C. J., Villa Ruano, N., Ramírez García, S. A., y Mosso González, C. 2014. Uso medicinal de plantas antidiabéticas en el legado etnobotánico oaxaqueño. Revista Cubana de Plantas Medicinales 19(1):101-120.

Clebsch, B. 2003. The new book of salvias: sages for every garden (Vol. 881925608). Portland, Or.: Timber Press 344p.-illus., col. Illus. ISBN.

Knekt, P., Kumpulainen, J., Järvinen, R., Rissanen, H., Heliövaara, M., Reunanen, A., Hakulinen, T., y Aromaa, A. 2002 Flavonoid intake and risk of chronic diseases. The American Journal of Clinical Nutrition 76:560–568.

Rodríguez de Sotillo DV y Hadley M. 2002. Chlorogenic acid modifies plasma and liver concentrations of: cholesterol, triacylglycerol, and minerals in (fa/fa) Zucker rats. J Nutr Biochem. 13:717-26.

Villaseñor, J.L. 2004. Los generos de plantas vasculares de la flora de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75:105-135.

Zaklos-Szyda, M., Majewska, I., Redzyna, M., y Koziolkiewicz, M. 2015. Antidiabetic Effect of Polyphenolic Extracts from Selected Edible Plants as α -Amylase, α -Glucosidase and PTP1B Inhibitors, and β Pancreatic Cells Cytoprotective Agents a Comparative Study. Current Topics in Medicinal Chemistry 15:1-12.

Zarzuelo A, Risco S, Gamez MJ, Jimenez J, Camara M y Martinez MA. 1990. Hypoglycemic action of *Salvia lavandulifolia* Vahl ssp *oxyodon*: a contribution to Studies on the mechanism of action. Life Sciences 47:909-915.

PRODUCCIÓN DE DOS ANTÍGENOS RECOMBINANTES DERIVADOS DE LA PROTEÍNA S DEL VIRUS DE DIARREA EPIDÉMICA PORCINA (VDEP)

José Luis Cerriteño Sánchez⁴⁵⁴, Leonel Sanabria Valle⁴⁵⁴, Luis Gómez Núñez⁴⁵⁴, Lilia Itzel Álvarez León⁴⁵⁴, Rocío Lara Romero⁴⁵⁴ y José Francisco Rivera Benítez^{454*}

Resumen

La diarrea epidémica porcina (DEP) fue detectada en México en 2014 y es responsable de la disminución de la producción porcícola en territorio nacional. A pesar de ello, han sido pocos los desarrollos biotecnológicos relacionados con la enfermedad. El agente etiológico es el virus de la diarrea epidémica porcina (VDEP), el cual exhibe en su envoltura a la proteína S, es la proteína más expuesta del virión, caracterizada como la más inmunogénica y considerada el principal blanco para el desarrollo de biológicos. Es por esto que ha aumentado el interés por producir de manera recombinante la proteína S y usarla como herramienta para el estudio de DEP. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue el producir dos antígenos recombinantes provenientes de la proteína S, usando como sistema de expresión a *E. coli*. Los marcos de lectura abierto (ORFs) de la proteínas denominadas como S(1135) y S(834) fueron recuperadas a partir de brotes recientes en México, los cuales contienen al menos 24 epítomos antigénicos. Los productos de PCR fueron clonados en el vector de expresión pETSUMO y usados para transformar la cepa BL21(DE3). La sobreproducción de las proteínas fue corroborada por geles SDS-PAGE, Western blot y Maldi tof/tof. Ambas proteínas fueron purificadas a partir de cuerpos de inclusión por medio de cromatografía de afinidad, con un rendimiento del 1.32 y 1.95%. Ambos antígenos fueron reconocidas por sueros de cerdos infectados con VDEP con una alta especificidad en ensayos de Western blot, sugiriendo que poseen los determinantes antigénicos. Generando así dos proteínas antigénicas derivadas de la proteína S del VDEP con potencial para desarrollar sistemas de detección y prevención oportuna.

Palabras clave: Virus de la diarrea epidémica porcina, proteína S, proteínas recombinantes, *E. coli*

⁴⁵⁴ Laboratorio de Virología. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal, INIFAP. rivera.francisco@inifap.gob.mx.

Introducción

La diarrea epidémica porcina (DEP) es una enfermedad viral la cual afecta a cerdos de todas las edades y cuyo agente etiológico es el virus de la diarrea epidémica porcina (VDEP), apareció y se propagó por primera vez en Europa en 1978 (Pensaert y de Bouck, 1978). Recientemente, en China, la enfermedad se ha convertido en un problema severo a partir del 2010 para las provincias productoras de cerdo. Los animales afectados presentan diarrea acuosa, deshidratación, adelgazamiento de las paredes y reducción de las vellosidades del intestino. Finalmente, en estos brotes se pudieron identificar la aparición de nuevas cepas del virus (Li et al., 2012). Hasta el 2013, la pandemia había sido un problema exclusivo del viejo mundo, pero en abril de ese mismo año el laboratorio de diagnóstico de la Universidad de Iowa analizó muestras de cerdos que presentaron vómito y diarrea, con una tasa de mortalidad del 90-95% en lactantes, después por medio de RT-PCR fue posible identificar al VDEP como el agente causal con un porcentaje de similitud mayor al 99% con las cepas de China del 2012, confirmando la entrada de la enfermedad a América (Stevenson et al., 2013). En México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) comunicó a la OIE en mayo del 2014, la posible presencia de la enfermedad, y un proyecto de investigación fue llevado a cabo para analizar 2309 sueros de animales con signos clínicos por qRT-PCR, encontrándose una prevalencia del 30%. Por otro lado, solamente un artículo científico ha sido publicado por un grupo de investigación de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), en el cual se logró el aislamiento del virus proveniente de brotes en el país (Trujillo-Ortega et al., 2016). Desde entonces la pandemia ha causado pérdidas económicas importantes en EU, Canadá y México. El agente etiológico es un virus de ARN de cadena sencilla de polaridad positiva, perteneciente a la familia Coronaviridae, subfamilia Coronavirinae y al género Alphacoronavirus. El genoma del virus posee alrededor de 28 kb, con al menos siete marcos de lectura abierto (ORFs) (ORF1a, ORF1b y ORF2-6) (Kocherhans et al., 2001) El 3'ORFs codifica para cuatro proteínas estructurales: la proteína S, la proteína de membrana (M), la proteína de envoltura (E) y la proteína de la nucleocápside (N) (Duarte et al., 1994; Kocherhans et al., 2001; Lai et al., 2007). La proteína S es la proteína más expuesta del virión, es una proteína tipo I la cual interactúa con el receptor celular y estimula la producción de anticuerpos neutralizantes (Hofmann y Wyler, 1989; Pospischil et al., 2002; Lai et al., 2007). Por esto, recientemente ha crecido el interés por la producción de la proteína S en sistemas de expresión heterólogos, de los cuales el sistema procarionte de *E. coli*, ha generado los mejores resultados. En este sistema se han generado proteínas recombinantes truncadas provenientes de la proteína S, con las cuales se han generado anticuerpos monoclonales capaces de detectar específicamente la presencia del virus en diversas muestras infectadas con el virus (Wang et

al., 2015) y por otro lado, la proteína recombinante derivada del N-terminal de la proteína S, mostró resultados similares (Cao et al., 2013). Además, la producción de la proteína S de manera recombinante ha hecho posible el desarrollo de sistemas de detección tipo Elisa indirecto, al usarlo como antígeno, resultando en un sistema específico, sensible y repetible (Li et al., 2015). Sin embargo, en México no se ha llevado a cabo el desarrollo de proteínas recombinantes que ayuden en el estudio, diagnóstico y prevención de la enfermedad, por ello en el presente trabajo se muestra la producción y caracterización de dos proteínas recombinantes producidas en *E. coli* derivadas de la proteína S del VDEP, con potencial para ser incorporadas a diversos sistemas de prevención y diagnóstico.

Materiales y Métodos

El marco de lectura abierto de la proteína S fue obtenido de la cepa de USA/Colorado/2013 con número de acceso en el GeneBank: AGY31028. El algoritmo de Kolaskar y Tongaonkar (1990), fue usado para predecir los epítomos antigénicos presentes en la proteína S. La secuencia de las proteínas S(1135) y S(834), seleccionadas por poseer un buen número de epítomos antigénicos, fueron amplificadas por PCR a partir de los vectores pJET-S(1135) y Topo-S(834), los cuales contienen el ORFs de dichas proteínas, los cuales fueron previamente obtenidos en nuestro grupo de trabajo a partir de muestras de animales infectados de brotes recientes en México (datos no mostrados). El producto de PCR fue clonado en el vector de expresión pETSUMO para obtener dos plásmidos recombinantes denominados pETSUMO-S(1135) y pETSUMO-S(834). Los plásmidos fueron corroborados por patrones de restricción, PCR y secuenciación. Posteriormente, los vectores de expresión fueron usados para transformar la cepa de expresión BL21(DE3) por choque térmico, las cepas sobre productoras fueron denominadas BL21-S(1135) y BL21-S(834). La sobreproducción de las proteínas recombinantes fue llevada a cabo usando una concentración final de 2 mM de IPTG a 0.5 unidades de absorbancia (UA) a 600 nm durante 16 h de inducción. La producción fue corroborada mediante geles SDS-PAGE al 12% y Western blot. Posteriormente, las proteínas fueron recuperadas llevando a cabo la extracción de los cuerpos de inclusión por rompimiento mecánico y solubilizando la fase insoluble con sarcosyl al 5% durante 12 h en agitación constante. El cuerpo de inclusión soluble fue cargado a una columna de cromatografía de afinidad por iones metálicos inmovilizados (IMAC) y eluido usando imidazol a una concentración de 500 mM en un buffer de Tris-HCl pH8. Las proteínas purificadas fueron analizadas mediante geles SDS-PAGE y mediante cromatografía de masas Maldi tof/tof. La concentración de las proteínas fue determinada mediante el método de Bradford (1976) usando albúmina bovina como estándar.

Resultados y discusión

Determinación de epítomos antigénicos en las proteínas S(1135) y S(834)

Al llevar a cabo el análisis de la secuencia aminoacídica de la cepa de Colorado 2013, la cual es una de las cepas más estrechamente relacionadas con las cepas mexicanas, se encontraron 24 determinantes antigénicos presentes en la secuencia de las proteínas S(1135) y S(834) (cuadro 1).

Cuadro 1. Determinantes antigénicos encontrados en las secuencias de las proteínas S(1135) y S(834).

EPÍTOPOS DE LA PROTEÍNA S(1135)	
SECUENCIA	POSICIÓN
NSTWYCAGQHPTASGVHGFVSH	8-30
DPSGYQLYLH	47-56
ARLRICQF	67-74
TGRNCLFNKAIPAH	90-103
SEHSVVG	105-111
DRVTVFSDKIYYFY	117-130
RVATKCYNS	137-145
GCAMQYVYEPTYMLNV	147-163
ISYQPCTANCIGYAANVFA	171-189
NWFLLSNDSTLVHGKVVSNQPLLVNCLLAIPKIYGLGQ	204-241
IDGVCNGAAVQRAPE	249-263
DTSVILAEGSIVLHT	271-285
TNFSFVCSN	289-297
NPHLATFAIPLGATQVPYYCFLKVDTYNSTVYKFLAVLPPTVR EIVITKYGDVYVNGFGYLHLGLLDAVTI	300-370
EPÍTOPOS DE LA PROTEÍNA S(834)	
GQLLAFK	4-10
TSGAVYSVTPCSFSEQAAYVDDDIVGVISSLSS	13-45
CTEPVSV YSNIGVCK SGSIGYVP SQSGQVKI AP	67-99
RTEYLQLYNTPVSVDCATYVCNG	116-138
RCKQLLTQYTAACKTIESALQLSARLESVEVNS	141-173
ISEEALQLATI	177-187
FTNVLGVSVD	197-207
ASGRVVQK	209-216
FIEDLLFNKVV	219-230
SVADLVCAQYYSGVMVLPGVVDA	248-270

YSNIGVCK, **SQSGQVKI** = Epítomos reportados por Sun et al. (2008).

Como se puede observar en el cuadro anterior, las secuencias de las proteínas derivadas de la proteína S del VDEP, presentan varios determinantes antigénicos, la proteína denominada como S(1135) presenta 14 epítomos distribuidos a lo largo de toda su secuencia. Esta región corresponde a una porción del N-terminal de la proteína que es clave para el reconocimiento del receptor celular y permitir la entrada del virus a la célula, además de ser la región más expuesta del virus. Por otro lado, la proteína denominada como S(834) presenta 10 epítomos distribuidos de igual forma a lo largo de toda la secuencia aminoacídica, esta proteína proviene de una porción interna de la proteína S que contiene al menos dos epítomos determinados como inmunogénicos por Sun et al. (2008) y que forman parte importante en la formación de anticuerpos neutralizantes en el cerdo y cuyas secuencias están marcadas en negritas en el Cuadro 1. Finalmente, se decidió expresar de manera recombinante estas proteínas puesto que generarían antígenos con varios epítomos distribuidos a lo largo de su secuencia aminoacídica.

Sobre expresión y purificación de las proteínas S(1135) y S(834)

Después de clonar los ORFs de las proteínas S(1135) y S(834) en el vector de expresión pETSUMO, se obtuvieron cepas sobre productoras transformadas con los vectores de expresión. Las cepas denominadas como BL21-S(1135) y BL21-S(834) fueron llevadas a expresión usando IPTG como inductor y posterior a 16 horas de inducción, la producción de las proteínas fue analizada en geles SDS-PAGE, donde se observó la presencia de dos bandas de sobreproducción al peso molecular esperado (Figura 1).

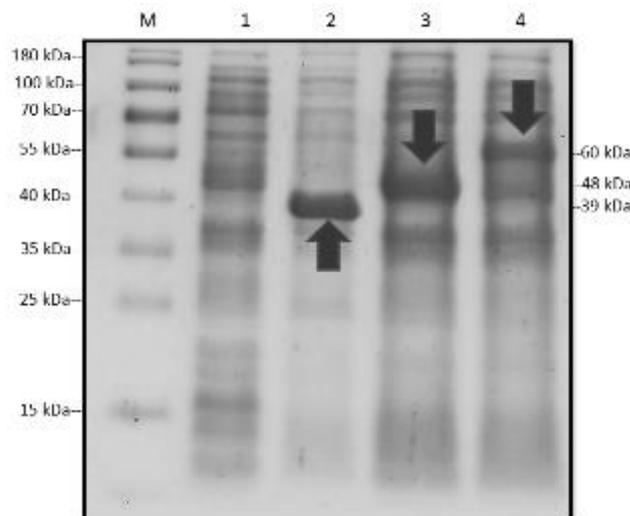


Figura 1. Sobreproducción de la proteínas S(1135) y S(834). Marcador de peso molecular (M), proteínas de la cepa BL21 (1), BL21-CAT (2), BL21-S(834) (3) y BL21-S(1135).

Como se puede observar en la figura anterior, las proteínas de la cepa BL21 (Figura 1, carril 1) no presenta bandas de sobreproducción, ya que es la cepa sin transformar y es usada como control negativo de expresión. Por otro lado, la cepa denominada como BL21-CAT (Figura 1, carril 2) es una cepa control positivo de expresión que sobre produce la Cloranfenicol acetil transferasa de 39 kDa y como se puede apreciar, la banda de la proteína recombinante se encuentra al peso molecular esperado, marcado con una flecha, confirmando que las condiciones de inducción son las adecuadas para el sistema. Finalmente, en las proteínas de las cepas BL21-S(1135) y BL21-S(834) (Figura 1, carril 3 y 4) se puede observar la presencia de dos bandas de sobreproducción al peso molecular esperado de 60 kDa para S(1135) y de 48 kDa para S(834), (señaladas con una flecha) confirmando de esta forma la presencia de las proteínas recombinantes en las cepas sobre productoras. Después de confirmar la expresión de las proteínas recombinantes en las cepas sobreproductoras BL21-S(1135) y BL21-S(834) Se llevó a cabo la extracción de los cuerpos de inclusión (CI) y se solubilizaron en sarcosyl al 5%. Los CI fueron cargados a una columna de cromatografía de afinidad IMAC ya que las proteínas poseen la etiqueta de 6 his. La obtención de las proteínas puras en un solo paso de purificación fue confirmada por geles SDS-PAGE (Figura 2).

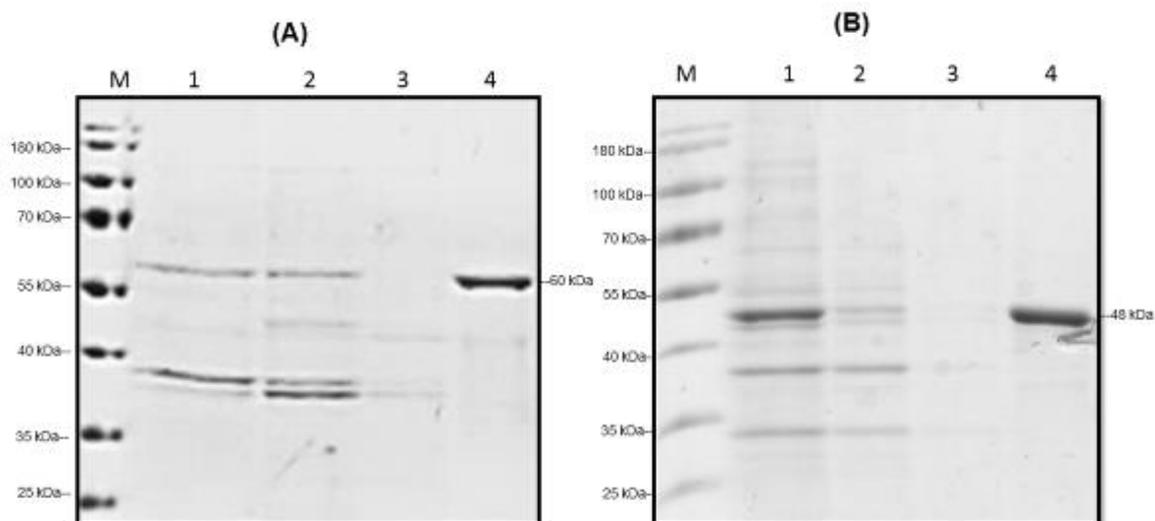


Figura 2. Purificación de las proteínas S(1135) y S(834). Purificación de S(1135) (A) y purificación de S(834) (B), marcador de peso molecular (M), cuerpos de inclusión (1), fracción del no pegado (2), lavados de la columna (3), elución (4).

Como se aprecia en la figura anterior ambas proteínas fueron obtenidas en un solo paso de purificación por cromatografía de afinidad presentes en la fracción correspondiente a la elución (Figura 2, carril 4). Dichas proteínas se encuentran presentes en el CI con un alto grado de impurezas provenientes de las proteínas nativas de las cepas de expresión (Figura 2, carril 1), las cuales son eliminadas en las fracciones del no pegado y de los lavados

llevados a cabo a la columna (Figura 2, carril 2 y 3), obteniéndose finalmente las proteínas con un alto grado de pureza en la fracción de la elución. Por otro lado, los rendimientos de este proceso de purificación, partiendo desde las proteínas totales solubles e insolubles fue de 1.32% para S(1135) y 1.95% para S(834). Las proteínas purificadas fueron analizadas por medio de espectrometría de masas Maldi tof/tof confirmando la identidad de las mismas y su pertenencia al VDEP.

Ensayos de antigenicidad

Las proteínas S(1135) y S(834) fueron probadas en ensayos de antigenicidad mediante Western blot, usando sueros de animales infectados e inmunizados con el virus, con el objetivo de observar si eran capaces de reconocer las proteínas recombinantes y poder comprobar su antigenicidad (Figura 3).

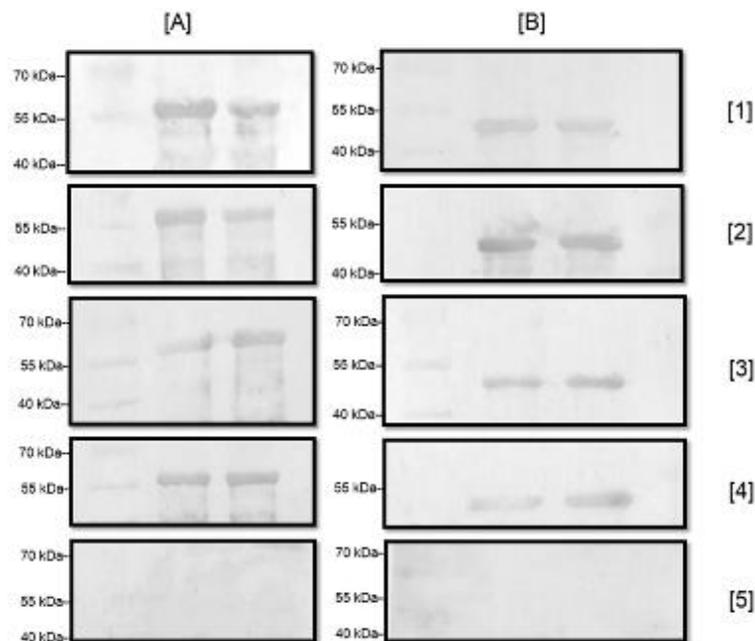


Figura 3. Ensayos de antigenicidad. Western blot de la proteína S(1135) [A] y S(834) [B]. Sueros de animales provenientes de brotes en México [1 y 2], infectado experimentalmente [3], inmunizado con virus inactivo [4] y animal libre de infección [5].

Como se muestra en la figura anterior, todos los sueros provenientes de animales infectados e inmunizados con el VDEP, son capaces de reconocer a las proteínas recombinantes con un alto grado de especificidad y por otro lado, un suero de animal libre de infección no reconoció las proteínas. Con esto, se sugiere que ambas proteínas poseen determinantes antigénicos capaces de ser reconocidos por los anticuerpos de animales infectados e inmunizados con el VDEP, por lo que las proteínas recombinantes poseen, al menos en su secuencia aminoacídica, los elementos necesarios (epítomos) para reconocer y diferenciar entre sueros con anticuerpos contra DEP de los que nos los poseen. Finalmente, estos

ensayos abren la posibilidad de estudiar la respuesta inmune que podrían producir las proteínas recombinantes al inmunizar cerdas gestantes, tal como lo reportado por Makadiya et al., (2016), donde una proteína recombinante proveniente del dominio S1 del VDEP fue usada para inmunizar una cerda gestante y se observó la transferencia de anticuerpos protectivos a través del calostro a los lechones, los cuales mostraron una disminución de los signos al retarlos contra el virus.

Conclusiones

En el presente trabajo, se logró la sobre producción de dos antígenos recombinantes derivados de la proteína S del VDEP usando como sistema de expresión a *E. coli* que presentan al menos 24 epítomos distribuidos a lo largo de su secuencia aminoacídica, denominados como S(1135) y S(834). Las proteínas fueron exitosamente purificadas a partir de los cuerpos de inclusión y por medio de cromatografía de afinidad IMAC. Las proteínas fueron reconocidas con un alto grado de especificidad por sueros de animales infectados e inmunizados con el VDEP, sin mostrar reconocimiento por sueros libres de anticuerpos contra el virus. Estos ensayos demuestran que las proteínas S(1135) y S(834) poseen determinantes antigénicos capaces de reconocer anticuerpos contra DEP y abre la posibilidad de incorporarlos a ensayos de detección oportuna como ELISA o usarlos como componentes principales en vacunas de nueva generación.

Literatura citada

- Cao, L, Qin Z, Ge X, Yin X, Xia C, Bu RE, Fang Y, Liu J, Gao Y, Ren X. 2013. Generation of a monoclonal antibody to S1 protein of porcine epidemic diarrhea virus. *Monoclon Antib Immunodiagn Immunother.* 32(5):371-374.
- Duarte, M, Tobler K, Bridgen A, Rasschaert D, Ackermann M, Laude H. 1994. Sequence analysis of the porcine epidemic diarrhea virus genome between the nucleocapsid and spike protein genes reveals a polymorphic ORF. *Virology.* 98:466–76.
- Hofmann, M, Wyler R. 1989. Quantitation, biological and physicochemical properties of cell culture-adapted porcine epidemic diarrhea coronavirus (PEDV). *Vet Microbiol.* 20:131–42.
- Kocherhans, R, Bridgen A, Ackermann M, Tobler K. 2001. Completion of the porcine epidemic diarrhoea coronavirus (PEDV) genome sequence. *Virus Genes.* 23:137–44.

- Kolaskar, AS, Tongaonkar PC. 1990. A semi-empirical method for prediction of antigenic determinants on protein antigens. *FEBS Lett.* 10. 276(1-2):172-4.
- Lai, MC, Perlman S, Anderson LJ. 2007. Coronaviridae. In: Knipe DM, Howley PM, Griffin DE, Martin MA, Lamb RA, Roizman B, Straus SE, editors. *Fields Virology*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. p. 1306–1336.
- Li, W, Li H, Liu Y, Pan Y, Deng F, Song Y, Tang X, He Q. 2012. *Emerg Infect Dis.* 18(8):1350-3.
- Li, Y, Zheng F, Fan B, Muhammad HM, Zou Y, Jiang P. 2015. Development of an indirect ELISA based on a truncated S protein of the porcine epidemic diarrhea virus. *Can J Microbiol.* 61(11):811-7.
- Makadiya, N, Brownlie R, van den Hurk J, Berube N, Allan B, Gerdtts V, Zakhartchouk A. 2016. S1 domain of the porcine epidemic diarrhea virus spike protein as a vaccine antigen. *Viol J.* 1;13:57.
- Pensaert, MB, de Bouck P. 1978. A new coronavirus-like particle associated with diarrhea in swine. *Arch Virol.* 58(3):243-7.
- Pospischil, A, Stuedli A, Kiupel M. 2002. Diagnostic notes update on porcine epidemic diarrhea. *J Swine Health Prod.* 10:81–5.
- Stevenson, GW, Hoang H, Schwartz KJ, Burrough ER, Sun D, Madson D, Cooper VL, Pillatzki A, Gauger P, Schmitt BJ, Koster LG, Killian ML, Yoon KJ. 2013. Emergence of Porcine epidemic diarrhea virus in the United States: clinical signs, lesions, and viral genomic sequences. *J Vet Diagn Invest.* 25(5):649-54.
- Sun, D, Feng L, Shi H, Chen J, Cui X, Chen H, Liu S, Tong Y, Wang Y, Tong G. 2008. Identification of two novel B cell epitopes on porcine epidemic diarrhea virus spike protein. *Vet Microbiol.* 18;131(1-2):73-81.
- Trujillo-Ortega, María Elena, Beltrán-Figueroa Rolando, García-Hernández Montserrat Elemei, Juárez-Ramírez Mireya, Sotomayor-González Alicia, Hernández-Villegas Erika N., Becerra-Hernández José F., Sarmiento-Silva Rosa Elena. 2016. Isolation and characterization of porcine epidemic diarrhea virus associated with the 2014 disease outbreak in Mexico: case report. *BMC Vet Res.* 12:132.
- Wang, J, Chen J, Wei F, Dong Y, Zhu L, Han W, Wang L, Shen Z. 2015. Prokaryotic Expression of Truncated S1 Protein of Porcine Epidemic Diarrhea Virus and Production of Monoclonal Antibodies to Recombinant Protein. *Monoclon Antib Immunodiagn Immunother.* 34(5):327-33.

EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE SUBCULTIVOS DURANTE LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN INMERSIÓN TEMPORAL

Eduardo Martínez-Estrada⁴⁵⁵, José Humberto Caamal-Velázquez⁴⁵⁶, Josafhat Salinas Ruíz⁴⁵⁵ y Jericó Jabín Bello-Bello^{457*}

Resumen

Conocer la tasa de multiplicación de los explantes a lo largo de diversos subcultivos es de vital importancia para conservar la calidad de las plántulas obtenidas in vitro. Con el objetivo de evaluar el efecto de los subcultivos sobre la tasa de multiplicación de caña de azúcar, se establecieron ápices del cultivar Mex 69-290 y fueron multiplicados por 10 subcultivos en medio Murashige y Skoog suplementado con con 3 g L⁻¹ de sacarosa, 1 mg L⁻¹ de kinetina, 0.65 mg L⁻¹ de ácido indolacético y 0.3 mg L⁻¹ de 6-bencilaminopurina en Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT). Después de 35 días en cada subcultivo, se registró el número y longitud de brotes por explante. La menor producción de brotes se encontró en los subcultivos uno y dos con 13 y 15 brotes por explante, respectivamente. A medida que aumentó el número de subcultivos, la producción de brotes aumentó hasta el subcultivo ocho, en el cual se obtuvo la máxima producción de brotes con 55 brotes por explante. A partir del noveno subcultivo, la producción de brotes disminuyó significativamente. En cuanto a longitud de brotes, se observa una tendencia a la disminución de la longitud de brotes a medida que aumenta el número subcultivos. En conclusión, la tasa de multiplicación en BIT se ve afectada por la acumulación de subcultivos en los explantes y, por tanto, se recomienda multiplicar por un máximo de ocho subcultivos los explantes de caña de azúcar.

Palabras clave: micropropagación, cultivo de tejidos vegetales, sistemas de inmersión temporal

⁴⁵⁵ Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, Carretera federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Amatlán de los Reyes, 94946, Veracruz, México.

⁴⁵⁶ Colegio de Postgraduados-Campus Campeche, Carretera Haltunchén-Edzná km. 17.5, Champotón, 24450, Campeche, México.

⁴⁵⁷ CONACYT-Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, Carretera federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Amatlán de los Reyes, 94946, Veracruz, México. *Autor para correspondencia: jericobello@gmail.com

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su alta capacidad de almacenar sacarosa en sus tallos (Senties-Herrera et al., 2014). La producción convencional de plántulas libres de plagas y enfermedades requeridas para la siembra es lenta, laboriosa y requiere una cantidad sustancial de caña triturable que de otro modo podría ser utilizada para la producción de azúcar (Pandey et al., 2011). Como respuesta a esta problemática, la micropropagación o clonación in vitro permite la obtención masiva de material vegetal rejuvenecido con alta calidad genética y fitosanitaria bajo condiciones asépticas y controladas.

Un factor que determina la eficiencia del sistema de micropropagación es la producción de brotes por explante o tasa de multiplicación (Williams y Taji, 1991). Conocer la tasa de multiplicación de los explantes a lo largo de diversos subcultivos es de vital importancia para conservar la calidad de las plántulas obtenidas. Por esta razón, y para mantener la estabilidad genética de las plantas micropropagadas, los laboratorios comerciales deben limitar el número de subcultivos al que será sometido un explante (Skirvin et al., 1994). Sin embargo, aunque la micropropagación de caña de azúcar ha sido ampliamente estudiada (Lal et al., 2015; Kaur et al., 2015), incluso en sistemas de inmersión temporal (Lorenzo et al., 1998; Mordocco et al., 2009; Snyman et al., 2011), son escasos los trabajos que reporten la tasa de multiplicación en diferentes ciclos de cultivo o subcultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los subcultivos sobre la tasa de multiplicación de caña de azúcar en biorreactores de inmersión temporal.

Materiales y métodos

Se colectaron ápices de 50 cm de caña de azúcar cultivar Mex 69-290 del Banco de Variedades del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Los ápices fueron transferidos al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del mismo Campus donde se lavaron con agua corriente y se colocaron a 4°C por 3 d. Pasado este tiempo, los ápices se redujeron a una longitud de 20 cm y fueron tratados a termohidroterapia a 50°C por 20 min. Posteriormente, se sumergieron en etanol al 70% por 1 min y se llevaron a campana de flujo laminar donde se cortaron a 1.5 cm. Finalmente, los explantes fueron sembrados individualmente en tubos de ensaye con 15 mL de medio MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 30 g L⁻¹ de sacarosa sin reguladores de crecimiento. El pH de los medios

se ajustó a 5.8 con hidróxido de sodio 0.1 N, se adicionó 2.5 g L⁻¹ de Phytigel® (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA) como agente gelificante y se esterilizó a 120°C por 15 min en autoclave (FE-299 Felisa®, MEX). Los explantes fueron incubados a 24 ± 2°C bajo iluminación con lámparas fluorescentes con irradianza de entre 30-40 μmol m⁻² s⁻¹ y fotoperiodo de 16 h luz. Después de una semana de cultivo in vitro, se seleccionó un ápice y se transfirió a medio de multiplicación MS suplementado con 3 g L⁻¹ de sacarosa, 1 mg L⁻¹ de KIN (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA), 0.65 mg L⁻¹ de AIA (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA) y 0.3 mg L⁻¹ de BAP (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA). Las condiciones de esterilización del medio de cultivo e incubación fueron similares a las descritas anteriormente. Después de 35 d de cultivo in vitro, se contabilizó el número y longitud de brotes por explante.

Los brotes obtenidos en la etapa anterior fueron sembrados nuevamente en medio de multiplicación por 35 días para obtener el material necesario para la micropropagación en BIT. Una vez obtenido el material vegetal, se sembraron ocho explantes (cada uno con dos brotes) por biorreactor y un total de ocho biorreactores. Los BIT utilizados fueron los descritos por Lorenzo et al. (1998) con capacidad de 1 L utilizando un volumen de 50 mL de medio de cultivo por explante. El medio de cultivo para la micropropagación en BIT fue el descrito anteriormente para la etapa de multiplicación, pero sin agente gelificante. El tiempo y frecuencia de inmersión fue de 2 min cada 8 h, respectivamente. Las condiciones de esterilización del medio e incubación fueron similares a las descritas anteriormente. Este proceso se repitió cada 35 d hasta completar diez subcultivos. En cada subcultivo se contabilizó el número y longitud de brotes por explante.

El diseño experimental fue completamente al azar con ocho repeticiones (BIT) por subcultivo. Para comparar el número de brotes por explante y la longitud de brotes entre tratamientos se utilizaron dos diferentes modelos. Un modelo lineal generalizado mixto con distribución Poisson para el número de brotes por explante y un modelo lineal mixto para longitud de brotes. Los datos fueron analizados usando el procedimiento GLIMMIX de SAS (SAS, versión 9.2). En ambos casos, las medias entre tratamientos se compararon con la prueba LS-Means (P < 0.05).

Resultados y discusión

El número y longitud de brotes mostró diferencias significativas (P<0.05) entre los subcultivos de caña de azúcar cv. Mex 69-290 (Figuras 1 y 2). El modelo de regresión para número de brotes fue: $\hat{Y} = \exp\{1.8496 + (0.5669 * \text{subc}) - (0.03777 * \text{subc}^2)\}$ y para longitud de

brotos: $\hat{Y} = 2.9768 - (0.1141 * subc)$. La menor producción de brotes se encontró en los subcultivos uno y dos con 13 y 15 brotes por explante, respectivamente. A medida que aumentó el número de subcultivos, la producción de brotes aumentó hasta el subcultivo número ocho, en el cual se obtuvo la máxima producción de brotes con 55 brotes por explante. A partir del subcultivo número nueve, la producción de brotes disminuyó significativamente a 39 brotes por explante en el subcultivo diez. Respecto a la longitud de brotes, la mayor longitud se obtuvo en los subcultivos uno y dos. De manera general, se observa una tendencia en la disminución de la longitud de brotes a medida que aumenta el número subcultivos. El análisis de regresión confirmó estos resultados, a medida que aumenten los subcultivos, el número y longitud de brotes disminuirá gradualmente (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Efecto del número de subcultivo sobre el número de brotes de caña de azúcar cv. Mex 69-290 utilizando Biorreactores de Inmersión Temporal. a-j) subcultivo uno a diez, respectivamente. Línea: 1 cm.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que la producción de brotes de caña de azúcar tiende a incrementarse hasta el subcultivo ocho y, a partir de este, la producción comienza a decrecer. Mendes et al. (1999), analizaron la tasa de multiplicación de banano durante seis subcultivos y reportaron que la tasa de multiplicación tiende a decrecer a partir del subcultivo número cuatro. De forma similar, Vardja y Vardja (2000) reportaron que en gerbera y banano, la mayor producción de brotes se alcanzaba en el subcultivo seis y cinco respectivamente, después de ello, la tasa de multiplicación decrece.

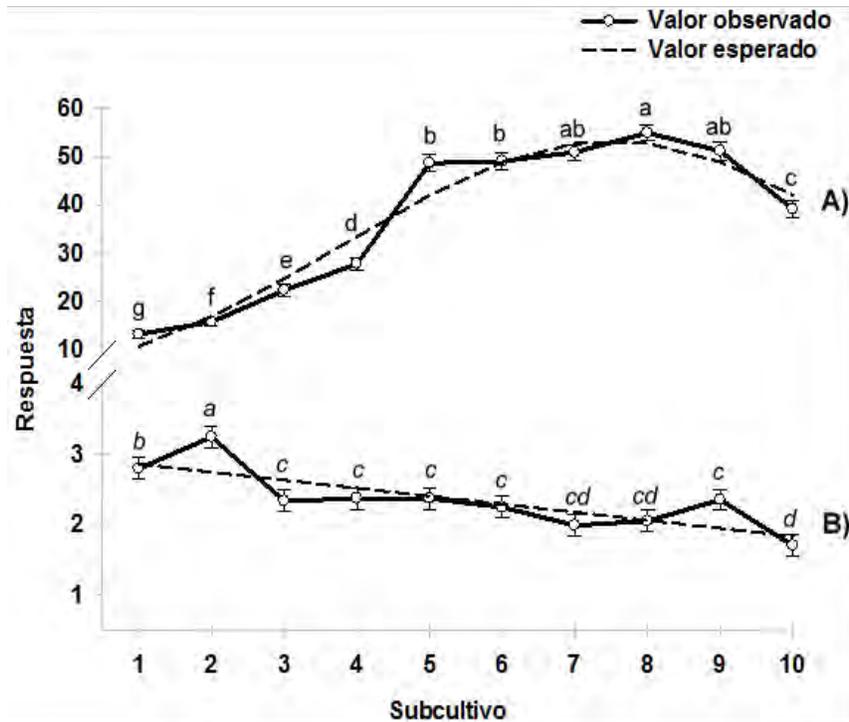


Figura 2. Efecto del número de subcultivo sobre el número (A) y longitud (cm) de brotes (B) de caña de azúcar cv. Mex 69-290 utilizando biorreactores de inmersión temporal. Valores seguidos por diferente letra denotan diferencias estadísticas significativas (LS-Means, $P < 0.05$).

Respecto a caña de azúcar, Lee (1987) analizó la tasa de multiplicación durante diez subcultivos en medio semisólido, con ápices como explante inicial, y reportó una reducción en la producción de brotes de 19 a 12, entre los subcultivo cinco y diez, respectivamente; mencionando que únicamente se regeneraban plantas normales hasta el séptimo subcultivo. Por otro lado, Chen et al. (1988) reportaron que la micropropagación de caña de azúcar, vía embriogénesis somática indirecta, se veía afectada por la edad y número de subcultivos, donde únicamente era posible la producción de embriones en callos con un máximo de edad de 12 meses. En este sentido, los resultados respaldan el hecho de que a mayor número de subcultivo los explantes comienzan a perder su capacidad de regeneración. De acuerdo a Gaspar et al. (2000) y Hsie et al. (2015), durante la micropropagación, la calidad de los brotes obtenidos disminuye a medida que aumente el número de subcultivos.

Conclusiones

La mayor producción de brotes durante la micropropagación de caña de azúcar en biorreactores de inmersión temporal se obtuvo en el subcultivo ocho y, a partir de éste la

producción y longitud de brotes se reduce, por lo que recomendamos que se realice un máximo de ocho subcultivos a un explante de caña de azúcar.

Literatura citada

Chen, W. H., M. R. Davey, J. B. Power and E.C. Cocking. 1988. Control and maintenance of plant regeneration in sugarcane callus cultures. *J. Exp. Bot.* 39:251-261.

Gaspar, T., C. Kevers, B. Bisbis, T. Franck, M. Crevecoeur, H. Greppin and J. Dommès. 2000. Special symposium: In vitro plant recalcitrance loss of plant organogenic totipotency in the course of In vitro neoplastic progression. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 36:171-181.

Hsie, B. S., J. Z. Brito, M. X. Vila Nova, L. R. Borges-Paluch, M. V. Silva and V. M. S. T. Donato. 2015. Determining the genetic stability of micropropagated sugarcane using inter-simple sequence repeat markers. *Genet. Mol. Res.* 14:17651-17659.

Kaur, A. and J. S. Sandhu. 2015. High throughput in vitro micropropagation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) from spindle leaf roll segments: Cost analysis for agri-business industry. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 120:339-350.

Lal, M., A. K. Tiwari and G. N. Gupta. 2015. Commercial Scale Micropropagation of Sugarcane: Constraints and Remedies. *Sugar Tech.* 17:339-347.

Lee, T. S. G. 1987. Micropropagation of sugarcane (*Saccharum* spp.). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 10:47-55.

Lorenzo, J. C., B. L. González, M. Escalona, C. Teisson and C. Borroto. 1998. Sugarcane shoot formation in an improved temporary immersion system. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 54:197-200.

Mendes, B. M. J., S. B. Filippi, C. G. B. Demetrio and A. P. M. Rodriguez. 1999. A statistical approach to study the dynamics of micropropagation rates, using banana (*Musa* spp.) as an example. *Plant Cell Rep.* 18:967-971.

Mordocco, A. M., J. A. Brumbley and P. Lakshmanan. 2009. Development of a temporary immersion system (RITA®) for mass production of sugarcane (*Saccharum* spp. interspecific hybrids). *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 45:450-457.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.

Pandey, R. N., J. Rastogi, M. L. Sharma and R. K. Singh 2011. Technologies for cost reduction in sugarcane micropropagation. *Afr. J. Biotechnol.* 10:7805.

Sentíes-Herrera, H. E., F. C Gómez-Merino, A. Valdez-Balero, H. V. Silva-Rojas and L. I. Trejo-Téllez. 2014. The agro-industrial sugarcane system in Mexico: Current status, challenges and opportunities. *J. Agric. Sci.*6:26-54.

Skirvin, R. M., K. D. McPheeters and M. Norton. 1994. Sources and frequency of somaclonal variation. *HortScience*. 29:1232-1237.

Snyman, S. J., G. M. Meyer, A. C. Koch, M. Banasiak and M. P. Watt 2011. Applications of in vitro culture systems for commercial sugarcane production and improvement. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 47:234-249.

Vardja, R. and T. Vardja. 2001. The effect of cytokinin type and concentration and the number of subcultures on the multiplication rate of some decorative plants. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol*. 50:22-32.

Williams, R. R. and A. M. Taji. 1991. Effect of temperature, gel concentration and cytokinins on vitrification of *Olearia microdisca* (JM Black) in vitro shoot cultures. *Plant Cell Tissue Organ Cult*. 26:1-6.

CARACTERIZACIÓN Y EVOLUCIÓN MOLECULAR DEL GEN SPIKE DEL VIRUS DE LA DIARREA EPIDÉMICA PORCINA EN MÉXICO

Rocío Lara-Romero⁴⁵⁸, Luis Gómez-Núñez⁴⁵⁹, José Luis Cerriteño-Sánchez⁴⁵⁹, Susana Mendoza-Elvira⁴⁵⁸, Humberto Ramírez-Mendoza⁴⁶⁰ y José Francisco Rivera-Benítez^{459*}

Resumen

La diarrea epidémica porcina (DEP) es una enfermedad entérica, la cual provoca vómito y diarrea acuosa en los cerdos de todas las edades, sin embargo, en neonatos la mortalidad llega a ser del 100%. Los primeros brotes de la enfermedad en América se presentaron en abril del 2013 en Estados Unidos. A principios de julio del 2013 en México, se identificaron los primeros casos de la DEP. Esta enfermedad es causada por un Alfacoronavirus denominado virus de la diarrea epidémica porcina (vDEP), el cual codifica para siete proteínas, tres no estructurales y cuatro estructurales, de las proteínas estructurales, la proteína Spike es la más inmunogénica. Para lograr determinar las características moleculares del gen spike (S) del vDEP en México, se obtuvieron muestras de intestino y diarrea de lechones con cuadros clínicos de DEP. Las muestras fueron colectadas de 14 granjas ubicadas en seis estados de la República Mexicana (Jalisco, Puebla, Sonora, Veracruz, Guanajuato y Michoacán), durante el periodo 2013 al 2016. Para la identificación del vDEP se empleó la prueba de RT-PCR en tiempo real para discriminar entre cepas virulentas e INDEL del vDEP. Se seleccionaron muestras por estado y por año para caracterizar el gen S. Posterior a la amplificación del gen S, los productos obtenidos fueron secuenciados y ensamblados. Con las secuencias de aminoácidos se realizaron análisis filogenéticos y de los epítopes, lo cual permitió determinar que las regiones SS2, SS6 y 2C10 no presentan mutaciones, respecto a las secuencias del G2; sin embargo, en la región COE se registraron diversas mutaciones, relacionadas con el cambio de polaridad y de carga en

⁴⁵⁸ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. lara.romero.mx@gmail.com

⁴⁵⁹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

⁴⁶⁰ Departamento de Microbiología e Inmunología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, Mexico City, Mexico. Autor por correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

los residuos de aminoácidos. El vDEP circulante en Jalisco en el año 2016, presenta una inserción de tres aa (²³⁸LGL²⁴⁰) y un cambio potencial en el sitio antigénico de la región COE, lo cual puede estar relacionado con la presentación de rebrotes de la enfermedad.

Palabras clave: virus de la diarrea epidémica porcina, gen spike, epítopes neutralizantes, análisis filogenético, cerdos

Introducción

La diarrea epidémica porcina (DEP) se caracteriza por provocar una severa diarrea acuosa, vómito y deshidratación en todas las etapas productivas de los cerdos, sin embargo, en lechones la mortalidad llega a ser del 100%. La DEP fue descrita por primera vez en una granja de cerdos de engorda en Inglaterra en 1971 (Stevenson et al., 2013), expandiéndose por varios países de Europa y teniendo brotes esporádicos como fue el caso de Italia en el 2006 (Martelli et al., 2008), sin embargo, del 2014 al 2016 se ha reportado casos emergentes en diversos países europeos (Dastjerdi et al., 2015; Boniotti et al., 2016). En Asia, el primer brote fue reportado en Japón en 1982 y desde entonces la DEP se considera una enfermedad endémica y reemergente en este continente, la cual ha causado graves pérdidas económicas (Horie et al., 2016). En América, el primer brote se presentó en abril del 2013 en Estados Unidos, difundiéndose rápidamente por todo el país ocasionando graves pérdidas económicas (Stevenson et al., 2013). En mayo de 2014, la Dirección General de Salud Animal-SENASICA reconoció la presencia de la DEP en México confirmando su aislamiento y detección molecular en cerdos con signos sugestivos de la enfermedad en el 2016 (Trijillo-Ortega et al., 2016). El agente etiológico de la DEP corresponde al virus de la diarrea epidémica porcina (vDEP), caracterizado por primera vez en Bélgica en 1978, el cual corresponde a un virus ARN, envuelto, sentido positivo, perteneciente al orden Nidovirales, familia Coronaviridae, subfamilia Coronavirinae, género, Alfacoronavirus. El genoma del vDEP tiene un tamaño aproximado de 28 kb y contiene siete marcos de lectura abiertos (ORF's). El ORF1a y el ORF1b se encuentra en la región 5' y ocupa dos terceras partes del genoma y codifica para dos poliproteínas (pp1a y pp1ab). El último tercio del genoma, el extremo 3', codifica para cuatro proteínas estructurales, la proteína spike (S), proteína de envoltura (E), proteína de membrana (M), la proteína de la nucleocápside (N), y una proteína no estructural codificada por el ORF3 (Song y Park, 2012). La proteína S del vDEP juega un papel fundamental en la interacción con el receptor celular del huésped. Además, la proteína S induce anticuerpos neutralizantes en el hospedero natural. Esta proteína contiene dos dominios, el S1, el cual media la unión del virus al receptor celular y el S2 involucrado en el

proceso de la fusión del virus a las células. Dentro de estos dos dominios se encuentran cuatro epítopes neutralizantes, tres de ellos se localizan en el dominio S1 (COE residuo 499-638, SS2 residuo 748-755 y SS6 residuo 764-771) y el cuarto en el dominio S2 (2C10 residuo 1368-1374) (Chang et al., 2012; Sun et al., 2008; Cruz et al., 2008). Los análisis filogenéticos han agrupado al vDEP en 2 genogrupos distintos (G1 y G2). Mediante los análisis moleculares se ha logrado identificar la circulación de nuevas cepas virales, algunas de ellas con inserciones y deleciones en el gen S, denominadas cepas INDEL, relacionadas con una disminución en la virulencia de la enfermedad (Wang et al., 2016). En la actualidad no se han desarrollado estudios que permitan definir las características moleculares del vDEP que circulan en México, por lo que se plantea que al identificar los genotipos presentes se podrá contar con información suficiente para poder definir diferentes estrategias de control basadas en el manejo, desarrollo de métodos de diagnóstico y selección de cepas con potencial uso como biológico. El objetivo del presente estudio fue realizar la caracterización molecular del gen S del vDEP para identificar las cepas circulantes en la República Mexicana y conocer la evolución del virus.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el CENID-Microbiología Animal del INIFAP. Las muestras se obtuvieron de 14 granjas ubicadas en 6 estados de la República Mexicana (Jalisco, Puebla, Sonora, Veracruz, Guanajuato y Michoacán), en donde se obtuvieron 116 muestras de intestino y de diarrea de lechones con cuadros clínicos entéricos sugerentes a PED, del año 2013 al 2016. Las muestras colectadas fueron preservadas en nitrógeno líquido y posteriormente resguardadas a -70°C . Para la extracción de RNA se utilizaron columnas comerciales RNeasy MiniKit (Qiagen) de acuerdo al protocolo de manufactura. Mediante la prueba de RT-PCR en tiempo real (Wang et al., 2014), se realizó la detección del vDEP mediante la amplificación de un fragmento del dominio S1 del gen S y se identificó si la muestra corresponde a una cepa INDEL o una cepa virulenta. Con estos resultados se seleccionaron las muestras positivas que presentaban la mayor cantidad de equivalentes genómicos por estado y por año de recolección de muestra.

Las muestras de ARN seleccionadas fueron sintetizadas a cDNA mediante el RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Fisher Scientific) de acuerdo al protocolo de manufactura utilizando random hexámeros. La amplificación completa del gen S se realizó mediante siete reacciones de PCR. Para la amplificación se empleó la GoTaq Green Master Mix (Promega). Los productos amplificados fueron purificados mediante columnas comerciales QIAquick Gel extraction Kit (Qiagen) de acuerdo al protocolo de manufactura y enviadas a secuenciar

mediante el método de Sanger al Instituto de Biotecnología de la UNAM. Las secuencias fueron ensambladas mediante el programa Seq Man (DNASTar), alineadas mediante Clustal W y analizadas utilizando el programa MEGA 7.0.21. El programa Protean (DNASTar) permitió calcular el índice antigénico utilizando el método de Jameson-Wolf. Con las secuencias de aminoácidos obtenidas de las muestras del presente estudio y secuencias del vDEP reportadas en América, Asia y Europa se construyó un árbol filogenético utilizando el método de máxima verosimilitud basado en el modelo JTT matrix-based y una distribución Gamma mediante el software MEGA 7.0.21, en donde la fiabilidad de las ramas internas se evaluó mediante 1000 repeticiones de arranque.

Resultados y discusión

Secuenciación y análisis del vDEP

De las 116 muestras obtenidas, 103 (88.8%) resultaron positivas al vDEP mediante la prueba de RT-PCR en tiempo real. Se seleccionaron 10 muestras, las cuales se amplificaron y secuenciaron. Las secuencias obtenidas corresponden a los seis estados de la República Mexicana (Cuadro 1). La cepa PEDV/MEX/MICH/01/2013 tiene como origen el estado de Michoacán, lugar donde se presentaron los primeros casos de la enfermedad, el gen S de esta cepa tiene una diferencia de solo cuatro nucleótidos en comparación con la cepa USA/Colorado/2013, la cual, fue la primera secuencia completa del vDEP reportada en Estados Unidos (Marthaler et al., 2013), lo que indica que los primeros brotes de la PED fueron ocasionados por una cepa de alta virulencia.

Cuadro 1. Cepas del vDEP analizadas en este estudio

Cepa	Tipo de cepa	Región	Año de colección	Número de acceso
PEDV/MEX/MICH/01/2013	Virulenta	Michoacán	2013	KY828999
PEDV/MEX/SON/01/2014	Virulenta	Sonora	2014	KY828992
PEDV/MEX/VER/01/2014	INDEL	Veracruz	2014	KY828991
PEDV/MEX/JAL/01/2014	Virulenta	Jalisco	2014	KY828993
PEDV/MEX/MICH/01/2015	Virulenta	Michoacán	2015	KY828995
PEDV/MEX/MICH/02/2015	INDEL	Michoacán	2015	KY828996
PEDV/MEX/PUE/01/2016	Virulenta	Puebla	2016	KY829000
PEDV/MEX/GTO/02/2016	Virulenta	Guanajuato	2016	KY828994
PEDV/MEX/JAL/01/2016	Virulenta	Jalisco	2016	KY828997
PEDV/MEX/JAL/03/2016	Virulenta	Jalisco	2016	KY828998

En 2014, en Ohio Estados Unidos, se reportó la secuencia de la primera cepa INDEL, la cual se encontraba estrechamente relacionada con la CH/HBQX/10 (Wang, 2014); en Veracruz, México, se identificó la primera cepa INDEL denominada PEDV/MEX/VER/01/2014, con un 99.8% de identidad respecto a la cepa OH851.

Mediante el alineamiento de aminoácidos se realizó el análisis de los epítopes neutralizantes. En la región COE se determinó que respecto a la cepa USA/Colorado/2013 existen mutaciones en siete de las diez cepas analizadas (Cuadro 2), estas mutaciones resultan en cambios de carga y de polaridad. La región COE es importante ya que se ha identificado como un epítope neutralizante y como la región que reconoce a la aminopeptidasa N porcina (pAPN), permitiendo el ingreso del virus al huésped (Chang et al., 2002). Sin embargo, los epítopes SS2, SS6 y 2C10 se mantiene conservados, tal como se ha reportado anteriormente en estudios realizados con cepas de Japón en 2014 y China en el 2015 (Horie et al., 2016; Wang et al., 2016). Se identificó una inserción de tres aa (²³⁸LGL²⁴⁰) en las cepas PEDV/MEX/JAL/01/2016 y PEDV/MEX/JAL/03/2016.

Cuadro 2. Cambios de aa en la región COE.

Cepa	Cambios en la región COE	Cepa	Cambios en la región COE
PEDV/MEX/MICH/01/2013	L ₅₀₄ P L ₆₁₈ V	PEDV/MEX/MICH/02/2015	Sin cambios
PEDV/MEX/SON/01/2014	H ₅₂₄ R K ₅₆₆ T	PEDV/MEX/PUE/01/2016	Sin cambios
PEDV/MEX/VER/01/2014	Sin cambios	PEDV/MEX/GTO/02/2016	T ₅₀₃ I
PEDV/MEX/JAL/01/2014	S ₆₁₁ R	PEDV/MEX/JAL/01/2016	G ₅₂₆ D Y ₅₆₄ F K ₅₆₉ N G ₆₁₅ V
PEDV/MEX/MICH/01/2015	K ₅₆₆ T	PEDV/MEX/JAL/03/2016	G ₅₂₆ D Y ₅₆₄ F K ₅₆₉ N G ₆₁₅ V

Análisis de sitios potenciales de antigenicidad

Se realizó el análisis de la proteína Spike de las secuencias obtenidas en el presente estudio y secuencias reportadas mediante el método de Jameson-Wolf, el cual predice los sitios potenciales de antigenicidad. Como cepa prototipo se utilizó la cepa parental CV777 (G1), la USA/Colorado/2013 como cepa de alta virulencia (G2) y la OH851 como cepa INDEL. Este análisis permitió identificar un pico de antigenicidad adicional en la región COE de las cepas de Jalisco del 2016 (PEDV/MEX/JAL/01/2016 y PEDV/MEX/JAL/03/2016), esto en comparación con las diferentes secuencias de la proteína evaluada. En el sitio de inserción ²³⁸LGL²⁴⁰ de la cepa PEDV/MEX/JAL/01/2016 se observa una disminución de antigenicidad. Estas cepas de Jalisco del 2016 fueron obtenidas de una granja en donde se reportó un rebrote del vDEP con severos cuadros de diarrea en cerdos de crecimiento y engorda. Adicionalmente la inserción de tres aa (²³⁸LGL²⁴⁰) no ha sido reportada anteriormente, lo que junto con las mutaciones en la región COE podría estar relacionado con los rebrotes,

tropismo y la presentación del cuadro clínico de la DEP (Lin et al., 2016). Las cepas INDEL muestran diferencias en sitios antigénicos respecto a cepas de alta virulencia en las regiones del residuo 55, 180 y 225 aproximadamente, sin embargo, la cepa PEDV/MX/PUE/01/2016 muestra la misma diferencia en el residuo 180 y 225 a pesar de que no se clasifica como cepa INDEL. El sitio que se encuentra, aproximadamente, en el residuo 400 muestra una variación en todas las cepas analizadas (Figura 1).

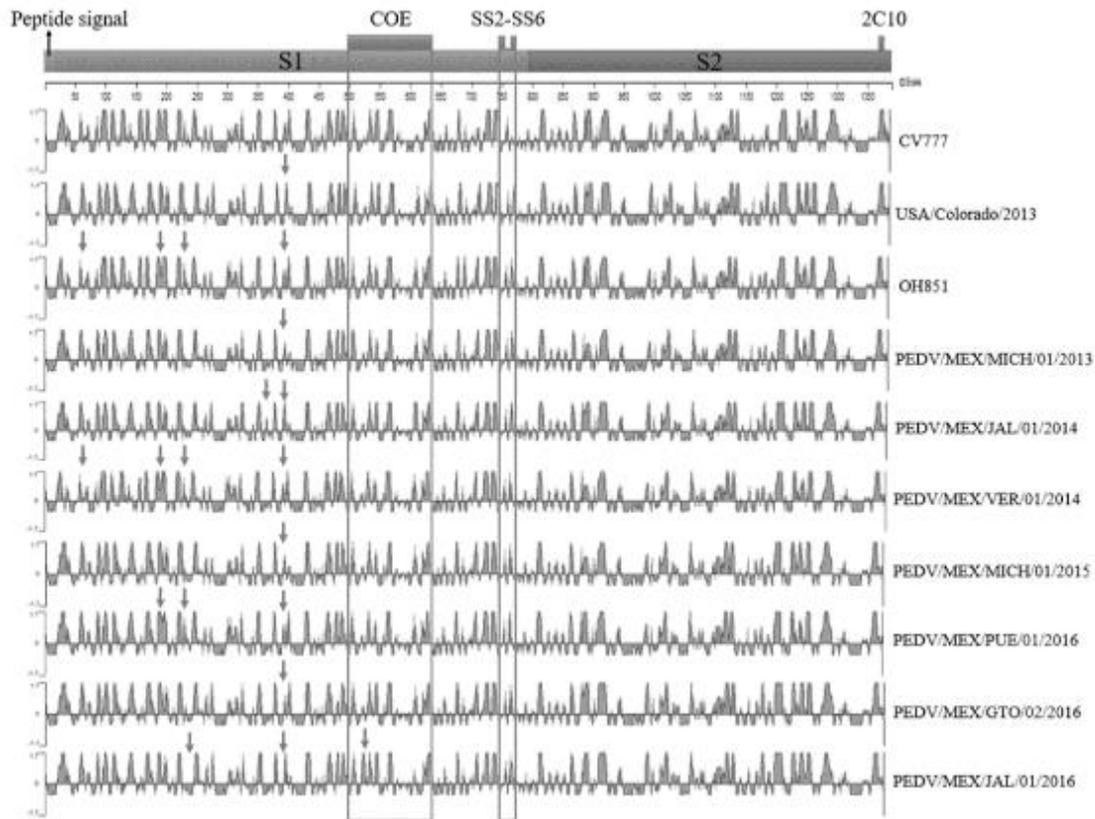


Figura 1. Análisis de los sitios potenciales de antigenicidad de la secuencia de aa de la proteína Spike de cepas de referencia y siete cepas del presente estudio. Se indican los sitios donde se encuentran los epítopes neutralizantes COE, SS2, SS6 y 2C10. Las flechas indican diferencias en los sitios potenciales de antigenicidad.

Análisis filogenético de la proteína S del vDEP

Se realizó el análisis filogenético de la secuencia completa de aa de la proteína S con la finalidad de obtener información sobre la evolución del vDEP (Figura 2). Las secuencias de referencia permitieron identificar los clados de los diferentes genogrupos. En el G1 se encuentra la cepa CV777 y las cepas Asiáticas reportadas antes del 2010. Las cepas de PEDV/MEX/VER/01/2014 y PEDV/MEX/MICH/02/2015 se clasificaron en el clado INDEL, el cual se encuentra integrado por cepas reportadas en Europa y la cepa americana OH851. La cepa PEDV/MEX/PUE/01/2016 se agrupa con la cepa de USA/Indiana34/2013, la cual en

genoma completo se encuentra agrupada en el clado 1 de las cepas norteamericanas. El G2a se encuentra integrado por las cepas Chinas reportadas en casos de la DEP reemergente en 2012. Las cepas mexicanas previamente reportadas y ocho del presente estudio se agruparon en el clado del G2b, compuesto por la cepa ancestral AH2012, tal como se reportó anteriormente, en donde el estudio del genoma completo de las cepas norteamericanas reportadas hasta el año 2014 las ubica en tres clados (clado norteamericano I, II y US INDEL), encontrándose dos cepas de México en el clado I y en el clado II (Vlasova et al., 2014). En relación con las cepas circulantes en México del G2b, las más alejadas respecto a tiempo y sustituciones de aa, son PEDV/MEX/MICH/2013 y PEDV/MEX/JAL/01/2016, con una identidad del 99%, sin embargo, en China en el 2015 se evaluó el gen S de diversas cepas dando como resultado una homología de entre el 96.6% y 100% (Wang et al., 2016), lo que indica que las cepas de este estudio no han tenido una tasa de mutación elevada, sin embargo, los sitios antigénicos han cambiado. Trujillo-Ortega et al. (2016) reportaron el análisis de un fragmento del gen S de cuatro cepas de un brote de PED en México en el 2014, las cuales parecen tener como ancestro común la cepa MEX/104/2013 (KJ645708) reportada por Vlasova en el 2014 y un 99% de similitud con cepas de USA del 2013 y 2014, incluso con una cepa de Corea del Sur del año 2013, sin embargo, en el presente estudio el análisis filogenético de la proteína S permitió determinar que las cepas circulantes en México tienen ancestros distintos.

Conclusiones

En el presente estudio se realizó la caracterización del gen S de diez cepas del vDEP, las cuales se obtuvieron de brotes de la DEP en el periodo del 2013 al 2016. El análisis de los epítopes neutralizantes reportados permitió identificar mutaciones solo en la región COE en las cepas mexicanas estudiadas. Respecto a las cepas de Jalisco del 2016 se identificó una nueva inserción de tres aa en el vDEP y sus mutaciones presentes en la región COE resultan en un cambio potencial de antigenicidad, por lo que la presentación clínica de la enfermedad y la virulencia pueden cambiar respecto a las demás cepas circulantes. Mediante el análisis filogenético se determinó que las cepas circulantes del vDEP pertenecen al clado G2b e INDEL, las cuales a su vez se encuentran estrechamente relacionadas con las cepas americanas y permiten observar una evolución de virus a través del tiempo. Las metodologías y resultados de este estudio permitieron determinar características moleculares y evolución del vDEP en México, por lo que es posible mejorar estrategias para el control de la enfermedad.

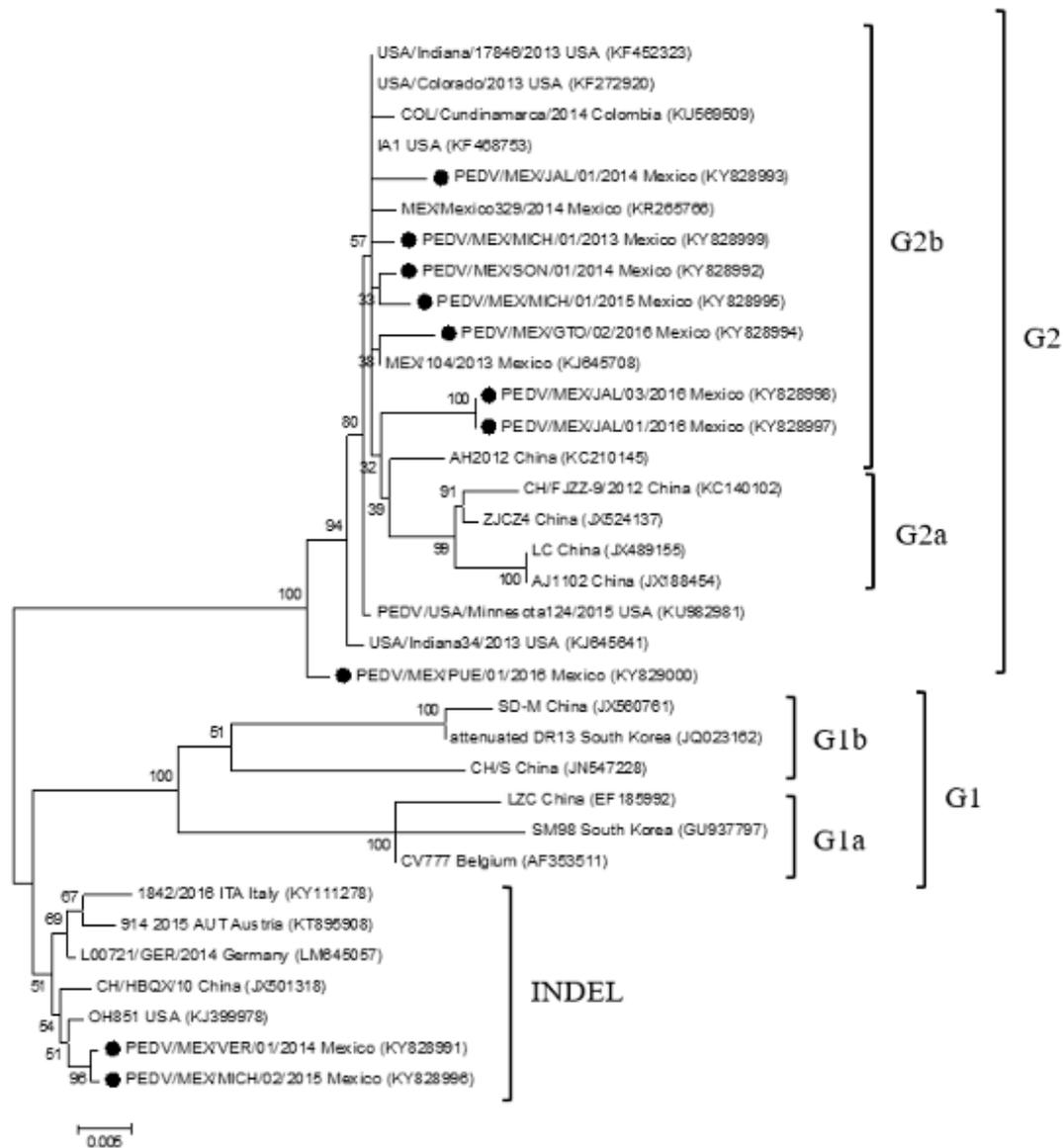


Figura 2. Análisis filogenético de las secuencias de aminoácidos de la glicoproteína Spike del vDEP. Las cepas trabajadas en el presente estudio se encuentran marcadas con un círculo.

Agradecimientos

Recursos Fiscales INIFAP No. SIGI: 13592932977.

Literatura citada

- Boniotti, M., Papetti, A., Lavazza, A., Alborali, J., Sozzi, E., Chiapponi, C., Faccini, S., Bonilauri, P., Cordioli, P., Marthaler D. (2016). Porcine epidemic diarrhea virus and discovery of a recombinant swine enteric coronavirus, Italy. *Emerging Infectious Diseases* 22(1):83-87.
- Chang, S. H., Bae, J. L., Kang, T. J., Kim, J., Chung, G. H., Lim, C. W., & Jang, Y. S. 2002. Identification of the epitope region capable of inducing neutralizing antibodies against the porcine epidemic diarrhea virus. *Molecules and Cells* 14(2):295-299.
- Cruz, D. J. M., Kim, C. J., & Shin, H. J. 2008. The GPRLQPY motif located at the carboxy-terminal of the spike protein induces antibodies that neutralize porcine epidemic diarrhea virus. *Virus research* 132(1):192-196.
- Dastjerdi, A., Carr, J., Ellis, R.J., Steinbach, F., Williamson, S. 2015. Porcine epidemic diarrhea virus among farmed pigs, Ukraine. *Emerg. Infect. Dis.* 21:2235.
- Horie, M., Kabemura, M., Masatani, T., Matsuu, A., and Ozawa, M. 2016. Isolation and molecular characterization of porcine epidemic diarrhea viruses collected in Japan in 2014. *Archives of Virology* 1-7.
- Lin, C. M., Saif, L. J., Marthaler, D., and Wang, Q. 2016. Evolution, antigenicity and pathogenicity of global porcine epidemic diarrhea virus strains. *Virus research* 226:20-39.
- Martelli, P., Lavazza, A., Nigrelli, A. D., Meriardi, G., Alborali, L. G., and Pensaert, M. B. 2008. Epidemic of diarrhoea caused by porcine epidemic diarrhoea virus in Italy. *Veterinary Record: Journal of the British Veterinary Association* 162(10).
- Marthaler, D., Jiang, Y., Otterson, T., Goyal, S., Rossow, K., & Collins, J. 2013. Complete genome sequence of porcine epidemic diarrhea virus strain USA/Colorado/2013 from the United States. *Genome announcements*, 1(4), e00555-13.
- Song, D., & Park, B. 2012. Porcine epidemic diarrhoea virus: a comprehensive review of molecular epidemiology, diagnosis, and vaccines. *Virus genes*, 44(2):167-175.
- Stevenson GW, Hoang H, Schwartz KJ, Burrough ER, Sun D, Madson D, Cooper VL, Pillatzki A, Gauger P, Schmitt BJ. 2013. Emergence of Porcine epidemic diarrhea virus in the United States: clinical signs, lesions, and viral genomic sequences. *J Vet Diagn Invest.* 25(5):649–54.
- Sun, D., Feng, L., Shi, H., Chen, J., Cui, X., Chen, H., and Tong, G. 2008. Identification of two novel B cell epitopes on porcine epidemic diarrhea virus spike protein. *Veterinary microbiology* 131(1):73-81.

Trujillo-Ortega, M. E., Beltrán-Figueroa, R., García-Hernández, M. E., Juárez-Ramírez, M., Sotomayor-González, A., Hernández-Villegas, E. N., and Sarmiento-Silva, R. E. 2016. Isolation and characterization of porcine epidemic diarrhea virus associated with the 2014 disease outbreak in Mexico: case report. *BMC Veterinary Research* 12(1):132.

Vlasova, A. N. 2014. Distinct Characteristics and Complex Evolution of PEDV Strains, North America, May 2013–February 2014-Volume 20, Number 10—October 2014-Emerging Infectious Disease Journal-CDC.

Wang, E., Guo, D., Li, C., Wei, S., Wang, Z., Liu, Q., and Sun, D. 2016. Molecular Characterization of the ORF3 and S1 Genes of Porcine Epidemic Diarrhea Virus Non S-INDEL Strains in Seven Regions of China, 2015. *PloS one*, 11(8), e0160561.

Wang, L. 2014. New Variant of Porcine Epidemic Diarrhea Virus, United States, 2014-Volume 20, Number 5—May 2014-Emerging Infectious Disease Journal-CDC.

Wang, L., Zhang, Y., & Byrum, B. 2014b. Development and evaluation of a duplex real-time RT-PCR for detection and differentiation of virulent and variant strains of porcine epidemic diarrhea viruses from the United States. *Journal of Virological Methods* 207:154-157.

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ASOCIADOS A PLANTAS DE MAÍZ CRIOLLO BLANCO

Teresa Romero Cortés⁴⁶¹, Mariana D. Dorado Orea³, Akemi E. Lazcano Sanchez⁴⁶¹, Víctor Hugo Pérez España⁴⁶¹, Mario A. Morales Ovando², Mario Ramírez-Lepe³ y Jaime Alioscha Cuervo-Parra^{461*}

Resumen

La planta de maíz (*Zea mays*) es una gramínea de producción anual cuyo origen se encuentra en el centro de México. Actualmente, México se ubica en el séptimo puesto con una producción de 25,000,000 toneladas métricas constituyendo uno de los cultivos de mayor importancia económica en los que se ha investigado y mejorado genéticamente. Sin embargo, este cultivo se ve afectado por varios hongos fitopatógenos que son responsables de causar grandes pérdidas económicas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue aislar y caracterizar la morfología de hongos asociados a plantas enfermas de maíz blanco (*Zea mays* ssp. *mays*). Las muestras utilizadas mostraron síntomas de enfermedad de maíz blanco criollo (*Zea mays* ssp. *mays*) y se cultivaron en la región de los llanos de Apan, Hgo., México. Para el aislamiento de los hongos se colectaron los granos y se guardaron en sobres de papel tamaño carta para su transportación y conservación a 4°C en el laboratorio hasta su utilización. La concentración de esporas se determinó mediante la cuenta directa total en cámara de Thoma. Una parte de esta suspensión se transfirió a otra caja Petri, distribuyéndola homogéneamente, se incubó a 25°C por 7 d y se conservó en refrigeración a 4°C en condiciones estériles hasta su uso. Para la identificación de algunas enfermedades de maíz se utilizaron claves taxonómicas generales y específicas. La caracterización morfológica se basó en las observaciones y tamaño de las conidias, los esporangios y conidióforos. Se identificaron cinco especies; *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. y *Puccinia sorghi*. El conocimiento de las especies de hongos que se encuentran presentes en un cultivo en particular es de suma importancia para implementar

⁴⁶¹ autor de correspondencia: jalioschamail.com

estrategias encaminadas hacia la prevención y control de las enfermedades que estos agentes fúngicos pueden causar en el cultivo y durante el almacenamiento.

Palabras clave: *Zea mays* ssp. *mays*, *Fusarium*, Hongos fitopatógenos, *Rhizopus*

Introducción

La planta de maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea de producción anual cuyo origen se encuentra en el centro de México (Wilkes y Goodman, 1995). En el año 2017, las estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ascienden a un volumen de producción a nivel mundial con 1031.86 millones de toneladas, superando a cultivos como el trigo con 739.53 millones de toneladas y el arroz con 481.04 millones de toneladas (PMA, 2017). Actualmente, Estados Unidos ocupa el primer lugar en la producción de maíz con 357,267,000 toneladas métricas, mientras que México se ubica en el séptimo puesto con una producción de 25,000,000 toneladas métricas (PMM, 2017). Por tanto, el maíz constituye uno de los cultivos de mayor importancia económica en los que se ha investigado y avanzado mucho en su mejora genética, razón por la cual sus poblaciones son tan heterogéneas (Fernández et al., 2010). Sin embargo, este cultivo se ve afectado por varios hongos fitopatógenos que son responsables de causar enfermedades como la mancha café (*Physoderma maydis*), mildiús vellosos (*Peronosclerospora* spp.), las royas del maíz (*Puccinia* spp.), y el tizón, entre otras (CIMMYT, 2004). Hasta el momento, se considera que son varios factores los que contribuyen a la presencia de hongos; como la sequía, la humedad, la temperatura, los insectos, la infestación y la manipulación brusca (Jay, 1998). El deterioro del grano de maíz por crecimiento fúngico reduce el valor nutricional, la palatabilidad del alimento, aumenta potencialmente la probabilidad como alergénico y puede ser una vía de contaminación micotoxinas (Onyeze et al., 2013).

Por lo cual, el realizar la caracterización morfológica de hongos asociados a la planta de maíz criollo en México nos permitirá recopilar información de los hongos fitopatógenos presentes en nuestro país y así desarrollar estrategias que permitan controlar a los agentes contaminantes que son dañinos para la planta. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue aislar y caracterizar la morfología de hongos asociados a semillas de plantas de maíz criollo blanco con síntomas de enfermas (*Zea mays* ssp. *mays*).

Materiales y Métodos

Se trabajó con muestras de granos de maíz criollo (*Zea mays* ssp. *mays*) con síntomas de enfermedad cultivadas en la zona de los Valles Altos de Apan, Hgo., México.

Colecta del material vegetal para el aislamiento de hongos

El aislamiento de los hongos presentes en las plantas de maíz, se realizó a partir de colectas de muestras de tejido vegetal en un periodo de muestreo. Se seleccionaron al azar 25 plantas (cinco por cada extremo y cinco del centro) de una plantación de maíz criollo blanco, ubicada en la zona de los Valles Altos en el estado de Hidalgo. Las plantas seleccionadas contenían granos con síntomas de enfermedad. Las muestras se guardaron en sobres de papel tamaño carta para su transportación y conservación a 4°C en el laboratorio hasta su utilización.

Aislamiento de hongos del grano

Los hongos se aislaron de granos de maíz con síntomas de enfermedad causada por hongos, los cuales se colocaron en una cámara húmeda para su proliferación. Después de tres días de incubación, se analizaron las muestras con un microscopio estereoscópico y en aquellas en donde se observaron colonias de hongos, se tomó una parte del micelio con ayuda de una aguja de disección y se colocó en cajas Petri con medio de cultivo PDA. Las cajas Petri se incubaron en una estufa a 22°C durante 5 d. Se recuperaron los hongos que crecieron sobre el medio y se purificaron con medio PDA. Se conservaron dos réplicas de cada uno de los cultivos monospóricos obtenidos en un tubo de ensaye de 100 x 13 mm con medio PDA.

Mantenimiento y propagación de las cepas

Para el mantenimiento y propagación de las cepas se utilizó el medio PDA. Se realizó un lavado de esporas de una placa con una solución estéril de Tween 20 al 0.01% (Arévalo et al., 2005), a una concentración de 1×10^6 esporas/mL para cada hongo fitopatógeno aislado. La concentración de esporas se determinó mediante la cuenta directa total en cámara de Thoma. Una parte de esta suspensión se transfirió a otra caja Petri, distribuyéndola homogéneamente y se incubó a 25°C por 7 d y se conservó en refrigeración a 4°C en condiciones estériles hasta su uso. Para mantener el cultivo viable las resiembras se realizaron cada 30 d (Álvarez, 2007). Una vez crecido cada microorganismo en la placa, se les adicionó 5 mL de una solución de Tween 20 al 0.01% y se preparó una suspensión de esporas de cada hongo en frascos de plástico estériles, a los cuales se les agregó 5 mL de una solución de glicerol al 20% y se conservaron -86°C.

Caracterización morfológica

Se utilizaron claves taxonómicas generales y específicas para la identificación de algunas enfermedades de maíz (CIMMYT, 2004), para la identificación de los hongos aislados de semillas de plantas de maíz criollo blanco con síntomas de enfermedad. Las observaciones morfológicas, de los hongos aislados, se realizaron a partir de colonias crecidas a 25°C durante 5 d en medio PDA (Nirenberg, 1976). Las descripciones morfológicas de los hongos aislados se realizaron en colonias desarrolladas a 25°C durante 5 d en medio de cultivo: PDA, del cual se tomaron fotografías utilizando un microscopio electrónico de barrido con Cryo Transfer System (Jeol, modelo IT300) en la Escuela Superior de Apan (ESAp-UAEH).

Resultados y Discusión

Los hongos fitopatógenos son un factor importante en la baja productividad de un cultivo. Al respecto, los granos de los cereales como el maíz, fácilmente pueden ser colonizados por especies de hongos, que causan su deterioro (Soldevilla et al., 2005). En todas las muestras de maíz colectadas, se encontraron cepas fúngicas. De un total de 25 muestras de semillas de maíz con síntomas de enfermedad, se identificaron cinco géneros de hongos fitopatógenos. La caracterización morfológica se basó en las observaciones y tamaño de las conidias, esporangios y conidióforos observados. Donde *Rhizopus* spp. mostró conidióforos de $3.87 \pm 3.12 \mu\text{m}$ de largo por $2.98 \pm 4 \mu\text{m}$ de ancho. Por otro lado, para los géneros *Alternaria*, *Fusarium* y *Puccinia* las conidias fueron $20.48 \pm 18.0 \times 9.86 \pm 3.0 \mu\text{m}$, $7.0 \pm 3.8 \times 2.0 \pm 0.5 \mu\text{m}$, $13.57 \pm 3.12 \times 11 \pm 1.18 \mu\text{m}$ de largo y ancho, respectivamente. Por último, las conidias de *Penicillium* spp. mostraron un diámetro de $2.54 \pm 1.0 \mu\text{m}$.

Fusarium es uno de los géneros más importantes porque causa la pudrición de la mazorca y el grano, también llamada pudrición por *Fusarium* y pudrición rosada de la mazorca inducida por *Gibberella*: *Fusarium moniliforme* J. Sheld. y *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch= *F. graminearum* Schwabe., respectivamente. La importancia de su identificación está relacionada con la producción de diversas toxinas (García y Martínez, 2010). *Fusarium poae* (Peck) Wollenw., *Fusarium sporotrichioides* Sherb., asociada con pudriciones de mazorca en Estados Unidos de América, Canadá y Europa, se le relaciona con intoxicaciones en humanos y animales fue la especie dominante, aislada de los cereales. *Fusarium oxysporum* E.F. Sm. et Swingle es una especie frecuente en el maíz en todas las localidades; es un hongo aislado en semillas de muchas plantas (Morales-Rodríguez, 2007). En granos de maíz almacenados en Argentina y Uruguay el patógeno de mayor prevalencia en ambos países fue *Fusarium* spp. Sin embargo, los cultivos en Argentina presentaron mayor carga de microorganismos en las semillas que los provenientes de lotes de Uruguay. Los patógenos encontrados correspondieron a los géneros *Fusarium* spp.; *Aspergillus* spp. y *Rhizopus* spp.

(Sillon et al., 2010). Broggi et al. (2007) realizaron un estudio micológico en granos de sorgo, maíz, arroz y semillas de soja y en muestras de trigo recién cosechado y con un año de almacenamiento en Argentina. En los resultados obtuvieron especies pertenecientes a los géneros de *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y otros. *Alternaria alternata*, fue la especie más aislada en sorgo, arroz, soja y en el trigo recién cosechado. En los mismos sustratos se observó una incidencia menor de especies del género *Fusarium*. En maíz, la especie fúngica predominante fue *Fusarium verticillioides*. Los altos niveles de incidencia de *A. alternata* observados, indicarían la necesidad de determinar, métodos de control que no sean dañinos al hombre y los animales que consumen los granos.

Conclusiones

El conocimiento de las especies de hongos que se encuentran presentes en un cultivo en una localidad particular es de suma importancia para poder implementar estrategias encaminadas hacia la prevención y control de las enfermedades que estos agentes fúngicos pueden causar en el cultivo del maíz. De igual forma, la utilización de técnicas confiables para la identificación de cepas de hongos fitopatógenas es importante para evitar su dispersión dentro de una zona.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Jessica Arlette Porcallo Rojas de la Escuela Superior de Apan, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por haber tomado las micrografías SEM de los hongos identificados en este trabajo.

Literatura citada

Alvarez, N. M. 2007. Purificación y caracterización parcial de dos celulasas de *Trichoderma harzianum* CINV17. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, Veracruz.

Arévalo, G. E., Ortiz, B. C., Zúñiga, C. L., Gonzáles, V. J. 2005. Hoja Técnica No. 51. Selección de plantas de cacao resistentes a la Moniliasis usando savia del floema y fluidos embrionicos de frutos jóvenes. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 76:86-88.

Broggi, L. E., Lucas, G. H. H., Resnik, S.L. and Pacin, A. 2007. *Alternaria alternata* prevalence in cereal grains and soybean seeds from Entre Ríos, Argentina. *Rev Iberoam Micol.* 24:47-51.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo). 2004. *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*. Cuarta edición. México, Ciudad de México. CIMMYT.

Fernández GL, Crossa J, Fundora-Mayor Z, Castiñeiras AL, Gálvez RG, Garcia GM, Giraudy BC. 2010. 2010. Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. *Biociencias* 1:4-18.

García–Aguirre, G. and Martínez–Flores, R. 2010. *Fusarium* species from corn kernels recently harvested and shelled in the fields in the Ciudad Serdán Region, Puebla. *Rev. Mex. Biodiv.* 81:15-20.

Jay, J. M. 1998. *Food Spoilage in Modern Food Microbiology*, 4th Edition, Chapman and Hall Inc. New York, p. 195.

Morales–Rodríguez, I., M. J. Yañez–Morales, H. V. Silva–Rojas, G. García–de–los–Santos and D. A. Guzmán–de–Peña. 2007. Biodiversity of *Fusarium* species in Mexico associated with ear rot in maize, and their identification using a phylogenetic approach. *Mycopathologia* 163:31–39.

Nirenberg, H. 1976. Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. *Mitt. Biol. B.-Anst. Ld- u. Forstw.* 169:1–117.

Onyeze, R. C., Udeh, S. M C., Akachi B. O. and Ugwu O.P.C. 2013. Isolation and characterization of fungi associated with the spoilage of corn (*Zea mays*). *Int. J. Pharm. Med. & Bio. Sc.* 2:86-91.

PMA (Producción Mundial Arroz). 2017. *Arroz Producción Mundial 2017/2018*. <https://www.produccionmundialarroz.com> [Consultado el 22 de junio de 2017].

PMM (Producción Mundial Maíz). 2017. *Maíz Producción Mundial 2017/2018*. <https://www.produccionmundialmaiz.com> [Consultado el 22 de junio de 2017].

PMT (Producción Mundial Trigo). 2017. *Trigo Producción Mundial 2017/2018*. <https://www.produccionundialtrigo.com> [Consultado el 22 de junio de 2017].

Sillon, M., Paravano, A., Mandrile, M. Wilson, R. y Aznarez, G. 2010. Estrategias para la optimización de la calidad alimentaria de granos de maíz en cultivos de Argentina y Uruguay. 4:90-95.

Soldevilla, C., Vázquez, C., Patiño, B., Jurado, M., y González-Jaén, M. T. 2005. Hongos toxicogénicos asociados a trigo y cebadas de Castilla y León. Bol. San. Veg. Plagas. 31:519-529.

Wilkes, H. G, y M. M. Goodman. 1995. Mystery and Missing Links: The origin of Maize. In: Taba, S. (ed.). Maize genetic resources. Maize program special report. CIMMYT. El Batán, Texcoco, México.

NANOPARTÍCULAS DE PLATA COMO AGENTE FUNGICIDA SOBRE *Sordaria tomentosa* EN LA MICROPROPAGACIÓN DE PLANTAS

Sandra Luz Hernández-Valladolid^{462*}, Jericó Jabín Bello-Bello⁴⁶³, Alexey Petryakov⁴⁶⁴ y Nina Bogdanchikova⁴⁶⁵

Resumen

Una de las aplicaciones del Cultivo in vitro de Tejidos Vegetales (CTV) es la obtención de plantas sanas (libres de plagas y enfermedades). Sin embargo, la contaminación in vitro de plantas es un problema que afecta los procesos de producción de vitroplantas en laboratorios comerciales. Una alternativa para disminuir la contaminación es mediante la utilización de nanopartículas de plata (NPsAg), dejando atrás el uso de antibióticos y fungicidas, los cuales pueden afectar negativamente el crecimiento, la respuesta de los explantes y puede inducir resistencia en bacterias y hongos. El presente estudio se evaluaron el efecto fungicida de diferentes concentraciones de NPsAg (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 y 200 mg L⁻¹) sobre el crecimiento del hongo *Sordaria tomentosa*. Se identificó un hongo contaminante mediante amplificación y secuenciación con los iniciadores ITS4 e ITS5. Se midió el diámetro del crecimiento de las colonias en medio de cultivo Papa Dextrosa y Agar (PDA) en las diferentes concentraciones de NPsAg. El modelo experimental en esta investigación fue un diseño completamente al azar para determinar el crecimiento. Como resultados se identificó a *Sordaria tomentosa* con alto porcentaje de identidad en la secuencia obtenida. Los

⁴⁶² Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Cuitláhuac, Veracruz, México. Autor para correspondencia: sandvallad@hotmail.com.

⁴⁶³ CONACYT-Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

⁴⁶⁴ Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Rusia.

⁴⁶⁵ Centro de Nanociencias y Nanotecnología-Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, Baja California, México.

resultados indican que el efecto fungicida se encontró en las concentraciones de 60 mg L⁻¹. Los resultados sugieren que las nanopartículas de plata poseen actividad fungicida y puede ser utilizada para el control de los contaminantes en el CTV.

Palabras clave: Cultivo de tejidos vegetales, contaminación in vitro, nanopartículas de plata.

Introducción

El Cultivo de Tejido Vegetal (CTV) es una herramienta biotecnológica utilizada para diversas aplicaciones, entre ellas la micropropagación o producción in vitro de plantas comestibles, medicinales y ornamentales, resultando también una excelente alternativa para obtener plantas libres de patógenos (Thorpe, 2007). Desafortunadamente, durante el proceso de micropropagación se presentan algunos factores que afectan el desarrollo de los explantes, alterando los buenos resultados, tal es el caso de la contaminación microbiana que causa grandes pérdidas en la propagación in vitro de plantas. Un amplio rango de microorganismos, han sido identificados como contaminantes en el cultivo de tejidos vegetales, tales como bacterias, hongos y levaduras, estos contaminantes pueden ser introducidos con el explante, durante la manipulación en el laboratorio o debido a un deficiente protocolo de desinfección. La contaminación microbiana es una razón importante de pérdida de material vegetal en sistemas de micropropagación tanto en la investigación como en el área comercial.

El medio de cultivo en el cual el tejido vegetal es cultivado representa una buena fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano de ahí la fácil proliferación de los microorganismos. Para el control de la contaminación in vitro existen diversas técnicas de desinfección, tales como el uso de fungicidas y antibióticos en la planta madre, el explante y/o el medio de cultivo; sin embargo, no se recomienda la adición de antibióticos al medio para controlar la contaminación bacteriana porque no son efectivos en la mayoría de los casos debido a la resistencia de algunas cepas (Sánchez, 2004).

En el presente escenario, los materiales a nanoescala surgen como nuevos agentes antimicrobianos debido a su alta superficie de contacto, propiedades fisicoquímicas y microbicidas. En contraste con la atención prestada a las nuevas aplicaciones de las nanopartículas de plata (AgNPs) en la medicina, son pocos los estudios que mencionan la aplicación de las AgNPs en la biotecnología vegetal (Mahna et al., 2013). Las AgNPs son un nuevo nanomaterial con capacidad para eliminar la contaminación por hongos, bacterias y virus sin efectos adversos sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Abdi et al., 2008; Samarst et al., 2011).

El presente proyecto propone el uso de nanopartículas (NPsAg) de plata como control microbiano en medios de crecimiento líquido y sólido, de un agente contaminante aislado de procesos in vitro, empleando diferentes concentraciones de NPsAg en el hongo *Sordaria tomento-alba*.

Materiales y métodos

Caracterización Nanopartículas de plata

La formulación comercial utilizada, de nanopartículas de plata Argovit™ (12 mg/mL plata metálica) consistente en nanopartículas esféricas de 35 ± 15 nm funcionalizado con polyvinylpirrolidona (PVP 10-30 KD), fue donada por del laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Preparación de medio Papa Dextrosa y Agar para el crecimiento fúngico con Nanopartículas de Plata. El medio de cultivo utilizado fué Papa Dextrosa y Agar (PDA), suplementado con 39 g L⁻¹ de medio en agua destilada, para el ensayo de crecimiento del hongo *Sordaria tomento-alba*, ajustado a un pH 5 en donde se agregaron diferentes concentraciones (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 y 200 mg L⁻¹) de Nanopartículas de Plata (NPsAg) Argovit™. Esterilizándose en autoclave durante 20 minutos a 121°C y 15 libras de presión.

Inoculación y condiciones de Incubación. Todos los tratamientos fueron inoculados con 1 cm² de micelio fresco de *S. tomento-alba* e incubados bajo condiciones de fotoperíodo de 18 hrs luz, temperatura 23-25°C; la variable a medir fue el crecimiento en diámetro (CD), se consideró como CD al promedio (cm) de tres mediciones.

Amplificación ADN y secuenciación

Se requirió el servicio de secuenciación para la identificación del hongo *S. tomento-alba*, este fue realizado utilizando los iniciadores ITS4 e ITS5. Los amplificados secuenciados se compararon con secuencias depositadas en el GenBank mediante la aplicación BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).

Diseño experimental. El modelo experimental en esta investigación fue completamente al azar con medidas repetidas. Se realizó un análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) en el programa SPSS (Versión 22 para Windows).

Resultados y discusión

La cepa sembrada mostró características morfológicas micelial típica de *Sordaria tomento-alba*. Se observó micelio blanco a café amarillento, con gúttulas color café coincidiendo con la descripción de Cai et al. (2006).

De acuerdo al análisis de secuencia de nucleótidos realizado mediante Blast muestra una homología de un 99% con secuencias correspondientes a *Sordaria tomento-alba*. La ubicación taxonómica de la cepa correspondiente al agente contaminante es importante ya que nos permite conocer el origen del agente y reservarse a un no adecuado proceso de desinfección de explantes ya que este hongo de acuerdo a Guarro y Arx (1987) corresponde a una especie coprófila.

La evaluación del crecimiento de *S. tomento-alba*, se realizó a los 21 d de incubación, observándose que al aumentar la concentración de NPsAg, la inhibición del crecimiento fúngico se veía favorecido. El menor crecimiento en centímetros se observó en la concentración de 180 y 200 mg L⁻¹ de NPsAg, con una diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos (Figura 1).

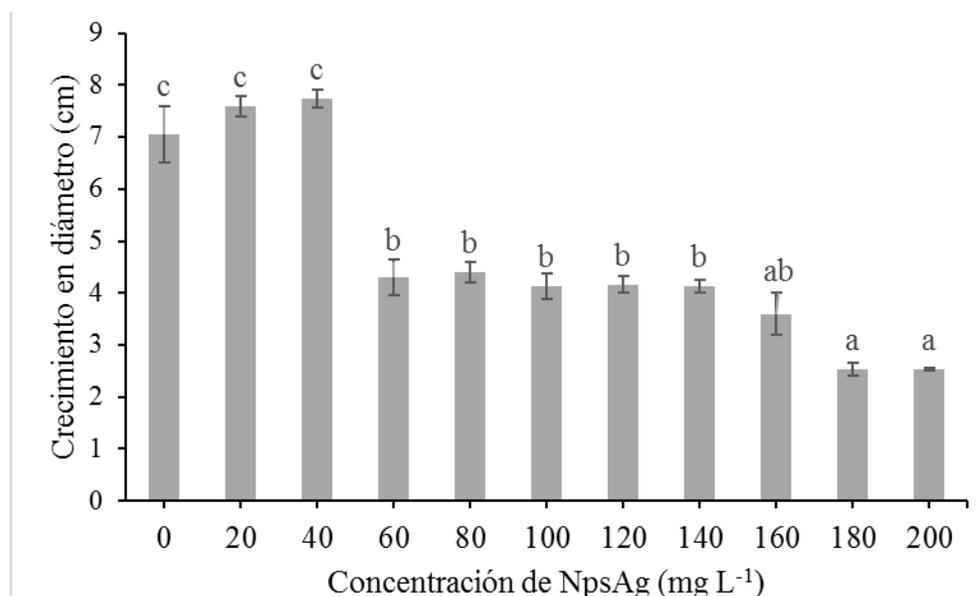


Figura 1. Efecto de las NPsAg en el crecimiento de *Sordaria tomento-alba* en medio PDA después de 21 días. Las barras representan la media \pm error estándar. Barras seguidas por diferente letra denotan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Pudiendo establecer que las NPsAg tienen un control significativo en el crecimiento de *S. tomento-alba* en las concentraciones de 180 y 200 mg L⁻¹. En la Figura 1, se muestra el comportamiento de *S. tomento-alba* en crecimiento frente a las diferentes dosis de NPsAg. La Figura 2 muestra placas con medio PDA, conteniendo diferentes concentraciones de nanopartículas de plata, demostrando que la presencia de las nanopartículas inhibe el crecimiento del hongo *Sordaria tomento-alba*; este crecimiento fue monitoreado durante 21 d.

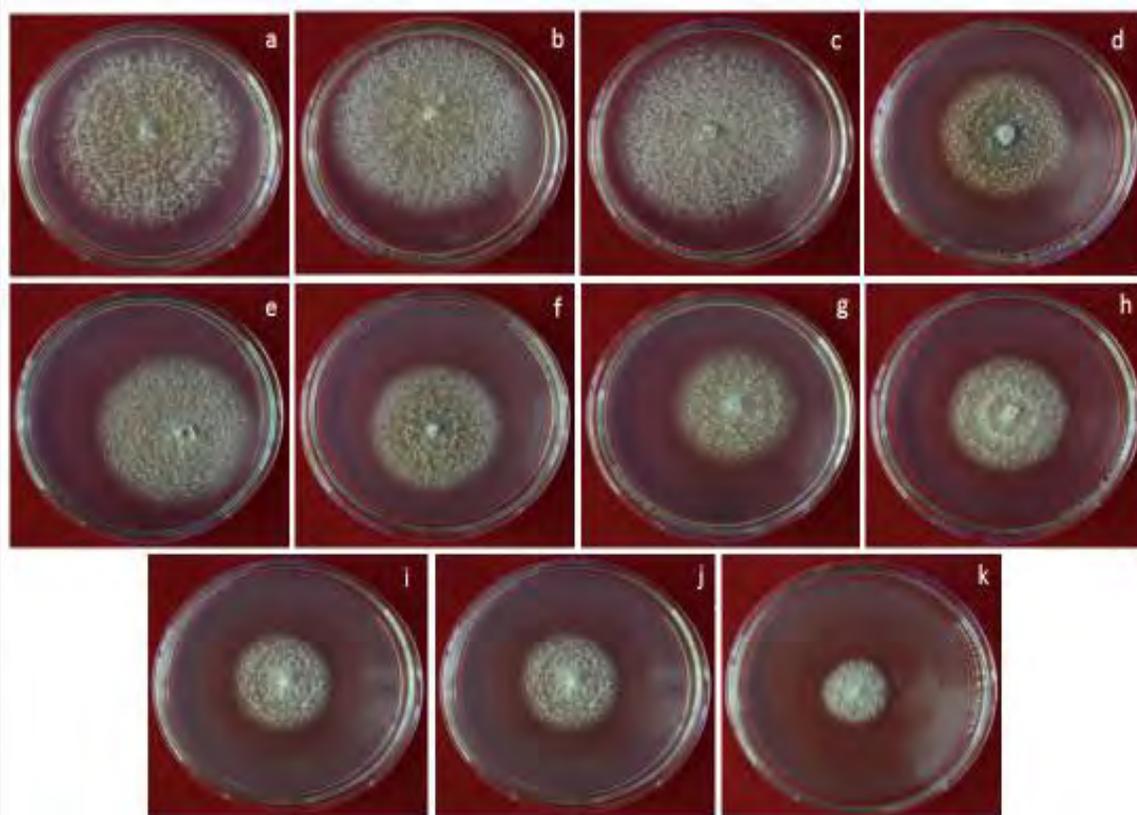


Figura 2. Crecimiento de *Sordaria tomento-alba* en medio PDA con diferentes concentraciones de NPsAg, 21 días de incubación. a) 0 mg L⁻¹; b) 20 mg L⁻¹; c) 40 mg L⁻¹; d) 60 mg L⁻¹; e) 80 mg L⁻¹; f) 100 mg L⁻¹; g) 120 mg L⁻¹; h) 140 mg L⁻¹; i) 160 mg L⁻¹; j) 180 mg L⁻¹; k) 200 mg L⁻¹.

Conclusiones

El agente causal de contaminación en cultivo de tejidos vegetales en este laboratorio es identificado mediante técnicas moleculares como, *Sordaria tomento-alba*. Se establece que,

a concentraciones de 180 y 200 mg L⁻¹ de NPsAg Argovit™, existe una inhibición significativa con respecto a las demás concentraciones.

Literatura consultada

Abdi, G. R. H., M. Salehi, and M. Khosh-Khui. 2008. *Acta Physiol. Plant.* 30:709-714.

Cai, L., R. Jeewon and K. D. Hyde. 2006. Phylogenetic investigations of Sordariaceae based on multiple gene sequences and morphology. *Mycol. Res.* 110:137-150.

Guarro J. and J. A. Arx von. 1987. The ascomycete genus *Sordaria*. *Persoonia.* 13:301-314.

Mahna, N., S. Z Vahed and S. Khani. 2013. Plant in vitro culture goes nano: nanosilver-mediated decontamination of ex vitro explants. *J. Nanomed. Nanotechol.* 4:1.

Sarmast, M., H. Salehi and M. Khosh-Khui. 2011. Nano silver treatment is effective in reducing bacterial contaminations of *Araucaria excelsa* R. Br. var. *glauca* explants. *Acta Biol. Hung.* 62:477-484.

Thorpe, T. 2007. History of plant tissue culture. *Mol. Biotech.* 37:169-180.

REGENERACIÓN in vitro DE *Anthurium andreanum* Lind. EN INMERSIÓN TEMPORAL

Eduardo Martínez-Estrada⁴⁶⁶, Jericó Jabín Bello-Bello⁴⁶⁷, Bartolo Islas Luna⁴⁶⁸, Hilda Eulalia Lee Espinosa⁴⁶⁷ y Sandra Luz Hernández-Valladolid^{469*}

Resumen

La utilización de sistemas de inmersión temporal (SIT) es una alternativa para la reducción de costos, aumento en el rendimiento biológico y semiautomatización de la micropropagación. El objetivo de este estudio fue evaluar un SIT durante la micropropagación de anturio. Segmentos nodales de 1 cm del cultivar Rosa previamente establecidos in vitro fueron cultivados en medio Murashige y Skoog (MS) suplementado con 9.55 mg L⁻¹ de Bencilaminopurina en dos diferentes sistemas de cultivo: semisólido y líquido en SIT. En los SIT se evaluaron tres frecuencias de inmersión (1 min cada 4, 8 y 12 h). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 30 explantes por tratamiento, con los resultados se realizó un análisis de varianza y se compararon las medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). A los 60 d de cultivo se evaluó el número de brotes por explante. La mayor proliferación de brotes se obtuvo en el SIT en la frecuencia de inmersión cada 12 h, seguido de las

⁴⁶⁶ Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, Carretera federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Amatlán de los Reyes, 94946, Veracruz, México.

⁴⁶⁷ CONACYT-Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, Carretera federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Amatlán de los Reyes, 94946, Veracruz, México.

⁴⁶⁸ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Carr. Peñuela-Amatlán Km. 1, Amatlán de los Reyes, 94945, Veracruz, México.

⁴⁶⁹ Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Cuitláhuac, Veracruz, México. Autor para correspondencia: sandvallad@hotmail.com

frecuencias cada 8 y 4 h. El sistema en medio semisólido fue produjo la menor cantidad de brotes por explante. En conclusión, los sistemas de inmersión temporal representan una alternativa viable para la micropropagación comercial de anturio.

Palabras clave: Anthurium andreanum, micropropagación, Sistemas de Inmersión Temporal, organogénesis.

Introducción

En la micropropagación convencional, los altos costos de producción causados principalmente por la mano de obra, agentes gelificantes de los medios de cultivo y la falta de automatización siguen representando un problema para que esta tecnología sea rentable (Etienne y Bethouly, 2002). Actualmente se han desarrollado nuevas metodologías para la clonación in vitro de plantas, dentro de las que destacan los Siorreactores de Inmersión Temporal (SIT). Estos sistemas funcionan bajo el principio de contacto temporal con el medio de cultivo líquido para asegurar el crecimiento normal de los explantes y evitar el problema de hiperhidricidad (Welander et al., 2014). Existen diversos modelos de SIT, los cuales han sido descritos por diversos autores (Georgiev et al., 2014). Los SIT se han convertido en una herramienta de gran utilidad para lograr la semiautomatización, reducción de costos y aumento en los índices de multiplicación en la micropropagación de cultivos de importancia económica (Ramos-Castellá et al., 2014) y ornamental (Wang et al., 2013).

Anthurium andreanum Lind es una especie tropical de importancia ornamental como planta de maceta y flor de corte. Su propagación sexual por semillas resulta en una progenie heterogénea y su propagación asexual por hijuelos es relativamente lenta y puede transmitir enfermedades. Ante esta situación, la micropropagación emerge como una alternativa para la producción masiva de plántulas genética y fenotípicamente homogéneas y libres de enfermedades (Martin et al., 2003). El objetivo de este estudio fue evaluar la utilización de Biorreactores de Inmersión Temporal para la micropropagación comercial de anturio.

Materiales y métodos

Para evaluar el efecto de la Inmersión Temporal (IT) respecto al sistema tradicional en medio semisólido durante la etapa de multiplicación de *A. andreanum*, segmentos nodales de 1 cm del cultivar Rosa previamente establecidos in vitro fueron sembrados en diferentes tratamientos: medio de cultivo semisólido e inmersión temporal en Biorreactores de Inmersión por Gravedad) de capacidad de 1 L con tres frecuencias de inmersión (1 min cada 4, 8 y 12 h). El medio de cultivo en todos los tratamientos fue medio MS (Murashige y Skoog, 1962) con 9.55 mg L⁻¹ de BAP (Bencilaminopurina, Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA), el pH de los medios se ajustó a 5.8 con hidróxido de sodio 0.1 N, se adicionó 0.25% (P/V) de Phytigel® (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA) como agente gelificante para el medio semisólido y se esterilizó a 120 °C por 15 min en autoclave (FE-299 Felisa®, México). Se utilizaron 25 mL de medio por explante en ambos sistemas, y un total de 250 mL por biorreactor. Los tratamientos fueron incubados a 24 ± 2°C bajo iluminación con lámparas fluorescentes (flujo de fotones fotosintéticos de 40 μmol m⁻² s⁻¹) y un fotoperiodo de 16 h luz. El diseño experimental fue completamente al azar con 30 repeticiones (explantes) por tratamiento. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (P≤0.05) en el programa SPSS (Versión 22 para Windows). Después de 60 d de cultivo se evaluó el número y longitud de brotes generados por explante.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos en la etapa de multiplicación de la variedad Rosa después de 0 d de cultivo. La producción y longitud de brotes mostró diferencias significativas entre tratamientos. La mayor cantidad de brotes se registró en la IT con frecuencia de 1 min cada 12 h con una producción promedio de 22 brotes por explante, seguido por la IT con frecuencia de 1 min cada 8 h con 17 brotes por explante. La menor producción de brotes se obtuvo en el medio semisólido y en IT con frecuencia de 1 min cada 4 h, con 10 y 15 brotes por explante, respectivamente. La longitud de brotes mostró diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo la mayor longitud de brotes en la IT de 1 min cada 12 h, con 1.21 cm, seguido de la IT cada 8 h, con 1.01 cm de longitud.

Cuadro 1. Efecto del sistema de cultivo durante la etapa de multiplicación de *A. andreanum* cultivar Rosa después de 60 días de cultivo.

Tratamiento	Brotes por explante	Longitud de brotes (cm)
Semisólido	10.20 ± 0.68 c	0.68 ± 0.02 d
IT cada 4 h	15.20 ± 1.14 b	0.84 ± 0.02 c
IT cada 8 h	17.00 ± 1.17 b	1.01 ± 0.02 b

IT cada 12 h	22.93 ± 0.85 a	1.21 ± 0.04 a
--------------	----------------	---------------

Los valores representan la media ± error estándar. Valores seguidos por diferente letra denotan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

Este trabajo demuestra la utilidad de utilizar los SIT en la micropropagación de *A. andreanum* logrando duplicar la producción por explante que en el sistema convencional en medio semisólido. Resultados similares han sido reportados para diversas especies como banana (Roels et al., 2005), piña (Aragón et al., 2014) y caña de azúcar (Mordocco et al., 2009), donde la IT logró incrementar la producción de plántulas respecto al medio semisólido. De acuerdo a Ziv (2005), los efectos favorables de la IT sobre los rendimientos en la micropropagación son atribuidos principalmente a la renovación de su espacio gaseoso y al contacto directo que tienen los explantes con el medio de cultivo, lo cual, no sucede con el medio semisólido. Se ha demostrado que la utilización de los SIT previene la acumulación de etileno que usualmente tiene efectos desfavorables sobre los explantes en medio semisólido (Roels et al., 2005). Además, se ha reportado que los SIT mejoran aspectos fisiológicos como contenido de clorofila, fotosíntesis, respiración y conductancia estomática (Aragón et al., 2014).

En este estudio, los mejores resultados se obtuvieron en la frecuencia de 1 min cada 12 h. Estos resultados destacan la importancia de la frecuencia de inmersión en los SIT para el éxito de estos sistemas, ya que influye en la absorción de nutrientes (Whatt, 2012).

Conclusiones

La utilización de los SIT en frecuencia de inmersión por 1 min cada 12 h mejoró significativamente la obtención de nuevos brotes por explante respecto a la micropropagación en medio semisólido. El uso de SIT permite reducir los costos de mano de obra debido a la semiautomatización del proceso. Su utilización podría representar una opción para el aprovechamiento comercial de esta especie ornamental.

Literatura citada

Aragón, C. E., C. Sánchez, J. Gonzalez-Olmedo, M. Escalona, L. Carvalho, and S. Amâncio. 2013. Comparison of plantain plantlets propagated in temporary immersion bioreactors and gelled medium during in vitro growth and acclimatization. *Biol. Plant.* 58:29–38.

- Etienne, H., and M. Berthouly. 2002. Temporary immersion systems in plant micropropagation. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 69:215–231.
- Georgiev, V., A. Schumann, A. Pavlov, and T. Bley. 2014. Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Eng. Life Sci.* 14:607–621.
- Martin, K. P., D. Joseph, J. Madasser, and V. J. Philip. 2003. Direct shoot regeneration from lamina explants of two commercial cut flower cultivars of *Anthurium andraeanum* Hort. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 39:500–504.
- Mordocco, A. M., J. A. Brumbley, and P. Lakshmanan. 2008. Development of a temporary immersion system (RITA®) for mass production of sugarcane (*Saccharum* spp. interspecific hybrids). *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 45:450–457.
- Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A Revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473–497.
- Ramos-Castellá, A., L. G. Iglesias-Andreu, J. Bello-Bello, and H. Lee-Espinosa. 2014. Improved propagation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 50:576–581.
- Roels, S., C. Noceda, M. Escalona, J. Sandoval, M. J. Canal, R. Rodriguez, and P. Debergh. 2005. The effect of headspace renewal in a Temporary Immersion Bioreactor on plantain (*Musa AAB*) shoot proliferation and quality. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 84:155–163.
- Wang, S. M., X. C. Piao, S. Y. Park, and M. L. Lian. 2012. Improved micropropagation of *Gypsophila paniculata* with bioreactor and factors affecting ex vitro rooting in microponic system. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* 49:70–78.
- Watt, M. P. 2012. The status of temporary immersion system (TIS) technology for plant micropropagation. *Afr. J. Biotechnol.* 11:14025–14035.
- Welander, M., J. Persson, H. Asp, and L. H. Zhu. 2014. Evaluation of a new vessel system based on temporary immersion system for micropropagation. *Sci. Hort.* 179:227–232.
- Ziv, M. 2005. Simple bioreactors for mass propagation of plants. In: Hvoslef-Eide A. K., W. Preil (Eds.). *Liquid Culture Systems for in vitro Plant Propagation*. Springer, Netherlands, p. 79–93.

CONTENIDO DE AZÚCARES DE VARIEDADES DE SORGO CULTIVADAS EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO

Néstor Espinosa Paz^{470*}, Noé Montes García⁴⁷¹, Rafael Ariza Flores⁴⁷², Ana Laura Ramírez Córdova⁴⁷³,
y María Hernández Maldonado⁴⁷³

Resumen

Una de las alternativas para disminuir la contaminación ambiental es el uso de biocombustibles elaborados a partir de especies vegetales. En especial el bioetanol que puede producirse a partir de azúcares de plantas como el sorgo dulce. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el contenido de azúcares en el tallo de seis variedades de sorgo durante tres ciclos agrícolas de cultivo. Durante los ciclos agrícolas primavera-verano 2015, 2016 y 2017, se validó el comportamiento fenotípico y el contenido de azúcares de las siguientes variedades experimentales y comerciales de sorgo: RB-Candy, 22 x Candy, RB-Cañero, RB-Norteño, RB-Paloma, RB-Huasteco y Fortuna. Las localidades de prueba fueron

⁴⁷⁰ Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Km 3 Carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas, Méx., Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

⁴⁷¹ 2Campo Experimental Río Bravo, Tamps. Méx.

⁴⁷² 3Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx.

⁴⁷³ 3UAAAN Centro Académico Regional Chiapas, Cintalapa, Chiapas.

Ocozocoautla y Suchiapa, ambas ubicadas en el centro de Chiapas a una altura sobre el nivel del mar de 800 y 600 metros, respectivamente, con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y presencia de sequía intraestival. En el ciclo primavera-verano 2015, en la localidad de Ocozocoautla, sobresalieron las variedades RB-Candy, RB-Paloma y RB-Cañero con 9.7, 9.5 y 7.2 °Brix, respectivamente. En la localidad de Suchiapa, las variedades sobresalientes fueron: RB-Candy y Fortuna con valores de 16.2 y 13.1, respectivamente. En 2016, en la localidad de Ocozocoautla, las variedades RB-Candy, 22 x Candy, RB-Cañero, RB-Paloma, RB-Norteño, RB-Huasteco y Fortuna mostraron valores de 20.4, 17.2, 18.7, 19.8, 15.3, 17.8 y 17.1 °Brix, respectivamente. En Suchiapa, estas mismas variedades y en este mismo orden, mostraron valores de 21.2, 20.1, 17.3, 18.9, 15.6, 18.8 y 19.6. Finalmente, en 2017, las variedades solo se sembraron en Ocozocoautla y las variedades más sobresalientes fueron: RB-Candy, 22 x Candy, RB-Norteño y Fortuna con 12, 12.6, 9.2 y 14.2 °Brix, respectivamente.

Las variedades, RB-Candy, Fortuna y RB-Cañero mostraron buena producción de azúcares en ambas localidades y en los tres años de evaluación. Por lo que deben considerarse, para la producción de bioetanol.

Palabras claves: Cambio climático, bioetanol, grados Brix

Introducción

Una de las alternativas para disminuir la contaminación ambiental es el uso de biocombustibles elaborados a partir de especies vegetales. En especial el bioetanol que puede producirse a partir de azúcares de plantas. El sorgo, se ha utilizado para la producción de etanol (Montes et al., 2014). Ante este escenario, el programa de mejoramiento genético de sorgo del INIFAP con sede en el campo Experimental de Río Bravo, Tamps., inició en 2014, con el apoyo del fondo sectorial SAGARPA-CONACYT, con la formación de variedades de sorgo con alto contenido de azúcares en el tallo, con la finalidad de ser usado para la producción de bioetanol.

Durante los ciclos agrícolas primavera-verano 2015, 2016 y 2017, se validó el comportamiento fenotípico y la producción de azúcares de siete variedades de sorgo en el centro de Chiapas. Los resultados sobre el contenido de azúcares en el tallo durante estos tres ciclos agrícolas, se presentan a continuación.

Objetivo

Cuantificar el contenido de azúcares en el tallo de seis variedades de sorgo durante tres ciclos agrícolas de cultivo.

Materiales y métodos

Durante los ciclos agrícolas primavera-verano 2015, 2016 y 2017, se validó el comportamiento fenotípico y el contenido de azúcares de las siguientes variedades experimentales y comerciales de sorgo: RB-Candy, 22 x Candy, RB-Cañero, RB-Norteño, RB-Paloma, RB-Huasteco y Fortuna. Las localidades de prueba fueron Ocozocoautla y Suchiapa, ambas ubicadas en el centro de Chiapas a una altura sobre el nivel del mar de 800 y 600 m, respectivamente, con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y presencia de sequía intraestival.

El manejo agronómico consistió en: preparación del suelo mediante un barbecho y rastra. La siembra se realizó a chorrillo durante la primera quincena del mes de julio. Se fertilizó con 100 kg de nitrógeno y 60 kg de fósforo ha⁻¹. El control de plagas y malezas se hizo con productos químicos recomendados por INIFAP en esta región.

En todos los sitios, las variedades se sembraron en franjas de 50 m de longitud y 30 m de ancho cada una. En la etapa de madurez fisiológica del grano se midió el contenido de azúcares (°Brix) en cuatro entrenudos del tallo, con un refractómetro digital modelo DR-103L.

Resultados y discusión

Los resultados se presentan en el Cuadro 1, en el cual se observa que en el ciclo agrícola primavera-verano 2015, en la localidad de Ocozocoautla, sobresalieron las variedades RB-Candy, RB-Paloma y RB-Cañero con 9.7, 9.5 y 7.2 °Brix, respectivamente. En la localidad de Suchiapa, las variedades sobresalientes fueron: RB-Candy y Fortuna con valores de 16.2 y 13.1, respectivamente. En este ciclo agrícola, hubo la presencia de una sequía intraestival severa (25 días) en esta última localidad, sin embargo, hubo mayor concentración de azúcares en el tallo de las variedades RB-Candy y Fortuna que en la localidad de Ocozocoautla. La explicación a estos resultados podría ser que, al disminuir la humedad en el suelo, también disminuye el contenido de agua en el tallo de la planta y consecuentemente los azúcares logran una mayor concentración.

En el ciclo 2016, en la localidad de Ocozocoautla, las variedades RB-Candy, 22 x Candy, RB-Cañero, RB-Paloma, RB-Norteño, RB-Huasteco y Fortuna mostraron valores de 20.4, 17.2, 18.7, 19.8, 15.3, 17.8 y 17.1° Brix, respectivamente. En Suchiapa, estas mismas variedades y en este mismo orden, mostraron valores de 21.2, 20.1, 17.3, 18.9, 15.6, 18.8 y 19.6 (Cuadro 1). En este ciclo los contenidos de azúcares en el tallo fueron mayores que en 2015 en ambas localidades. Una posible explicación estos resultados es no hubo presencia de sequía intraestival y las plantas crecieron más y los tallos y hojas mostraron mayor vigor, por lo que, la tasa de fotosíntesis fue mayor y consecuentemente, mayor contenido de azúcares en la savia del tallo.

En 2017, las variedades solo se sembraron en Ocozocoautla y las variedades más sobresalientes fueron: RB-Candy, 22 x Candy, RB-Norteño y Fortuna con 12, 12.6, 9.2 y 14.2° Brix, respectivamente (Cuadro 1).

Las variedades RB-Candy, Fortuna y RB-Cañero mostraron buena producción de azúcares en ambas localidades y en los tres años de evaluación. Por lo que, deben considerarse, para la producción de bioetanol, por lo que son recomendadas para sembrarse en el centro de Chiapas para la producción de etanol o para forraje (Espinosa-Paz et al., 2016).

El tallo de la planta de sorgo dulce es jugoso y rico en azúcares fermentables con valores máximos de 17.8° Brix y ha mostrado un potencial superior a las 70 ton/ha de biomasa, dependiendo de las condiciones agroecológicas y localidad de siembra (Montes et al., 2010). En estudios realizados en Tamaulipas (riego durante el ciclo O-I y temporal en el ciclo P-V), el mayor contenido de azúcar en el tallo se logró antes de la madurez fisiológica del grano, alrededor de 20 días después de la floración (Montes et al., 2010).

La variación en el contenido de azúcares entre las variedades mostrado en las dos localidades (Figura 1) es porque éste depende de la constitución genética de la variedad utilizada y de la interacción de ésta con el ambiente (Almodares y Sepahi, 1996).

Cuadro 1. Contenido de azúcares solubles (° Brix) de variedades de sorgo cultivadas en el centro de Chiapas, México.

VARIETADES	AÑO 2015				AÑO 2016				AÑO 2017	
	OCOZOCAUTLA		SUCHIAPA		OCOZOCAUTLA		SUCHIAPA		OCOZOCAUTLA	
	MEDIA	DESV.	MEDIA	DESV.	MEDIA	DESV.	MEDIA	DESV.	MEDIA	DESV.
RB - CANDY #1	9.7	3.4	16.2	1.7	20.4	2.5	21.2	3.3	12.0	1.7
22 x CANDY	5.1	2.6	5.7	3.3	17.2	3.3	20.1	1.3	12.6	3.0
RB - CAÑERO	6.0	3.6	4.2	1.7	18.7	2.1	17.3	1.9	8.8	1.4
RB - PALOMA	9.5	4.6	5.4	2.3	19.8	1.0	18.9	1.3	6.4	1.9

RB - NORTEÑO	2.3	0.7	3.1	1	15.3	1.2	15.6	2.8	9.2	2.2
RB - HUASTECO	3.1	1.4	3.8	1.7	17.8	1.9	15.8	2.4	8.8	0.8
FORTUNA	7.2	0.94	13.1	2.3	17.1	1.14	19.6	2.76	14.2	2.1

DESV.: Desviación estándar.

Conclusión

Las variedades, RB-Candy, Fortuna y RB-Cañero mostraron buena producción de azúcares en ambas localidades y en los tres años de evaluación. Por lo que deben considerarse para la producción de bioetanol.

Literatura citada

Almodares, A., and Sepahi, A. 1996. Comparison among sweet sorghum cultivars, lines and hybrids for sugar production. *Ann. Plant Physiol.* 0:50-55.

Espinosa-Paz, N., N. Montes-García, H. Espinosa P., y J. Martínez S. 2016. Tecnología de producción de sorgo dulce (Sorgo bicolor (L.) Moench), en la Depresión Central de Chiapas. Folleto Técnico N° Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. p.

Montes G., N., J.R. Salinas G., A. González, R. Loredó P. y G. Díaz P. 2010. Guía técnica de producción de sorgo dulce en Tamaulipas. Folleto Técnico No. 49. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Tamaulipas, México.

EFFECTIVIDAD DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PAPAYA (*Carica papaya* L.)

Orlando Catalán Barrera⁴⁷⁴, Ronald Ferrera Cerrato⁴⁷⁴, Alejandro Alarcón⁴⁷⁴, Santos Carballar Hernández⁴⁷⁴ y Jazmín Cortés Sarabia⁴⁷⁵

Resumen

La papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo de importancia mundial. México ocupa el quinto lugar como productor y el primero como exportador. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de dos inóculos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el crecimiento de papaya en invernadero. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y 15 réplicas. Las variables analizadas fueron: dinámica de crecimiento, diámetro del tallo y colonización micorrízica. De los dos tratamientos inoculados uno fue sólo con *Rhizophagus intraradices*, y el otro con un consorcio de *R. intraradices* y *R. fasciculatus*. Los tratamientos inoculados con HMA mostraron mayor incremento en las variables evaluadas en comparación con el testigo. Las plantas inoculadas con *R. intraradices* y *R. fasciculatus* presentaron en promedio mayor altura (11.34 cm) y diámetro del tallo (4.38 mm);

⁴⁷⁴ Área de Microbiología. Postgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados-Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5. Montecillo, 56230, Estado de México. México.

⁴⁷⁵ Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano Gro. orlandocatalan1@hotmail.com

mientras que las plantas testigo presentaron el promedio más bajo para estas variables (7.30 cm y 2.73 mm respectivamente). La colonización micorrízica promedio varió de 26% a 93%. El mayor porcentaje de colonización se obtuvo en las plantas inoculadas con *R. intraradices* y *R. fasciculatus*. El uso de HMA que promueven el crecimiento de plantas de papaya puede ser una alternativa importante en la producción sustentable de este cultivo.

Palabras clave: sustentable, cultivo, producción, colonización.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es un cultivo de importancia mundial, varios países la producen en grandes cantidades obteniendo un valor económico muy importante, principalmente para los agricultores. México es uno de los países más sobresalientes en cuanto a la producción papaya a nivel mundial posicionándose dentro de los cinco países más productivos (SAGARPA, 2017). Por otra parte, México no es el principal productor, pero si el principal país exportador a los Estados Unidos donde se lleva a cabo la compra más alta a nivel mundial (Oportimes, 2016). En México, un total de 20 entidades siembran papaya, sin embargo, ocho estados de la República Mexicana son los más importantes en cuanto a su producción, éstos son: Colima, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Yucatán, Michoacán, Puebla, Sinaloa y Jalisco (Portal frutícola, 2015). El cultivo de papaya requiere un suelo fértil y rico en materia orgánica, debido a su rápido crecimiento (Constantino y Gómez, 2011). Así como el requerimiento de altas cantidades de fertilizantes y agua para el crecimiento y producción estable de la planta (Nakasone et al., 1998). Para mejorar la producción y rendimiento del cultivo de papaya, se busca implementar microorganismos asociados tanto a la rizósfera como a la raíz de esta planta para incrementar la producción a nivel nacional. Por lo cual la implementación de microorganismos benéficos tanto de vida libre como simbióticos, tales como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales son una alternativa factible para mejorar la producción (Acuña, 2003). Los hongos micorrízicos y otros filamentosos, son considerados como un buen ejemplo de microorganismos simbióticos de las plantas que son capaces de favorecer el crecimiento y nutrición de las mismas (Ferrera-Cerrato et al., 2001), como resultado de su actividad metabólica con lo que promueven y brindan beneficios nutricionales tanto para la planta como para la agregación del suelo (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000). Los HMA son importantes en el ecosistema ya que son facilitadores de las plantas en cuanto a la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, así como evitar la acción de microorganismos patógenos en la raíz, de tal forma que aumentan la tolerancia de la planta a

condiciones de estrés biótico y abiótico en el suelo (Barrer, 2009). En varios cultivos agrícolas se ha demostrado que los HMA favorecen el crecimiento de papa (Rodríguez et al., 2006), uva (Alarcón et al., 2000) y papaya (Constantino et al., 2011). De tal forma se puede contribuir a los sistemas de producción agrícola mediante el uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (Salamanca, 1999). Así mismo buscar una alternativa favorable, más económica, para los agricultores mediante la reducción en la implementación de fertilizantes, y de esta forma evitar la lixiviación, contaminación y erosión de diferentes áreas naturales. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de dos inóculos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el crecimiento de papaya en invernadero.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en los meses de octubre de 2016 a enero de 2017 en condiciones de invernadero (20 °C y humedad relativa de 50 a 70%). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y 15 réplicas cada uno. Los tratamientos consistieron en un testigo, un inóculo monoespecífico (*R. intraradices*) y un consorcio (*R. intraradices* + *R. fasciculatus*). El sustrato usado para el establecimiento del experimento, fue una mezcla de tezontle con suelo (1:1 v/v). Las semillas de papaya, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5% se germinaron en agrolita estéril. Se llenaron vasos de 750 mL, a 3/4 de su capacidad con sustrato estéril, se agregaron los inóculos a evaluar (suelo de los inóculos con micelio extrarradical, raíces micorrizadas y 100 esporas de HMA), y se trasplantó una plántula de papaya de 5 d de edad, de aproximadamente 3 cm de largo, cuyas raíces se cubrieron con 2 cm de sustrato estéril. En el tratamiento sin inocular se trasplantó una planta por maceta, y se cubrió con 2 cm de sustrato estéril. Las plantas fueron regadas con agua destilada cada tres días y fertilizadas cada ocho días con solución Long Ashton modificada para suministrar 10 ppm de P mL⁻¹. Se midió la altura de la planta mensualmente y después de 120 d del trasplante las plantas fueron extraídas de los vasos y se determinó el diámetro del tallo y el porcentaje de colonización micorrízica por el método de clareo y tinción con azul de tripano al 0.05% (Phillips y Hayman, 1970) seguida por la observación bajo microscopio compuesto de 20 segmentos de raíz montados en laminillas (Brundrett et al., 1996). Los resultados de las variables determinadas se analizaron con el programa SAS mediante análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey (P<0.05).

Resultados y discusión

Efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de papaya

El análisis estadístico de los resultados de las variables cuantificadas mostró diferencias significativas en el crecimiento de los tratamientos inoculados en comparación con el testigo. De los tratamientos inoculados, las plantas con *R. intraradices* + *R. fasciculatus* presentaron mayor altura (11.34 cm); no obstante, los dos tratamientos con HMA tuvieron plantas más grandes en comparación con el testigo (Figura 1). Los HMA tienen efectos positivos significativos en el crecimiento de papaya y en otros cultivos que crecen bajo diferentes condiciones ambientales (Sensoy et al., 2007; 2012; Quiñones-Aguilar et al., 2014). Los resultados del presente trabajo muestran clara interacción entre las plantas de papaya y los HMA, ya que los tratamientos con más porcentaje de colonización también presentaron mayor crecimiento y diámetros de tallo. Además, se observaron diferencias en todas las variables de crecimiento entre las plantas inoculadas y no inoculadas (Figuras 1 y 2), lo que demuestra que la simbiosis micorrízica contribuyó de manera significativa en la nutrición y el crecimiento de las plantas de papaya.

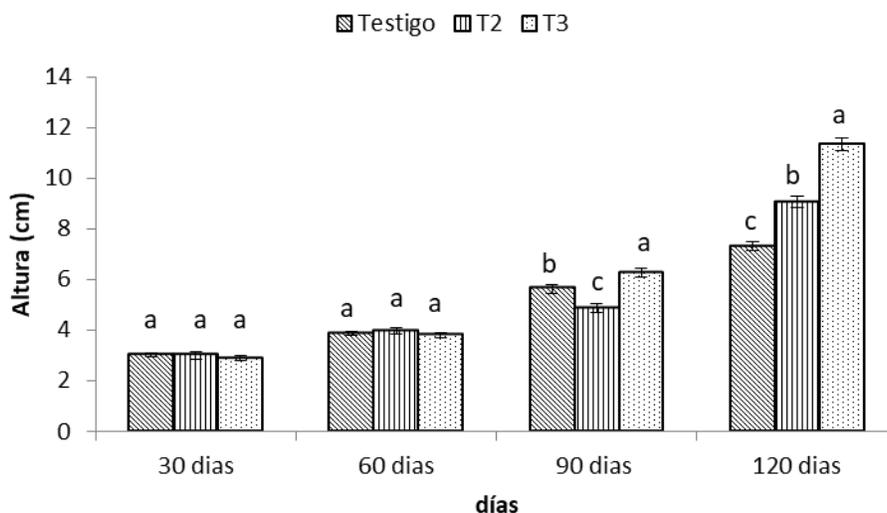


Figura 1. Crecimiento de las plantas inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares.

El diámetro de tallo vario de 2 a 4 mm, y mostró diferencias significativas entre tratamientos. En promedio, las plantas inoculadas con *R. intraradices* + *R. fasciculatus* presentaron el mayor diámetro del tallo (4.38 mm), seguido del tratamiento que sólo contenía *R. intraradices* (3.18 mm), y finalmente las plantas del testigo (2.73 mm) (Figura 2). Se ha demostrado que la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares promueve el desarrollo de plantas en invernadero (Alarcón et al., 2000; Mandal et al., 2013), lo cual puede deberse a la absorción

de nutrimentos importantes como N, P y K por parte de los HMA, con lo que se estimula el crecimiento, y la biomasa radical y aérea de las plantas (Llonin et al., 2002; Carreón et al., 2014). Se ha sugerido que el uso de consorcios de HMA, como el empleado en este trabajo, pueden ser más beneficiosos para el crecimiento de las plantas que el uso de especies individuales de HMA (Giri et al., 2003; Williams et al., 2013), debido a la complementariedad funcional entre las especies que integran al consorcio, lo anterior explica porque las plantas inoculadas con *R. intraradices* + *R. fasciculatus* presentaron mayor crecimiento y diámetro de tallo. En otros trabajos también se ha encontrado sinergismo intraespecífico, lo que sugiere que la complementariedad funcional no sólo ocurre entre diferentes especies de HMA, sino también dentro de la misma especie de HMA (Koch et al., 2011).

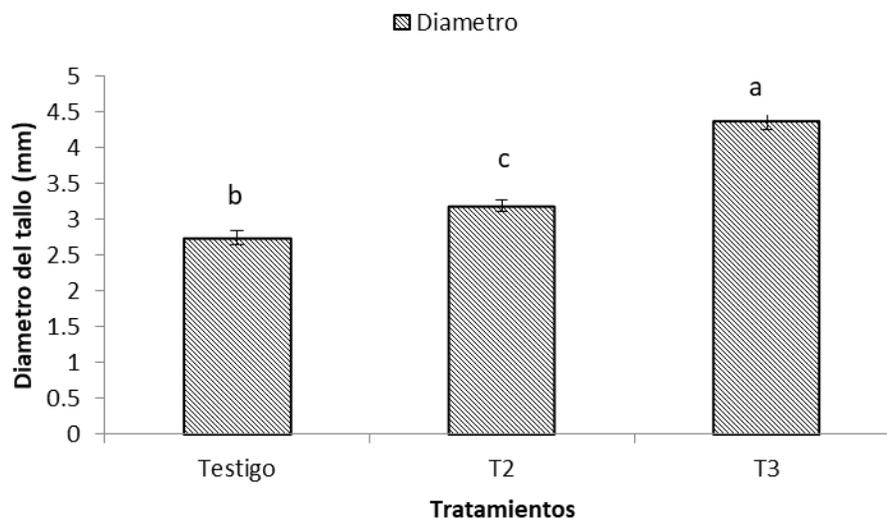


Figura 2. Diámetro del tallo de las plantas de los diferentes tratamientos.

La colonización micorrízica varió de 26 al 97% entre los diferentes tratamientos inoculados mostrando diferencias significativas. La mayor colonización micorrízica se observó en las plantas inoculadas con *R. intraradices* + *R. fasciculatus* el cual fue del 97% en comparación con las plantas inoculadas sólo con *R. intraradices* la cual fue del 26% (Figura 3). Se ha comprobado que las especies utilizadas en el experimento son altamente infectivas, mostrando buenos resultados en tomate (Alvarado et al., 2014) y naranjo (Wang et al., 2016). Investigaciones afirman que la colonización micorrízica se puede ver relacionada a la promoción del crecimiento vegetal, dado que las plantas de los tratamientos con mayor colonización fueron los que obtuvieron los valores más altos en crecimiento (Cuenca et al.,

2007). Por otra parte, en otros estudios no se ha encontrado una relación entre la colonización micorrízica y el crecimiento vegetal (Tapia et al., 2010).

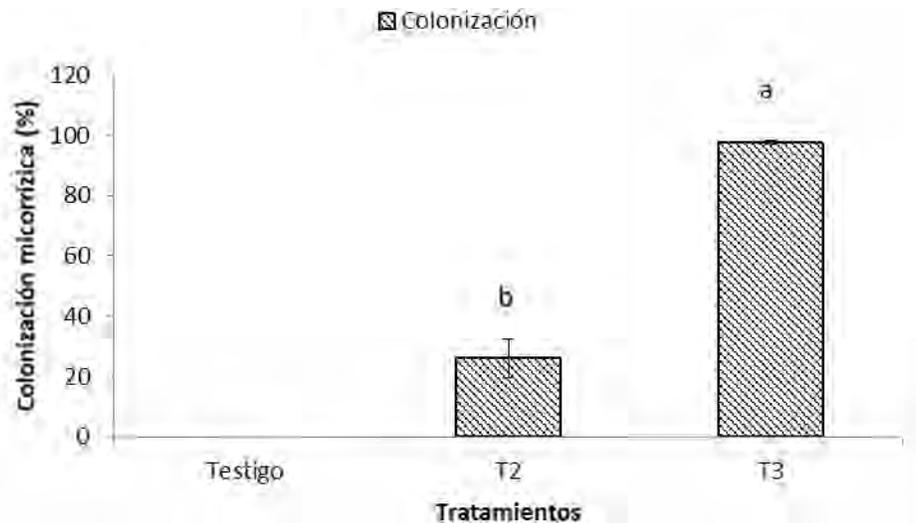


Figura 3. Evaluación de la colonización micorrízica.

Conclusiones

Las plantas inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares presentaron mayor crecimiento que las plantas sin inocular.

La inoculación de *R. intraradices* + *R. fasciculatus* mostró mejores resultados de crecimiento que los obtenidos por la inoculación individual de *R. intraradices*.

La colonización micorrízica fue más alta en la inoculación de *R. intraradices* + *R. fasciculatus*, que la obtenida por la inoculación de *R. intraradices*.

Literatura citada

Acuña, O. 2003. El uso de biofertilizantes en la agricultura. Taller de Abonos Orgánicos. CANIAN/GTZ/UCR/CATIE. Sabaniilla, Costa Rica, 1-9.

Alarcón, A., Ferrera Cerrato, R., González Chávez, M. C., y Villegas Monter, A. 2000. Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa CV. Fern obtenidas por cultivo in vitro. *Terra Latinoamericana* 18(3).

Alvarado, Carrillo, M., Díaz Franco, A., y Peña del Río, M. D. L. Á. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(3), 513-518.

Barrer, Silvia E. 2009. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 7.1.

Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., and Grove, T. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture.

Carreón-Abud, Y., Jerónimo-Treviño, E., Beltrán-Nambo, M. D. L. Á., Martínez-Trujillo, M., Trejo Aguilar, D., y Gavito, M. E. 2014. Aislamiento y propagación de cultivos puros de hongos micorrizicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate con diferente manejo agrícola por la técnica de minirizotróf. *Revista Mexicana de Micología* 37:29-39.

Constantino, M., Gómez, R., Álvarez, J. D., Pat, J. M., y Espín, E. G. 2011. Efecto de la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus intraradices* en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya en fase de vivero. *Agronomía Costarricense* 35(1).

Ferrera Cerrato, R., y Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8(2).

Flores-Bello, M. D. R., Aguilar-Espinosa, S., García Calvario, R., Zamora Cruz, A., Farias-Larios, J., y López-Aguirre, J. G. 2008. Inoculación con hongos micorrizicos arbusculares y el crecimiento de plántulas de *Leucaena*. *Terra Latinoamericana*, 26(2):127-131.

Gerdermann, J. W. and Nicolson T. H. 1963. Spores of Mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting Vol 46 *Trans. Brit. Mycol. Soc.*

Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K. G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils* 38(3):170-175.

Jenkins. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. Vol.48. *Plant disease Res.*

Koch, A., Antunes, P. M., Barto, K. E., Cipollini, D., Mummey, D. L., Klironomos, J. 2011. The effects of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal and garlic mustard introductions on native AM fungal diversity. *Biol Invasions* 13:1627-1639.

Llonín, D., y Medina, N. 2002. Nutrición mineral con N, P y K en la simbiosis hongos micorrizógenos-tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en ferralsols. *Cultivos Tropicales* 23(4).

Mandal, S., Evelin, H., Giri, B., Singh, V. P., and Kapoor, R. 2013. Arbuscular mycorrhiza enhances the production of stevioside and rebaudioside-A in *Stevia rebaudiana* via nutritional and non-nutritional mechanisms. *Applied soil ecology* 72:187-194.

Nakasone H.Y. and Paull R.E. 1998. *Tropical Fruits*. First ed. CAB International, Wallingford. U.K.

Oportimes. 2016. MÉXICO ES LÍDER MUNDIAL EN EXPORTACIONES DE PAPAYA., <https://www.opportimes.com/mercados/mexico-es-lider-mundial-en-exportaciones-de-papaya/> [consultado el 8 de septiembre de 2017].

Phillis, J.M., and Hayman, D S. 1970. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol Soc.* Vol. 5.

Portal Frutícola. 2015. Situación actual de la papaya en México. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2015/08/13/situacion-actual-de-la-papaya-en-mexico/> [consultado 09 de Septiembre del 2017].

Rodríguez, Y., Quiñones, Y. and Hernández, M. M. 2006. Efecto de la inoculación con tres cepas de hongos micorrízicos arbusculares sobre la aclimatización de vitroplantas de papa (*Solanum tuberosum*). *Cultivos Tropicales* 27(1).

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Aumenta 30 por ciento producción de papaya “Hecho en México” en la presente administración.

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/bajacaliforniasur/boletines/2017/abril/Documents/2017BS117.pdf> [Consultado el 08 de Septiembre del 2017].

Salamanca C. R. 1999. *La micorriza como estrategia de mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el departamento del guaviare*. Volumen técnico N° 20 Editorial Corpica, Colombia.

Sensoy, S., Demir, S., Turkmen, O., Erdinc, C. y Savur, B. 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. *Sci Hort.* 113:92-95.

SAS Institute Inc. 2004. *SAS/STAT*® 9.1 User’s Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Tapia-Goné, J. J., Ferrera-Cerrato, R., Varela-Fregoso, L., Rodríguez-Ortiz, J. C., Soria-Colunga, J. C., Tiscareño-Iracheta, M. Á., y Villar-Morales, C. 2010. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista Mexicana de Micología* 31:69-74.

Wang, P., Wu, S. H., Wen, M. X., Wang, Y. and Wu, Q. S. 2016. Effects of combined inoculation with *Rhizophagus intraradices* and *Paenibacillus mucilaginosus* on plant growth, root morphology, and physiological status of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) seedlings under different levels of phosphorus. *Scientia Horticulturae* 205:97-105.

Williams, A., Ridgway, J. H., Norton, A. D. 2013. Different arbuscular mycorrhizae and competition with an exotic grass affect the growth of *Podocarpus cunninghamii* Colenso cuttings. *New Forests* 44:183–195.

PROPAGACIÓN in vitro DE *Mentha piperita* L.

Hilda María Coyohua Rosas¹, César Vences Contreras², María Elena Galindo Tovar^{1*}, Joaquín Murguía González¹ e Hilda Lee Espinosa¹

Resumen

Mentha piperita L. es una planta con gran demanda por su contenido de aceites esenciales, entre ellos el mentol, y por sus diferentes usos culinarios, farmacéuticos, producción de cosméticos, alimentos y productos sanitarios. Sin embargo, en el estado de Veracruz aún es un cultivo de traspatio y se propaga de manera tradicional a través de estacas, por lo que su desarrollo es lento y se ve afectado por plagas y enfermedades que representan pérdidas y hacen que su sanidad no sea adecuada para su comercialización. Por ello, el método de micropropagación in vitro es una técnica que ayuda a producir plantas sanas y en grandes cantidades con calidad agronómica. El objetivo de este trabajo fue el de desarrollar un

protocolo in vitro, eficiente para la propagación a gran escala de plantas de *Mentha piperita* L. Para ello, en este trabajo se utilizaron yemas axilares como explante, sembradas en medio Murashige y Skoog (MS) y se evaluaron cinco concentraciones de BAP (0.0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mg L⁻¹) en combinación tres concentraciones de AIA (0.0, 0.5 y 1.0 mg L⁻¹), lo que resultó en 15 tratamientos. Se evaluaron días a brotación, número de brotes, longitud de brotes, número de hojas, número de entrenudos y longitud de raíz; también la tasa de multiplicación en subcultivos de 30 y 60 d y sobrevivencia en la aclimatización. Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar con ANOVA y prueba de Tukey. Para *M. piperita* el mejor tratamiento fue BAP 4.0 y AIA 1.0 mg L⁻¹ para días a brotación en 5 d. Para número de brotes con 5.6 brotes por frasco, BAP 0.0 y AIA 1.0 mg L⁻¹ fue el mejor tratamiento. BAP 2.0 y AIA 0.0 mg L⁻¹ fue el más alto para número de entrenudos con un valor de 6.0 y para longitud de raíz BAP 0.0 y AIA 0.0 mg L⁻¹ con 2.7 cm fue el más alto. Considerando que el número de entrenudos es un factor mayormente relacionado con la tasa de multiplicación, el mejor tratamiento fue BAP 2.0 y AIA 0.0 mg L⁻¹.

Palabras clave: Micropropagación, *Mentha piperita*, yema axilar, hormonas vegetales

Introducción

Las plantas aromáticas y medicinales presentan un crecimiento en la demanda mundial y nacional, siendo el segundo renglón generador de divisas dentro de las exportaciones agrícolas no tradicionales (Villegas, 2016). Dentro de las especies de las plantas aromáticas más cotizadas en el comercio mundial, por a la composición de sus aceites esenciales, y que se cultivan en México a escala comercial está la *Mentha piperita* (Juárez et al., 2013). De acuerdo a SIAP (2015) la producción de *Mentha* en México fue de 208.15 t y el rendimiento de 6.71 t anuales. Debido a la creciente importancia económica de los aceites esenciales derivados de la menta, asociados a su gran interés científico, la demanda de materia prima para producir estos compuestos está en aumento (Mckay y Mlumberg, 2006) y la producción resulta insuficiente. *M. piperita* es una planta poliploide (Battistin et al., 2013) e híbrido estéril entre *M. aquatica* y *M. spicata*, por ello el cultivo de tejidos vegetales resulta una herramienta útil para su producción. Las tecnologías actuales de propagación in vitro permiten obtener descendencia uniforme, con plantas genéticamente uniformes y de buena sanidad (Castillo, 2004), lo que asegura su calidad agronómica. Además, el empleo de la micropropagación se justifica porque al provenir los explantes de la fase juvenil se acorta el tiempo necesario para

llegar a la madurez reproductiva. *M. piperita* ha sido cultivada exitosamente in vitro utilizando el disco foliar, el nodo, el nódulo y la punta del brote como explante, ya sea por organogénesis directa o por callogénesis (Sadia et al., 2009; Mehta et al., 2012). Sin embargo, estos protocolos han presentado limitaciones por inconsistencias, como menor número de brotes y la aparición de fase de callo durante la organogénesis. Es por esto que el objetivo de este trabajo es desarrollar un protocolo in vitro, eficiente para la propagación a gran escala de plantas de *M. piperita* L.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Los explantes utilizados, consistieron en segmentos nodulares con una yema axilar de plantas de *M. piperita* L. en etapa de desarrollo. Se escogieron yemas axilares sin brotes laterales, estos brotes se cortaron sin dejar hojas. Posteriormente se realizó la desinfección que consistió en colocar las yemas por 3 min en agua jabonosa, luego 15 segundos en etanol al 70% y finalmente 15 min en hipoclorito de sodio al 5%, se enjuagó con agua esterilizada dentro de la cámara de flujo y se procedió a sembrar en medio Murashige y Skoog (MS) (Murashige y Skoog, 1962). Se probaron cinco concentraciones de BAP (0.0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mg L⁻¹) en combinación con tres concentraciones de AIA (0.0, 0.5 y 1.0 mg L⁻¹), lo que resultó en un total de 15 tratamientos. Se evaluaron las variables: días a brotación, número de brotes, longitud de brotes, número de hojas, número de entrenudos y longitud de raíz. Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar con ANOVA y prueba de Tukey para 15 tratamientos y 5 repeticiones con un alfa de 0.05, utilizando el programa de análisis SAS (versión 10.0).

Para medir la tasa de multiplicación se realizaron dos subcultivos a los 30 y 60 d, tomando el tratamiento donde se obtuvo mayor número de brotes, con la finalidad de ver si se mantenía o se incrementaba la multiplicación. Para ello se sembraron tres yemas por frasco con 10 repeticiones. La sobrevivencia se evaluó durante la aclimatización.

Resultados y Discusión

La brotación se observó a partir del quinto día. Se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 1), con un coeficiente de variación de 6.39. De acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey para esta variable el mejor

tratamiento fue con BAP 4.0 y AIA 1.0 mg L⁻¹. Esto se explica debido a que BA está relacionada con la división celular y AIA con la elongación celular. Sin embargo, los resultados al propagar esta especie in vitro han sido inconsistentes debido su origen híbrido y a su poliploidismo. Ejemplo de ello, es el segundo tratamiento de este estudio que fue 1.0 mg L⁻¹ de AIA sin BA.

Para la variable número de brotes, con un promedio de 5.6 brotes por frasco, BAP 0.0 y AIA 1.0 mg L⁻¹ fue el mejor tratamiento con un coeficiente de variación de 13.8 (Cuadro 1). Este coeficiente de variación más alto que el observado en las otras variables, se explica de acuerdo a lo reportado por Mehta et al. (2012), quienes observaron en la regeneración de la planta, a partir de la yema axilar poca consistencia y bajo número de brotes; ya que sólo obtuvieron un promedio de 2.49 brotes.

El análisis de longitud de brotes, también resultó con diferencias altamente significativas y un coeficiente de variación de 1.25 (Cuadro 1). Igual que en número de brotes, el mejor tratamiento fue BA 0.0 AIA 1.0 mg L⁻¹. Esto coincide con lo reportado por Paudel y Pant (2008), quienes reportaron que el uso de auxinas en la propagación in vitro de *Mentha spicata* resultó en mayor elongación; lo que se explica debido a que las auxinas se encargan de la elongación de las plantas (Azcon-Bieto, 2001).m De acuerdo al análisis de varianza, para número de hojas se encontraron diferencias altamente significativas con un coeficiente de variación de 1.04 (Cuadro 1), siendo la combinación de BA 1.0 y AIA 1.0 mg L⁻¹ el mejor tratamiento con 12 hojas por brote.

Para número de entrenudos, con un promedio de 6 entrenudos, BAP 2.0 y AIA 0.0 mg L⁻¹ fue el mejor tratamiento (Cuadro 1), con un coeficiente de variación de 3.5. Esto contrasta con lo reportado por Vacca (2015), quién encontró que a mayor contenido de auxinas, mayor número de entrenudos.

Cuadro 1. Efecto de diferentes combinaciones de BA y AIA en la propagación in vitro de *Mentha piperita* L. en medio de cultivo MS, con 10 repeticiones.

Tratamiento (mg L ⁻¹)	Brotación (d)	Número brotes	Longitud brotes (cm)	Número hojas	Número entrenudos	Longitud raíz (cm)
T1 BA(0.0) AIA (0.0)	5.4 GF	2.0 FG	6.5 B	8.2 F	4.0 I	2.6 A
T2 BA(1.0) AIA (0.0)	5.0 G	2.6 FG	3.8 E	8.0 G	5.3 D	0.3 DEF
T3 BA(2.0) AIA (0.0)	5.2 FG	4.2 BCD	2.8 I	7.0 J	6.0 A	0.3 DEF
T4 BA(3.0) AIA (0.0)	6.0 DEF	3.8 CDE	2.5 J	6.1 L	2.8 M	0.0 F
T5 BA(4.0) AIA (0.0)	6.0 DEF	5.0 AB	1.4 N	5.5 M	2.9 L	0.1 EF
T6 BA(0.0) AIA (0.5)	5.6 FG	2.0 G	3.7 F	10.0 C	4.1 H	2.3 A
T7 BA(1.0) AIA (0.5)	5.8 EFG	4.4 BCD	3.8 E	10.6 B	5.5 C	2.2 DEF

T8	BA(2.0) AIA (0.5)	6.8 CD	4.8 ABC	3.9 D	9.0 E	5.2 E	0.5 CDE
T9	BA(3.0) AIA (0.5)	7.4 C	5.6 A	1.8 M	4.5 N	2.3 N	0.1 FE
T10	BA(4.0) AIA (0.5)	6.6 CDE	2.8 EFG	3.3 G	7.4 I	3.7 J	0.0 F
T11	BA(0.0) AIA (1.0)	5.0 G	1.8 G	6.8 A	9.0 E	4.5 G	1.7 B
T12	BA(1.0) AIA (1.0)	5.2 FG	2.8 FG	4.3 C	12.0 A	5.8 B	1.1 C
T13	BA(2.0) AIA (1.0)	9.0 B	2.4 FG	3.0 H	9.1 D	4.9 F	0.8 CD
T14	BA(3.0) AIA (1.0)	6.6 CDE	3.4 DEF	2.1 K	6.0 K	3.1 K	0.3 DEF
T15	BA(4.0) AIA (1.0)	10.2 A	3.8 DEF	2.0 L	7.5 H	3.7 J	0.3 DEF

Las medias con la misma letra, en cada columna, representan diferencias no significativas con la prueba de Tukey $P < 0.05$.

Para la variable longitud de raíz, en la comparación de medias, los mejores tratamientos fueron BA 0.0 y AIA 0.0 mg L^{-1} y BA 0.0: AIA 0.5 mg L^{-1} con 2.7 y 2.3 cm, respectivamente (Cuadro 1). Esto concuerda con lo reportado por Boluk et al. (2013), quienes obtuvieron buenos resultados al propagar *M. piperita* en medio de cultivo MS sin hormonas y con Vacca (2015), quién obtuvo raíces de categoría media utilizando una baja concentración de auxina (0.1 mg L^{-1}).

Con la finalidad de ver si se mantenía o se incrementaba la tasa de multiplicación, se escogió el tratamiento en el que se obtuvo el mayor número de brotes (BAP 0.0 y AIA 1.0 mg L^{-1}), y se realizaron dos subcultivos a los 30 y 60 d. En el subcultivo a los 30 d, la tasa de multiplicación fue de 1:6 y en el segundo subcultivo fue de 1:8, lo que indica un incremento en el segundo subcultivo. La sobrevivencia de las plantas aclimatizadas fue del 100 %.

Conclusión

Debido a que el número de entrenudos es un factor mayormente relacionado con la tasa de multiplicación se considera que el mejor tratamiento para multiplicar *Mentha piperita* fue BAP 2.0 y AIA 0.0 mg L^{-1} . Sin embargo, debido a que todas las variables requieren diferentes combinaciones de hormonas, se recomienda realizar diferentes combinaciones.

Citas bibliográficas

Azcon, B. J., Talon M. 2009. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. MC Graw Hill-Interamericana. Madrid. Pp. 377-466.

Battistin, A., Almeida, A. L. S. M., Nogueira, I. D., Pasquetti, M. V., Gonçalves, R. S., Fermino, M. H. y Silveira, R. P. 2013. Caracterización citogenética para identificación de niveles de ploidia en cinco especies del género *Mentha* L. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 15:684-691.

Bolouk, S. G., S. K. Kazemitabar A. and J. M. Sinaki. 2013. In vitro culture of the Peppermint Plant (*Mentha piperita*) without the use of hormones. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 6:1279-1283.

Castillo, A. 2004. Propagación de plantas por cultivo in vitro una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología, INIA. http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2004/ad_382.pdf. Consultado el 23 de junio de 2017.

Juárez-R. C. R., J. A. Aguilar-C., M. E. Juárez-R., M. R. Bugarín, L. P. Juárez, C. E. Cruz. 2013. Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación. *Revista Bio Ciencias* 2:119-129.

Mckay, D. L. and J. B. Mlumberg. 2006. A Review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytotherapy Research* 20:619-633.

Mehta, J., R.N. Monika-S., A. Dwivedi, D. Shama and J. Mlirza. 2012. An efficient protocol for clonal micropropagation of *Mentha piperita* L, (Peppermint). *Asian Journal of Plant Science and Research* 4:518-523.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:473-497.

Paudel, B.R. and B. Pant. 2008. Micropropagation of *Mentha spicata* L. p. 101-106. In: P.K. Jha, S.B. Karmacharya, M.K. Chettri, C.B. Thapa and B.B. Shrestha (ed.). *Medicinal Plants in Nepal: An Anthology of Contemporary Research*. Ecological Society (ECOS), Nepal.

Sadia, S., Z. Muhammad, U. R. Riaz, F. Zarrin, A. S. Riaz and F. C. Muhammad. 2009. In vitro direct regeneration in mint from different explants on half strength MS medium. *African Journal of Biotechnology* 8:4667-4671.

Vacca, M. M., J. D. Velásques, M. L. C. Bonomo y Z. J Aviles. 2015. Macro y micropropagación de menta (*Mentha arvensis* L.). *Revista Bio Ciencias* 3:208-219.

Villegas, I. L. I. 2016. Componentes para el manejo integrado de plagas de *Mentha spicata* en cultivo del oriente antioqueño. Tesis Maestría en Ciencias Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia.

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE TILAPIA Y PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS POR UNA MICROALGA AISLADA DE TIERRA BLANCA, VERACRUZ

Ana Line Vázquez-Larios⁴⁷⁶, Paula Natalia Robledo-Narváez⁴⁷⁶, Luis Alfredo Ortega-Clemente⁴⁷⁷ y Elvira Ríos-Leal⁴⁷⁸

Resumen

⁴⁷⁶ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Avenida Veracruz S/n esquina Héroes de Puebla Colonia Pemex, Tierra Blanca Veracruz, México. pauobnar@gmail.com linevazquez@yahoo.com.mx

⁴⁷⁷ Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Cordoba Km. 12, Boca del Río, Veracruz. México.

⁴⁷⁸ Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, CD MX.

En el presente estudio fue evaluado el uso de agua residual de tilapia (ART) para la producción de ácidos grasos y la capacidad de remoción de nutrientes de una microalga aislada (MCA) de Tierra Blanca, Veracruz, y *Chlorella vulgaris*. Los resultados mostraron un alto contenido de lípidos en la fase exponencial con agua residual de Tilapia de 35 y 45% para MCA y *Chlorella vulgaris*, así como también la remoción de nutrientes con valores de 87 y 79% de $\text{NO}_3\text{-N}$, 83 y 57% de $\text{NO}_2\text{-N}$ y 91 y 72% de PO_4^{3-} , respectivamente, y la producción de ácidos grasos omegas 5 (C14:1).

Palabras clave: Ácidos grasos, agua residual de tilapia, microalga

Introducción

Durante el proceso de levante y engorde de Tilapia se producen efluentes que aportan contaminación por nutrientes (fósforo y nitrógeno), sólidos, materia orgánica y patógenos a los cuerpos receptores (Sanchez y Matsumoto, 2012; Van Rijn, 2013). Tales efluentes no son aptos para su reutilización en piscicultura, ni para vertimiento directo a cuerpos receptores, razón por la cual es necesario el tratamiento de los mismos. Diversas tecnologías se han utilizado en el tratamiento de efluentes de tilapia: osmosis (Lui, 2013), sedimentación convencional y reactor aerobio de lecho fluidizado (Sánchez y Matsumoto, 2011), humedales de flujo subsuperficial (Zachritz et al., 2008) y plantas acuáticas (Henry-Silva y Camargo, 2006).

Las microalgas tienen un gran potencial de eliminar nutrientes inorgánicos de las aguas residuales y producir biomasa útil para producir biocombustibles (Lie et al., 2014; Sing y Olsen, 2011), fertilizantes y otros bioproductos. El crecimiento de las algas requiere de nutrientes primarios, como el carbono, el nitrógeno, el fósforo, y micronutrientes, que pueden ser costosos si son añadidos en grandes cantidades (Christenson y Sims, 2011); una alternativa, es el uso de aguas residuales para reducir costos en el cultivo de microalgas. Las microalgas asimilan nutrientes inorgánicos y liberan oxígeno a través del proceso fotosintético; por otro lado, el oxígeno es esencial para permitir una biorremediación eficiente de compuestos por bacterias heterotróficas que, a su vez, utilizan el dióxido de carbono (CO_2) utilizado por las microalgas para la fotosíntesis.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de agua residual de tilapia (ART) para la producción de ácidos grasos y la capacidad de remoción de nutrientes de una microalga aislada (MCA) de Tierra Blanca, Veracruz, y *Chlorella vulgaris*.

Materiales y Métodos

Aislamiento y cultivo de la microalga

La microalga fue aislada del agua de tortugas de la UMA del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz, con longitud y latitud 18° 26' 05.7" N, 96° 20'36.8"W. El cultivo axénico fue realizado mediante transferencias seriadas sobre placas sólidas de Medio Basal Bold (MBB) con los siguientes nutrientes (mg L⁻¹): KH₂PO₄, 175; CaCl₂.2H₂O, 25; MgSO₄.7H₂O 75; NaNO₃, 250; K₂HPO₄, 75; NaCl, 25; H₃BO₃, 11.42; Na₂HCO₃, 100; 1 mL de solución stock de micronutrientes (ZnSO₄.7H₂O, 8.82 g L⁻¹; MnCl₂.4H₂O, 1.44 g L⁻¹; MoO₃, 0.17 g L⁻¹; CuSO₄.5H₂O, 1.57; CoCl₂, 0.35 g L⁻¹); 1 mL de la solución 1 (Na₂EDTA, 50 g L⁻¹; KOH, 3.1 g L⁻¹); 1 mL de la solución 2 (FeSO₄, 4.98 g L⁻¹; 1 mL de H₂SO₄ (Barsanti y Gualtieri, 2006) y 1.5 (w/v) de agar bacteriológico. La Microalga Aislada (MCA) fue activada en 125 mL de MBB e incubada a 20°C bajo condiciones de iluminación por dos semanas.

Chlorella vulgaris (código: CLV2) fue obtenida de la colección del Departamento de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). El mantenimiento de los cultivos de la MCA y *Chlorella v.* fueron realizados en (MBB) en frascos de 250 mL bajo condiciones controladas de laboratorio durante fotoperiodos de 24 h con aireación constante, a temperatura de 20 ± 0.78°C y una intensidad de luz de 55 μmol/m²s.

Agua residual de Tilapia

El ART fue obtenida de los cultivos de Tilapia del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz. Ésta fue filtrada a través de una columna con malla 100 μm, algodón y fibra de poliéster para remover fitoplancton y sólidos. El agua fue incorporada a los reactores y desinfectada con 1 g de NaClO y neutralizada con 1 g de Na₂S₂O₃.5H₂O por 24 h bajo aireación continua. La composición fisicoquímica del agua residual de Tilapia se muestra en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición fisicoquímica del agua residual de Tilapia

Parámetro	
NH ₃ -N	0.20±0.008
NO ₃ -N	8.1±1.278
NO ₂ -N	0.59±0.005
PO ₄ ⁻³	1.36±0.001

pH

6.32±0.163

Cultivo de microalga en reactores

Para el crecimiento de las microalgas (*Chlorella vulgaris* y MCA) con MBB y ART, se usaron 8 reactores tubulares de vidrio con 12 cm de diámetro y 40 cm de alto, con un volumen de operación de 3 L bajo condiciones controladas de laboratorio durante fotoperiodos de 24 h con aireación constante, a temperatura de $20 \pm 0.78^{\circ}\text{C}$ y una intensidad de luz de $55 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Los experimentos se realizaron con dos replicas.

Análisis y métodos

Los parámetros fisicoquímicos de ART ($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-3}$) fueron evaluados mediante un equipo multiparamétrico (HANNA Mod. HI83099). El crecimiento de la microalga se evaluó todos los días, a través de contajes celulares en cámara de Neubauer de 0.1 mm de profundidad. Los lípidos totales fueron extraídos de la biomasa seca microalgal usando el método modificado metanol/cloroformo de Bligh y Dyer (1959). Los lípidos fueron derivatizados mediante el método descrito por Lepage y Roy (1984). Los ácidos grasos se analizaron en un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer, Mod. Clarus 580) equipado con un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar (Elite-Wax, USA).

Resultados y Discusión

Los parámetros fisicoquímicos de ART fueron analizados (Cuadro 1). El total de N y P y otros nutrientes presentes en agua residual son necesarios para el crecimiento de la microalga.

Biomasa, contenido de lípidos y productividad de lípidos

El mayor contenido de lípidos fue obtenido en la fase exponencial para *Chlorella vulgaris* y la Microalga Aislada tanto en MBB y ART, respectivamente. La cantidad de lípidos totales para ambas microalga fue mayor al 35% (Cuadro 2). Estos valores son mayores a lo reportado por Abdo et al. (2015), Tsai et al. (2016) y Marjakangas et al. (2015), quienes reportaron valores de contenido de lípidos de 21, 12, 10 y 16% para *Chlamydomonas variabilis*, *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis* y *Spirulina platensis*, respectivamente. Tsai et al. (2016) reportaron 24.5% de lípidos totales para los lípidos totales de *Chlorella vulgaris* con agua residual los valores son similares a lo reportado por Marjakangas et al. (2015) evaluaron la

producción de lípidos de *Chlorella vulgaris* en agua residual de porcina, después de 12 d operación el contenido de lípidos fue de 30.3%. Abau-Shanab et al. (2016) cultivaron una nueva microalga *Microcystium reissei* en agua residual municipal con un contenido de lípidos de 40%.

Cuadro 2. Producción y productividad de biomasa y lípidos de *Chlorella vulgaris* y Microalga aislada con respecto a tipo de sustrato.

Tipo de Microalga	Tipo de sustrato	Fase de crecimiento	Biomasa concentración (g/L)	Productividad (g/Ld)	Contenido de lípidos (%)	Productividad (g/Ld)
<i>Chlorella vulgaris</i>	Medio Basal Bold	Exponencial	0.358±0.117	0.045±0.015	42.082±12.650	0.017±0.001
		Estacionaria	0.518±0.0133	0.043±0.003	28.782±11.994	0.012±0.005
	Agua Residual de Tilapia	Exponencial	0.517±0.045	0.065±0.006	45.216±10.768	0.030±0.009
		Estacionaria	0.677±0.067	0.056±0.006	30.198±7.547	0.017±0.004
Microalga Aislada	Medio Basal Bold	Exponencial	0.282±0.056	0.035±0.007	47.441±12.898	0.016±0.004
		Estacionaria	0.527±0.023	0.044±0.002	16.348±7.080	0.007±0.003
	Agua Residual de Tilapia	Exponencial	0.224±0.014	0.028±0.002	35.023±7.041	0.010±0.002
		Estacionaria	0.527±0.023	0.044±0.002	16.348±7.080	0.007±0.003

En relación con la aplicación de ART y *Chlorella vulgaris*, nuestros valores son similares a lo reportado por Ma et al. (2016), quienes cultivaron *Chlorella vulgaris* en agua residual y la adición de glicerol en la producción lípidos, reportando 39% de lípidos. Comparando los medios de cultivo, la producción de lípidos es mayor en MBB comparado con el ART, esto puede deberse a que el MBB es un medio nutritivo con minerales y vitaminas necesarios para el óptimo crecimiento de las microalgas, en comparación con el ART la cual fue aplicada sin la adición de mineras y vitaminas.

Composición de ácidos grasos

Para MBB, en fase exponencial se encontró un mayor contenido de ácidos grasos (C14:0 y C15:0 con un 41 y 47%, respectivamente) para *Chlorella vulgaris* y (C14:0, C14:1 y C15:0 con un 30, 39 y 17%, respectivamente) para la MCA (Cuadro 3). Por otro lado, para la fase estacionaria el contenido de ácidos grasos fue (C16:0, C18:1n9t y C20:4n6 con un 39, 23 y 25%, respectivamente) para *Chlorella vulgaris*, (C16:0 con un 93%) para la MCA.

Cuadro 3. Composición de ácidos grasos de *Chlorella vulgaris* y Microalga aislada con Medio basal Bold y Agua residual de Tilapia.

Ácido graso	Medio Basal Bold				Agua Residual de Tilapia			
	Chlorella vulgaris		Microalga aislada		Chlorella vulgaris		Microalga aislada	
	Exponencial	Estacionaria	Exponencial	Estacionaria	Exponencial	Estacionaria	Exponencial	Estacionaria

C6:0	00.00	00.00	00.00	00.00	10.28	1.75	9.72	85.85
C8:0	00.00	00.00	00.00	00.00	1.55	00.00	00.00	2.33
C14:0	00.00	00.00	29.91	00.00	00.00	00.00	8.84	00.00
C14:1	40.89	00.00	39.20	00.00	39.78	00.00	61.78	00.00
C15:0	46.75	00.00	17.04	00.00	2.56	00.00	9.87	1.72
C16:0	00.00	39.46	00.00	93.07	37.94	45.28	00.00	00.00
C:16:1	00.00	00.00	00.00	00.00	1.40	00.00	00.00	00.00
C17:1	00.00	5.57	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
C18:1n9t	00.00	23.35	00.00	00.00	00.00	43.11	00.00	00.00
C18:1n9c	00.00	4.29	00.00	00.00	00.00	2.02	00.00	00.00
C20:0	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
C20:4n6	00.00	24.74	00.00	00.00	00.00	5.53	00.00	00.00
C20:5n3	2.69	00.00	7.08	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
C23:0	4.7	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	3.59	00.00

El contenido de ácidos grasos para el uso de ART en fase exponencial de *Chlorella vulgaris* fue (C14:1 y C16:0 con un 40 y 40%, respectivamente) y para la MCA (C14:1 con un 62%). Para la fase estacionaria de *Chlorella vulgaris* (C16:0 y C18:19t con un 45 y 43%) y para MCA (C6:0 con un 86%). Con respecto a los resultados de Agua residual de Tilapia en fase estacionaria nuestros resultados son mayores a los reportados por Malla et al. (2015), quienes evaluaron el uso de agua residual sobre la producción de ácidos grasos de *Chlorella minutissima*, a los 12 días de operación, la composición de ácidos grasos fue de 24% de C16:0 y C18:1 26%.

Remoción de nutrientes del Agua Residual de Tilapia

Los valores de remoción de nutrientes del ART por *Chlorella vulgaris* y MCA del Agua fueron altos, con valores de 87 y 79% de $\text{NO}_3\text{-N}$, 83 y 57% de $\text{NO}_2\text{-N}$ y 91 y 72% de PO_4^{3-} , respectivamente (Cuadro 4). Estos valores fueron similares a lo reportado por Ma et al. (2016) y Malla et al. (2015). Ma et al. (2016), quienes cultivaron *Chlorella vulgaris* en agua residual y glicerol, con valores de remoción de 95% para fósforo total y 95% de nitrógeno total. Malla et al. (2015) evaluaron el potencial de fitorremediación de *Chlorella minutissima* de agua residual, con valores de remoción de 60-80% de fósforo y 50% de NO_3^- .

Cuadro 4. Eficiencia de remoción de nutrientes del Agua residual de Tilapia por *Chlorella vulgaris* y MCA.

	Eficiencia de remoción (%)			
	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	PO_4^{3-}
<i>Chlorella vulgaris</i>	48.51	87.04	83.33	91.21

Microalga Aislada	36.36	78.70	56.94	72.53
-------------------	-------	-------	-------	-------

Conclusiones

La microalga aislada mostro un gran potencial para la producción de lípidos del 35% en fase exponencial y un 62% de producción del ácido graso omega-5 (C14:1, ácido miristoleico), así como también la simultánea depuración del ART con la eliminación de nutrientes de 79, 57 y 72% de NO₃-N, NO₂-N y PO₄⁻³, respectivamente.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que otorgo la beca posdoctoral para Ana Line Vázquez Larios.

Literatura citada

- Abou-Shanab, R.A.I., El-Dalatony, M.M., El-Sheekh, M.M., Ji M. K, Salama, E.S., Kabra A.N, Jeon, B.H. 2014. Cultivation of a new microalga, *Micractinium reisseri*, in municipal wastewater for nutrient removal, biomass, lipid, and fatty acid production. *Biotechnol Bioproc Eng.* 19:510-518.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Phys.* 37(8):911-917.
- Henry-Silva, G., Camargo, A. 2006. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola.* 63(5):433-438.
- Lepage G., Roy C.C. 1984. Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification. *J Lipid Res.* 25(12):1391-6.
- Liu, C.C. 2013. The development of a renewable-energy-driven-reverse osmosis system for water desalination and aquaculture production. *J Integr Agr.* 12(8):1357-1362.
- M. Abdo¹, A., H. Ali¹, G., El-Baz, F.K. 2015. Potential production of omega fatty acids from microalgae. *Int J Pharm Sci Rev Res* 35:210-215.
- Ma X., Zheng, H., Addy, M., Anderson, E., Liu, Y., Chen, P., Ruan, R. 2016. Cultivation of *Chlorella vulgaris* in wastewater with waste glycerol: Strategies for improving nutrients removal and enhancing lipid production. *Bioresource Technol.* 207:252–261.

- Malla, F.A., Khan, S.A., Rashmi, Sharma, G.K., Gupta N. Abraham, G. 2015. Phycoremediation potential of *Chlorella minutissima* on primary and tertiary treated wastewater for nutrient removal and biodiesel production. *Ecol Eng.* 343-349.
- Marjakangas, J.M., Chen, C.Y., Lakaniemi, A.M., Puhakka, J.A., Whang, L.M., Chang, J.S. 2015. Selecting an indigenous microalgal strain for lipid production in anaerobically treated piggery wastewater. *Bioresour. Technol.* 191:369–376.
- Sanchez, I. A., Matsumoto, T. 2012. Hydrodynamic characterization and performance evaluation of an aerobic three phase airlift fluidized bed reactor in a recirculation aquaculture system for Nile Tilapia production. *Aquacult Eng.* 47:16-26.
- Sánchez, I.A., Matsumoto, T. 2011. Ammonia removal in a water recirculating system for tilapia. *Rev Colom Cienc Pec.* 24:263-261.
- Tsai, H.P., Chuang, L.T., Chen C.N. 2016. Production of long chain omega-3 fatty acids and carotenoids in tropical areas by a new heat-tolerant microalga *Tetraselmis* sp. DS3. *Food Chem.* 192:682-90.
- Van Rijn, J. 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacult Eng.* 53:49–56.
- Zachritz, W., Hanson, A., Saucedo, J., Fitzsimmons, K. 2008. Evaluation of submerged surface flow (SSF) constructed wetlands for recirculating tilapia production systems. *Aquacult Eng.* 39:16–23.

CAPACIDAD DE FICORREMEDIACIÓN EN EFLUENTES DE TILAPIA CON UNA MICROALGA DULCEACUÍCOLA AISLADA

Zuridsadai López-Carrillo⁴⁷⁹, Luis Alfredo Ortega-Clemente⁴⁸⁰, Ana Line Vázquez-Larios⁴⁷⁹ y Paula Natalia Robledo-Narváez^{479*}

Resumen

⁴⁷⁹ Instituto Tecnológico de Tierra Blanca, Avenida Veracruz S/n esquina Héroes de Puebla Colonia Pemex, Tierra Blanca Veracruz, México

⁴⁸⁰ Instituto Tecnológico de Boca del Río, Carr. Veracruz-Cordoba Km. 12, Boca del Río, Veracruz. México.

*Autor para correspondencia: paurobnar@gmail.com

El cultivo de las microalgas en sustratos de aguas residuales puede formar parte de la biorrefinería sostenible con diversos beneficios; como la producción de biomasa, de la que se obtienen lípidos, carbohidrato y proteína; para mejorar el valor nutricional de los alimentos y los piensos debido a su composición química; su potencial uso como fuente para diversas bioenergías como biodiesel, biohidrógeno entre otros; y, por otro lado, beneficios como la remediación de nutrientes de efluentes acuícolas considerados contaminantes por su alta concentración. En este estudio se evaluó el potencial de una microalga aislada para la remoción de nutrientes y la generación de biomasa a dos condiciones de iluminación, continua (SC) e intermitente (SI) (12:12), a $55.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, utilizando a *Chlorella vulgaris* como control, el cultivo fue durante 12 d a una temperatura de $21 \pm 2^\circ\text{C}$. El efluente utilizado fue de cultivo de tilapia a los 20 d de haber sido resembrado, en biorreactores de acrílico con capacidad de operación de 2.0 L; la producción más alta de biomasa fue en el tratamiento con iluminación continua con $140.7 \pm 11.8 \text{ mg L}^{-1}$ siendo también el que presentó mejor remoción de fosfato con 92%, nitritos 99.9%, nitrato 86% y amoníaco 80% y no presentó diferencia significativa con el control. Por otro lado, *Chlorella vulgaris*, presentó mejores resultados para el SI donde la biomasa obtenida fue $251.5 \pm 4.9 \text{ mg L}^{-1}$ y la remoción fue similar a los de la cepa aislada AVL. Los hallazgos de este estudio subrayan el potencial de las aguas residuales de acuicultura para la producción de biomasa de microalgas, en sistemas de iluminación intermitente, por lo que se pueden realizar estudios con iluminación natural en campo. Este concepto de biorrefinería también purificó el agua de acuicultura, la cual puede ser reutilizada de manera efectiva y/o descargarse en cuerpos de agua sin causar contaminación ambiental o alteraciones al ecosistema acuático ya que los resultados obtenidos cumplen con la norma NOM-001-ECOL-1996.

Palabras clave: biorremediación de efluentes, biomasa microalgal, acuicultura

Introducción

La mojarra, por su volumen, se encuentra posicionada en el lugar 5 de la producción pesquera con 75,927 t (peso vivo) en México; sin embargo, lo encontramos en el lugar 3 en el estado de Veracruz ocupa el primer lugar en producción de mojarra seguido por Chiapas, la producción mayor es por medio de la acuicultura (granjas productoras); en el 2012 en el estado de Veracruz se reportaron aproximadamente 2,156 unidades de producción acuícola de las cuales 639 son granjas productoras de mojarra tilapia (Vinet y Zhedanov, 2011) y los efluentes son descargados en cuerpos de agua causando cambios negativos al ecosistema principalmente a la fauna acuática. Para ello, se realiza la biorremediación del efluente, en acuicultura puede realizarse bajo diferentes esquemas, donde destaca la producción de

microorganismos o plantas en condiciones ambientales ex situ o in situ que permitan la remoción y aprovechamiento de nutrientes derivados (Yesica et al., 2015); esta puede ser de tres tipos, fitoremediación, este término fue propuesto en 1991, que se puede definir como el uso de plantas vasculares; cuando se utilizan algas se le llama ficoremediación y si son hongos micoremediación.

La ficoremediación puede definirse en un sentido amplio como el uso de macroalgas y microalgas para la extracción o la biotransformación de contaminantes, entre ellos los nutrientes de las aguas residuales, xenobióticos y CO₂ del aire contaminado (Mulbry et al., 2008; Yesica et al., 2015). Los estudios actuales a escala de laboratorio que tratan de la capacidad de las microalgas para eliminar contaminantes orgánicos tales como compuestos fenólicos, tensioactivos, biocidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos y amoníaco sugieren que los sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en microalgas pueden removerlos por evaporación, fotodegradación, biodegradación y/o absorción de microalgas (Matamoros et al., 2016); es importante investigar el potencial de las aguas residuales de acuicultura para el cultivo heterotrófico de microalgas y evaluar la composición de la biomasa (Guldhe et al., 2017).

Materiales y Métodos

Recolección y Caracterización del efluente de Tilapia

Los efluentes de Tilapia se recolectaron en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Boca del Rio, Veracruz. En esta instalación la mojarra tilapia se tiene en estanques con aireación continua; se tomaron 20 L del efluente del estanque número 3 (teniendo 20 d de resiembra del estanque). Se utilizó un sistema de filtración para eliminar la carga orgánica del efluente, una columna compuesta por una malla para fitoplancton de 100 µm, algodón y fibra de poliéster. Posterior a esto se determinó el pH, la temperatura, se utilizaron muestras centrifugadas para analizar la concentración de amoníaco (NH₄⁺), nitratos (NO₃⁻), nitritos (NO₂⁻) y fosfatos (PO₄³⁻) mediante un equipo multiparámetros HANNA Instruments (Modelo HI83099, Serie C99 y C200).

Cultivo de la microalga

Se utilizó la microalga aislada (AVL) y *Chlorella vulgaris* (CV) como control para el cultivo en efluente de tilapia (ET). El ET después de su caracterización se disminuyó la carga de microorganismos por medio de cloración con hipoclorito de sodio (0.8 mL/L) con aireación constante durante 3 horas y se neutralizó con tiosulfato de sodio (0.75g/L) de igual manera con aireación durante 2 horas. Por último, se acondiciono con los micronutrientes y vitaminas

para inocular en los fotobiorreactores. Las microalgas se mantuvieron en matraz Erlenmeyer de 1 L con 850 mL de volumen de trabajo, las condiciones de cultivo fueron: temperatura $22 \pm 2^\circ\text{C}$, agitación constante e iluminación leds constante en medio Basal Bold. Las microalgas para el estudio se cultivaron en el ET en fotobiorreactores de 2.5 L de volumen total y 2 L de volumen de trabajo, incubados a 22°C , con agitación constante e iluminación en SC y SI (12:12). El diseño experimental fue un factorial 2^2 , por duplicado. El cultivo se llevó a cabo en el laboratorio biotecnología de microalgas y bioenergías del Instituto Tecnológico de Boca del Rio, Veracruz; durante un periodo de 6 meses.

Determinación de biomasa

Las muestras para la determinación de la biomasa se tomaron a los días 7 (fase exponencial) y 12 (fase estacionaria), se tomaron 300 mL de muestra la cual se centrifugo a 3000 rpm durante 30 min. El pellet se colocó en una membrana de papel filtro (a peso constante), se secó a 60°C durante 24 h, se determinó la producción y productividad de la biomasa mediante la ecuación 1.

$$Biomasa \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{m1 - m2}{V_{muestra}} \dots\dots\dots Ec. 1$$

m1: Peso de la membrana seca

m2: Peso de la membrana con la muestra seca.

Remoción de nutrientes

La eficiencia de remoción de nutrientes se determinó al término del cultivo (día 12) y cada tercer día se tomó muestra para análisis de los parámetros, el volumen de la muestra que se tomaba era de 100 mL de muestra de cultivo y se centrifugaron a 3000 rpm durante 30 min. Estas muestras se analizaron para nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amoníaco (NH_4^{3-}) y fosfatos (PO_4^{3-}) utilizando el equipo multiparámetros HANNA Instruments (Modelo HI83099, Serie C99 y C200). La evaluación de la eficiencia de remoción se calculó con la ecuación 2 (Lin et al., 2003; Ortega-Clemente et al., 2012):

$$\eta \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100 \dots\dots\dots Ec. 2$$

Dónde:

η = Eficiencia de remoción (%)

P_i = Parámetro inicial (mg/L)

P_f = Parámetro final (mg/L)

Resultados y discusiones

Recolección y Caracterización del efluente de Tilapia

Los resultados de la caracterización del efluente fueron amoniaco de 1.7 mg/L, nitrato 34 mg/L, nitrito 0.1316 mg/L y fosfato 7.9 mg/L, el pH del agua residual recogida fue de 8. Los parámetros de nitratos, amoníaco y fosfatos para las aguas residuales de acuicultura en el trabajo de Guldhe et al. (2017) son amoníaco 5.32 mg/L, nitratos 40.67 mg/L, fosfato 8.82 mg/L, Guo et al. (2013) en su estudio utilizaron aguas residuales de acuicultura para el crecimiento de microalgas *Platymonas subcordiformis* en la que reportan presencia de nitratos de 47.8 mg/L y 8.87 mg/L de fosfatos, lo cual son superiores a los resultados de la agua utilizada en este estudio.

Cultivo de la microalga

Los inóculos que se utilizaron para los experimentos fueron tomados de cultivos en medio Basal Bold (MB), en el que se cultivaron para la obtención del inóculo del estudio, en el MB en el día 12 alcanzaron 2.21×10^7 cel/mL, mientras que en los cultivos del estudio CV con SI obtuvo 4.56×10^6 cel/mL y AVL con SI 5.53×10^6 cel/mL, el comportamiento dinámico de los cultivos se muestran en la Figura 1, ambos tratamientos mantuvieron un comportamiento dinámico similar, como se puede ver en la figura que CV en SC es quien presento menor densidad celular y AVL en SI presento mayor densidad.

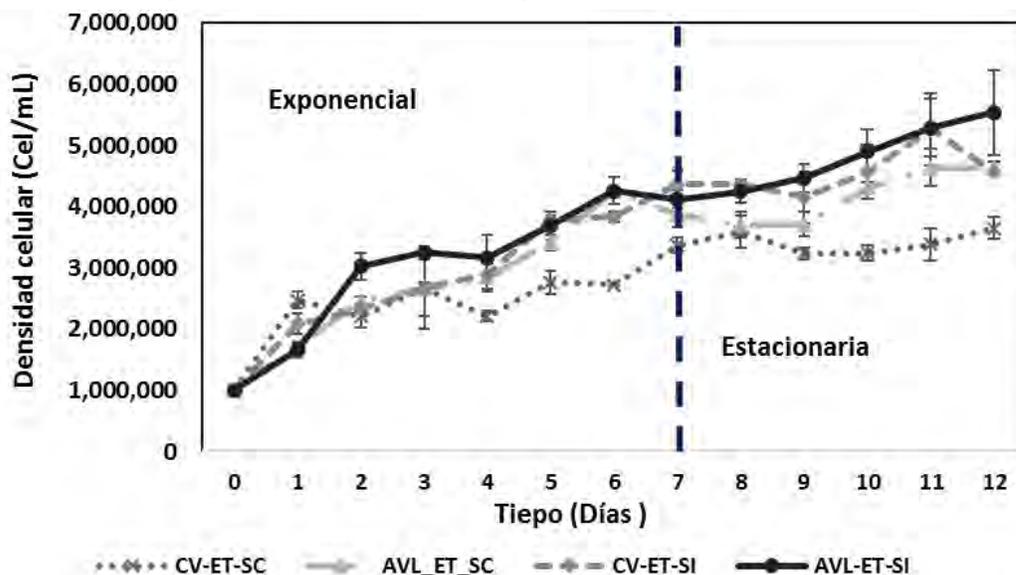


Figura 1. Comportamiento dinámico de la densidad celular de los cultivos en las diferentes condiciones.

Estos resultados muestran que por la concentración inicial de los nutrientes en el ET las microalgas no alcanzaron densidades mayores como lo reportado en el cultivo con MB, ya que en el ET existe deficiencia de N a lo reportado en las concentraciones de amoníaco y nitratos.

Determinación de biomasa

El cultivo de CV en SI fue el tratamiento que dio mejores resultados en la fase estacionaria con 251.5 ± 4.9 mg/L, en el Cuadro 1 se muestran los resultados de cada uno de los tratamientos en los dos días 7 y 12 fase exponencial y fase estacionaria respectivamente; El tratamiento que presento mayor producción de biomasa fue el de CV en SI en el día 12 como se puede observar en la tabla, la producción de la biomasa es baja en comparación con otros estudios dado que la densidad celular reportada en este trabajo también es inferior; (Li et al., 2011) cultivaron *Chlorella* sp. En el lodo activo y observó alta productividad de la biomasa de 920 mg/L/d y (Jia et al., 2011) cultivaron en efluentes secundarios domestico con lodo activo *C. ellipsoidea* y obtuvieron una producción de biomasa de 425 mg/L.

Cuadro 1. Producción de biomasa.

Tratamientos		Producción de Biomasa (mg/L)	
		Fase exponencial	Fase estacionaria
CV	SC	170.2 ± 1.6	170.7 ± 7.1
CV	SI	162.8 ± 22.4	251.5 ± 4.9
AVL	SC	139.7 ± 23.6	140.7 ± 11.8
AVL	SI	129.3 ± 11.8	169.0 ± 15.1

Atefeh et al. (2014) tuvieron una productividad de 138.76 mg/L/d en agua residual primaria con secundaria, la productividad más alta fue en CV en SI el día 7 con 23.3 mg/L/d. En estos resultados se ve claramente que como se menciona anteriormente la deficiencia de nitrógeno en el ET para el cultivo de microalgas no da rendimientos altos de biomasa. En el Cuadro 2 se muestra una comparación del mejor resultado de este trabajo con los trabajos de los autores mencionados, donde se puede ver como la productividad de biomasa es menor en este trabajo.

Cuadro 2. Comparación de la productividad de biomasa.

Microalga	Efluente	Productividad de biomasa (mg/L/d)	Referencia
<i>C. vulgaris</i>	Tilapia	23.3	Este trabajo
<i>C. sp.</i>	Lodo activo	920	Li et al. (2011)
<i>C. vulgaris</i>	Primaria con secundaria	138.76	Atefeh et al. (2014)

Remoción de nutrientes

Las microalgas CV y AVL utilizaron los nutrientes presentes en el ET para su crecimiento. Las eficiencias de remoción de nutrientes se determinaron después del período de cultivo de 12 d. Las eficiencias de remoción fueron de 87.75% para nitratos, 98.0% para nitritos, 83.75% para amoníaco y 82.25% para fosfato en promedio de los cuatro tratamientos respectivamente. En el Cuadro 3 se muestran los resultados de remoción de nutrientes de cada tratamiento. Estos nutrientes son utilizados por células microalgas para diversos procesos fisiológicos. Las microalgas utilizan nitrógeno inorgánico en forma de amonio, nitrato y nitrito por proceso de asimilación donde el nitrato y el nitrito sufren reducción para formar amonio, que luego se incorpora en el aminoácido glutamina (Cai et al., 2013). La eliminación de estos nutrientes inorgánicos no se rige exclusivamente por la captación a través de células microalgas. Hanumantha-Rao et al. (2010) utilizó agua residual industrial de tenería para un cultivo de *C. vulgaris* en laboratorio y en planta de tratamiento, el ensayo en laboratorio duro 7 d, logrando una eficiencia de remoción de amonio, nitritos, nitratos y fosfatos de 80, 89, 29 y 94%, respectivamente; las eficiencias de eliminación de nutrientes dependen de la concentración inicial de nutrientes en las aguas residuales y las microalgas utilizadas (Guldhe et al., 2017).

Yesica et al. (2015) en su estudio con *C. vulgaris* en efluente de tilapia con iluminación de luz blanca a 10 días de tratamiento, presento la eficiencia de remoción de compuestos nitrogenados con 83, 52 y 23% para nitritos, nitratos y amonio, respectivamente; en lo que podemos observar a los resultados obtenidos en este trabajo son superiores y similares a los mencionados anteriormente por lo que las dos microalgas dieron resultados positivos para poder ser implementadas como un paso de pulido para aguas residuales de acuicultura antes de su reutilización o liberación al medio ambiente; ya que no presentaron diferencias significativa entre cada tratamientos en el análisis estadístico (Statsoft Statistica v7.0.6.1.0).

Tabla 3. Remoción de nutrientes de los tratamientos.

Tratamiento		Remoción (%)			
		Amoníaco (NH ₃)	Nitrato (NO ₃)	Nitrito (NO ₂)	Fosfato (PO ₄ ³⁺)
CV	SC	88 ± 1	91 ± 7	100 ± 0	85 ± 4
CV	SI	88 ± 2	86 ± 3	96 ± 5	77 ± 5
AVL	SC	80 ± 3	86 ± 0	100 ± 0	92 ± 0
AVL	SI	79 ± 5	88 ± 6	96 ± 5	75 ± 2
Hanumantha-Rao et al., 2010 (Cv)		80	29	89	94
Yesica et al., 2015 (Cv)		23	52	83	-

Conclusiones

Los resultados de este estudio han puesto claramente el potencial de las microalgas para el tratamiento de aguas residuales de la acuicultura, ya que la utilizan como sustrato nutritivo para su producción de biomasa y esta a su vez puede ser rica en lípidos, carbohidratos y proteínas que pueden ser usados para biocombustibles y aplicaciones de piensos. Este concepto de biorrefinería constituye la base para la integración sostenible y económica de la industria de la acuicultura y las microalgas. En lo que la iluminación no muestra diferencias significativas ni las microalgas; por lo que AVL en SI puede ser utilizada con la misma efectividad que CV en el tratamiento de efluentes acuícolas según lo reportado en este estudio y por otros autores.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca concedida a Zuridsadai López Carrillo, Estudiante de la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

Literatura citada

Atefeh, E., Hamid-Reza, K., Manouchehr, V., 2014. Lipid production in mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* in a mixture of primary and secondary municipal wastewater. *Renewable Energy*. 71:502-508.

Cai, T., Park, S.Y., Li, Y., 2013. Nutrient recovery from wastewater streams by microalgae: status and prospects. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 19:360–369.

Guldhe, A., Ansari, F.A., Singh, P., Bux, F., 2017. Heterotrophic cultivation of microalgae using aquaculture wastewater: A biorefinery concept for biomass production and nutrient remediation. *Ecol. Eng.* 99:47–53.

Guo, Z., Liu, Y., Guo, H., Yan, S., Mu, J., 2013. Microalgae cultivation using aquaculture wastewater as growth medium for biomass and biofuel production. *J. Environ. Sci.* 25:S85–S88.

Hanumantha-Rao, P., Ranjith, R., Subramanian, V.V. y Sivasubramanian, V., 2010. Environmental impact assessment of *Chlorella vulgaris* employed in phycoremediation of effluent from a leather-processing chemical industry. *J. Algal. Biomass. Utln.* 2:42-50.

Jia, Y., Xin, L., Hongying, H., Xue, Z., Yin Y., Yongsheng C., 2011. Growth and lipid accumulation properties of a freshwater microalga, *Chlorella ellipsoidea* YJ1, in domestic secondary effluents. *Applied Energy.* 88:3295-3299.

Li, Y., Chen, Y.F., Chen, P., Min, M., Zhou, W., Martinez, B., Zhu, J., Ruan, R., 2011. Characterization of a microalga *Chlorella* sp. well adapted to highly concentrated municipal wastewater for nutrient removal and biodiesel production. *Bioresour. Technol.* 102:5138–5144.

Matamoros, V., Uggetti, E., García, J., Bayona, J.M., 2016. Assessment of the mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by microalgae from wastewater: a laboratory scale study. *J. Hazard. Mater.* 301:197–205.

Vinet, L. y Zhedanov, A., 2011. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. *J. Phys. A Math. Theor.* 44:85201.

Yesica, I.F.A., Luis, A.O.C., Ignacio, A.P.L., Martha, P.H.V., Paula, N.R.N., Elvira, R.L., Hector, M.P.V., 2015. Growth of *Chlorella vulgaris* and *Nannochloris oculata* in effluents of Tilapia farming for the production of fatty acids with potential in biofuels. *African J. Biotechnol.* 14:1710–1717.

EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE ZAPOTE (*Mammea americana* L.) POR LIXIVIACIÓN

Sara Márquez Bueno^{481*}, Félix David Murillo Cuevas⁴⁸¹, Cristian Salazar de la Cruz⁴⁸² y Dulce Natalí Morales Muñoz⁴⁸²

Resumen

En la actualidad, ante la gran demanda de la sociedad por el empleo de productos orgánicos, es de gran importancia el estudio de los aceites vegetales, sus aplicaciones y las técnicas de

⁴⁸¹ 1Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, km 4.5 Carretera Cardel-Chachalacas, CP. 91667, Úrsulo Galván, Veracruz, México. *marquez.itug@gmail.com

⁴⁸² 2Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

extracción más eficientes que estos pueden tener. Existen distintos métodos para la obtención de aceites de semillas oleaginosas, entre los que destacan por su bajo costo los que utilizan la extracción con disolventes volátiles. Existen dos métodos de extracción de aceite muy utilizados y de bajo costo, la extracción por lixiviación sólido-líquido de Soxhlet y de destilación de Clevenger. El objetivo de este trabajo consistió en comparar los métodos Soxhlet y Clevenger para extracción de aceite de semilla de zapote santo domingo (*Mammea americana*). Para la obtención del aceite vegetal por Soxhlet, se realizó en un equipo Soxhlet PYREX®, compuesto por un matraz de bola fondo plano de 250 mL, una cámara Soxhlet y un tubo refrigerante. Para la obtención del aceite por Método Clevenger, se utilizó un equipo de destilación del tipo Clevenger PYREX®, compuesto por un matraz de bola de cuello largo de 250 mL, una trampa Clevenger y un tubo refrigerante. Con el método de extracción de aceite a través de Soxhlet se obtuvo más aceite y con mayor densidad que con el método de Clevenger, los cuales fueron significativamente diferentes. En cuanto al índice de refracción y temperatura no se registró diferencias significativas entre los dos métodos de extracción de aceite. La composición de aceite esencial está sujeta, principalmente, al tipo de planta y método de extracción, los cuales pueden afectar la concentración y cantidad de aceite extraído. El rendimiento del contenido graso de la semilla de *M. americana* dependió del método de extracción utilizado. Se demostró que con el método Soxhlet se obtiene un mayor rendimiento del contenido graso de semillas de *M. americana* en el proceso de extracción en comparación con la destilación tipo Clevenger.

Palabras Claves: Soxhlet, Clevenger, densidad, Índice de refracción

Introducción

En la actualidad, ante la gran demanda de la sociedad por el empleo de productos orgánicos, es de gran importancia el estudio de los aceites vegetales, sus aplicaciones y las técnicas de extracción más eficientes que estos pueden tener. Los aceites esenciales están contenidos en glándulas o vesículas secretoras inmersas en los tejidos de las hojas, flores, corteza y semillas de los frutos de muchas especies (Sulbarán et al., 2003; Martínez et al., 2003; León et al., 2005).

La extracción de los aceites esenciales se puede realizar por métodos convencionales como la destilación con arrastre de vapor, hidrodestilación y espacio de cabeza "Headspace"; en la actualidad adquiere gran importancia la extracción con fluidos supercríticos utilizando dióxido de carbono (CO²) como solvente, y extracción por hidrodestilación asistida por radiación de microondas (León et al., 2005; Chemat et al., 2006). Sin embargo, existen distintos métodos para la obtención de aceites de semillas oleaginosas, entre los que destacan por su bajo costo los que utilizan la extracción con disolventes volátiles, donde la muestra seca y molida

se pone en contacto con disolventes orgánicos que extraen sustancias como grasa y cera, obteniéndose al final una oleorresina o un extracto impuro (Peredo-Luna et al., 2009). Los disolventes empleados suelen ser derivados del petróleo, como el éter dietílico, ciclohexano, hexano, acetato de metilo, propanol, etc., con este tipo de procedimiento se obtienen masas viscosas, según la materia prima, grandes cantidades de ceras, resina y pigmentos (Peredo-Luna et al., 2009).

Existen dos métodos de extracción de aceite muy utilizados y de bajo costo, la extracción por lixiviación sólido-líquido de Soxhlet y de destilación de Clevenger.

El método de extracción de Soxhlet consiste en unas series de extracciones consecutivas donde se concentran el compuesto extraído en un reservorio del solvente es un equipo de extracción continua (García et al., 2005). De acuerdo con el procedimiento descrito por Soxhlet en 1879, el aceite y la grasa del material sólido se extraen mediante lavado repetido (percolación) con un disolvente orgánico, usualmente hexano o éter de petróleo (Jensen, 2007). El extractor Soxhlet tiene la ventaja de ser más eficiente que un extractor continuo, ya que este último tiene la tendencia de que el disolvente condensado crea un canal de menor resistencia al pasar a través de la capa orgánica, exponiendo solo una fracción del mismo al proceso de extracción y durante un periodo de contacto muy limitado, mientras que el extracto Soxhlet no solo rodea completamente la materia orgánica sino que también prolonga el periodo de contacto (Jensen, 2007).

En el método de Clevenger el material a extraer está completamente sumergido en agua, la cual es calentada hasta ebullición, bien sea a través de fuego directo o a través de algún método de calefacción (chaquetas, serpentines de vapor o resistencias eléctricas). La característica principal de este proceso es el contacto directo entre el agua en ebullición y el material (Stashenko et al., 2004). El método de Clevenger permite separar mezclas, comúnmente líquidas, de sustancias que tienen distintos puntos de ebullición. Cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de ebullición de las sustancias de la mezcla, más eficiente será la separación de sus componentes; es decir, los componentes se obtendrán con un mayor grado de pureza (Geankoplis, 1998). El vapor generado por el método se lleva a un condensador para la obtención de un producto destilado final en forma líquida. Esta operación de destilación permite separar el soluto del disolvente, permitiendo la reutilización del disolvente recuperado (Geankoplis, 1998).

El objetivo de este trabajo consistió en comparar los métodos Soxhlet y Clevenger para extracción de aceite de semilla de zapote santo domingo (*M. americana*).

Materiales y Métodos

Recolección y preparación de muestras

Las frutas frescas de zapote santo domingo (M. americana L.) se obtuvieron de la localidad La Antigua, municipio de La Antigua, Ver., con coordenadas 19°19'20''N y 96°19'17''O.

Caracterización de la semilla

Las semillas oleaginosas utilizadas en cada método fueron comparadas en relación a sus condiciones de humedad para verificar que no hubiese diferencias entre las semillas utilizadas, se retiraron del endocarpio, se secaron en condiciones ambientales por un periodo de dos semanas hasta alcanzar una humedad aproximada del 10% en la almendra, se descascarillaron, se hicieron pedazos manualmente, y se molieron en un procesador de alimentos PYREX®. Se prescindió del secado en horno para evitar la pérdida de constituyentes debido a la degradación térmica.

Procedimientos para la extracción de aceite vegetal

La obtención del aceite vegetal por Soxhlet se realizó en un equipo Soxhlet PYREX®, compuesto por un matraz de bola fondo plano de 250 mL, una cámara Soxhlet y un tubo refrigerante. Para el sistema de calentamiento se utilizó una parrilla de calentamiento con agitación Thermolyne®. Se utilizaron 68 g en peso de la muestra molida y se emplearon seis repeticiones para cada equipo. La cámara se acondiciono con algodón previamente tarado que sirvió para cubrir la muestra. El matraz de bola fondo plano se pesó en una balanza analítica OHAUS Discovery®, se registró su peso y luego se llenó con 175 mL de disolvente (hexano grado reactivo analítico J.T. Baker®, No. F35663) y se colocaron 5 perlas de ebullición. El matraz de bola fondo plano se colocó en la parrilla de calentamiento donde la temperatura se ajustó a 210°C para que el disolvente se llevara al punto de vaporización (65°C). Cada extracción ocurrió durante un periodo de 4 h.

La obtención del aceite vegetal por Método Clevenger se realizó en un equipo de destilación del tipo Clevenger PYREX®, compuesto por un matraz de bola de cuello largo de 250 ml, una trampa Clevenger y un tubo refrigerante. Para el sistema de calentamiento se utilizó una parrilla de calentamiento con agitación Thermolyne®, un cristizador PYREX® de 1 L y glicerina grado analítico. El matraz de bola fondo plano se pesó en una balanza analítica OHAUS Discovery® y se registró su peso, se colocó 68g de muestra y se adicionó 175 mL de disolvente (hexano J.T. Baker®, No. F35663) y se colocaron 5 perlas de ebullición, se colocó en el cristizador el cual contenía glicerina y se llevó a la parrilla de calentamiento donde la temperatura se ajustó a 155°C para que el disolvente se llevara al punto de vaporización (65°C). Cada extracción ocurrió durante un periodo de 4 h.

En ambos métodos de extracción los extractos hexanoicos obtenidos fueron almacenados en viales ámbar a 4°C, se trasladaron al Laboratorio de Ecología y Química (LEQ) del Instituto

Tecnológico de Veracruz (ITVER) para recuperar el hexano contenido en el extracto y dejar la muestra libre de este solvente, se utilizó un rotavapor RE120 Bügchi®. Los rendimientos en la extracción se evaluaron por sextuplicado, operando siempre bajo las mismas condiciones, se obtuvo los gramos de aceite según la ecuación 1.

Ecuación. 1: $\text{gramos de aceite} = mf - mi$

Dónde:

gramos de aceite: Gramos de aceite obtenidos del proceso de extracción (p/p)

mf: masa del balón con extracto hexanoico (g)

mi: masa del balón sin extracto hexanoico (g).

Determinación de las propiedades físicas del aceite extraído

A cada muestra del aceite extraído por los dos métodos, se le determinaron:

a) Densidad a 16°C: Para ello se utilizó una probeta de 10 mL de capacidad, se pesó vacía en una balanza analítica OHAUS Discovery®; posteriormente se llenó con el aceite obtenido y se pesó, a través de la diferencia de pesos se determinó la densidad de aceite empleando la Ecuación 2.

Ecuación 2:

Densidad (g/mL) = $(\text{peso de la bureta} + \text{muestra}) - (\text{peso bureta})(g) / (\text{volumen de aceite})(\text{mL})$

b) Índice de refracción y temperatura de los aceites vegetales: la prueba se realizó utilizando un refractómetro de ABBE. Con la ayuda de un capilar se depositó el aceite sobre el prisma del refractómetro y se procedió con la lectura.

Análisis de datos

Se realizó la prueba Shapiro–Wilk para establecer la normalidad de los datos, se utilizó una prueba de t de Student para comparar los métodos de extracción.

Resultados y Discusión

Con el método de extracción de aceite a través de Soxhlet se obtuvo más aceite y con mayor densidad que con el método de Clevenger, los cuales fueron significativamente diferentes (Cuadro 1). En cuanto al índice de refracción y temperatura no se registró diferencias significativas entre los dos métodos de extracción de aceite (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de muestras independientes de t Student para la comparación de los métodos de extracción de aceite evaluados.

Variables de estudio	Métodos de extracción de aceite	Prueba de significancia
----------------------	---------------------------------	-------------------------

	Soxhleth (n=6)	Clevenger (n=6)	t de Student
Aceite extraído (g)	3.82 (0.39)	2.45 (0.39)	6.16 (P= 0.0001)
Índice de refracción a 16°C	1.52 (0.01)	1.53(0.01)	-2.20(P= 0.05020)
Densidad (g/mL)	0.92 (0.03)	0.77(0.02)	8.67 (P= 0.0001)
Temperatura (°C)	27.9 (1.60)	26.3 (0.82)	-2.13 (P= 0.0587)

Las variables se expresan mediante la media (DE).

Los métodos de extracción afectan el rendimiento de la extracción y composición química de los aceites esenciales (Stashenko et al., 2004; Braga et al., 2005). El método de Soxhlet ha sido poco eficiente cuando se compara con métodos menos convencionales como el de extracción supercrítica con CO² (Braga et al., 2005). Para nuestro caso, que se comparó con el método tradicional de Clevenger, los resultados favorecieron al método de Soxhlet. Sin embargo, la eficiencia de los métodos de extracción de aceites esenciales depende significativamente del tipo de aceite, tejido o especie vegetal de donde se extrae el aceite (Stashenko et al., 2004), por ejemplo, para la extracción de aceite de hoja y flor de *Lippia alba* el método Clevenger tuvo los mejores rendimientos (Linde et al., 2015) y para hojas de *Piper lanceaefolium* el método de Soxhlet (Pino et al., 2009).

Nuestros resultados indican que el método Soxhlet mostró ser el método más eficiente en la extracción del aceite vegetal de *M. americana*. Las condiciones de extracción fueron las mismas y las semillas fueron trituradas para los dos métodos; sin embargo, para empaquetar la cámara Soxhlet se tamizó la muestra, mientras que para Clevenger no, obteniendo un tamaño no uniforme lo que pudo influir en el bajo contenido de material graso obtenido para este, influyendo directamente en sus densidades, y dado que no se contaba con picnómetro y se empleó la relación m/v, donde la densidad es directamente proporcional a la masa, al obtener menor masa con Clevenger el volumen fue menor y por tanto la variación de densidad.

Con respecto al índice de refracción y temperatura, los resultados obtenidos no presentaron diferencias estadísticas significativas para los dos métodos de extracción. Marcelo (2013), reportó un valor de índice de refracción de 1.55 para el aceite de *M. americana* obtenido por Soxhlet, valor que se acerca más a lo obtenido con el método de Clevenger para nuestro caso. Tomando en cuenta que este parámetro es exclusivo de cada aceite vegetal, es importante su determinación ya que sirve de referente para medir su calidad, debido a que si el aceite se diluye o mezcla con otras sustancias su valor cambia.

Conclusiones

La composición de aceite esencial está sujeta, principalmente, al tipo de planta y método de extracción, los cuales pueden afectar la concentración y cantidad de aceite extraído. El rendimiento del contenido graso de la semilla de *M. americana* dependió del método de extracción utilizado.

Se demostró que con el método Soxhlet se obtiene un mayor rendimiento del contenido graso de semillas de *M. americana* en el proceso de extracción en comparación con la destilación tipo Clevenger.

Agradecimientos

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG)

Instituto Tecnológico de Veracruz- Laboratorio de Ecología y Química (LEQ), M.C. Dulce Ma. Barradas Dermiz – Docente del ITVER, C. Jorge Rodríguez-Pasante de Ingeniería Bioquímica ITVER.

M.I. Lázaro Gabriel Trujillo Juárez, Mtro. José Antonio Fernández Viveros y Dra. Jacel Adame García-Docentes del ITUG.

Por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

Literatura citada

Braga, M.E.M., P.A.D. Ehlertb, L.C. Ming y Meireles M.A.A. 2005. Supercritical fluid extraction from *Lippia alba*: global yields, kinetic data, and extract chemical composition. *The Journal of Supercritical Fluids* 34(2):149-156.

Chemat, F., M.E. Lucchesi, J. Smadja, L. Favretto, G. Colnaghi y Visinoni F. 2006. Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: A rapid, clean and environmentally friendly approach. *Analytica Chimica Acta* 55(1):157-160.

García, S.A., N.M. Ramos y Ballesteros E. 2005. Estudio comparativo de distintas técnicas analíticas (espectroscopía de NIR y RMN y extracción mediante Soxhlet) para la determinación del contenido graso y de humedad en aceitunas y orujo de Jaén. *Grasas y Aceites* 56(3):220-227.

Geankoplis, C.J. 1998. Procesos de Transporte de Operaciones Unitarias. Tercera Edición. Editorial Compañía Editorial Continental. México. 1024 p.

Jensen, W. B. 2007. The Origin of the Bunsen Burner. J. Chem. Educ. Vol. 82.1913 p.

León, M. G., M. del R. F. Osorio, Martínez U. S. R. 2015. Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus sinensis* L. Revista Cubana de Farmacia 49(4):742-750.

Linde, G.A., N.B. Colauto, E. Albertó y Gazim, Z.C. 2015. Quimiotipos, Extracción, Composición y Aplicaciones del Aceite Esencial de *Lippia alba* Rev. Bras. Pl. Med., Campinas 18(1):191-200.

Marcelo, L.M. 2013. Evaluación Fisicoquímica Comparativa del Aceite Esencial de la Semilla de Mamey (*Mammea americana*). Universidad Nacional del Callao. 5 p.

Martínez, J., B. Sulbarán, G. Ojeda, A. Ferrer y Nava R. 2003. Actividad antibacteriana del aceite esencial de mandarina. Rev. Fac. Agron. 20:502-512.

Peredo-Luna, H.A., E. Palou-Garcia y López-Malo A. 2009. Aceites esenciales: métodos de extracción. 24-32 pp.

Pino, B.N., E. Melendez y Stashenko E.E. 2009. Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de hojas de *Piper lanceaefolium*, planta usada tradicionalmente en Colombia. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 8 (4):301–304.

Stashenko, E.E., B.E. Jaramillo y Martínez J.R. 2004. Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. J Chromatogr 1025:93-103.

Sulbarán, B., G. Ojeda, F. Ysambertt y Cabrera L. 2003. Volatile fraction composition of Venezuelan sweet orange essential oil (*Citrus sinensis*). Ciencia 11(1):55-60.

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA MIEL DE ABEJA PRODUCIDA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Elizabeta Hernández Domínguez^{483*}, Alejandro G. Nila Méndez⁴⁸³ y Francisco Javier Gabino Roman⁴⁸³

Resumen

⁴⁸³ Instituto Tecnológico Superior de Acayucan

* Elizabeta Hernández Domínguez: elihed@gmail.com

México se encuentra entre los primeros países en producción y exportación de miel a nivel mundial. Veracruz tiene actualmente el sexto lugar en cuanto a la producción de miel en nuestro país. Debido a la importancia de esta actividad, es necesario contribuir con estudios sobre la calidad de la miel que se produce en nuestro estado. El color de estas mieles en su mayoría correspondió al oscuro (47%), mientras que para el color ámbar y blanco, fue del 19%. Las restantes se clasificaron como; blanco agua, ámbar claro y extra claro, cada una con 5% respectivamente. Por otra parte, las mieles oscuras presentaron los mayores contenidos de fenoles totales (280-370) expresados como μg equivalente de ácido gálico/mL (EGA), en comparación con los contenidos presentados por las mieles de color claro 270-200 de EGA. Los resultados muestran que el pH como la acidez láctica de las mieles colectadas en 19 municipios del estado de Veracruz y dos muestras de miel comerciales, se encuentran dentro de los valores de referencia de NMX-F-036-1997 y C. Alimentarius (1981).

Palabras clave: pH, acidez láctica, color de la miel, compuesto fenólicos.

Introducción

La miel de abeja es una sustancia dulce natural donde solo un insecto participa la abeja a través de la recolecta del néctar de las flores y/o de secreciones o de otras partes vivas de la planta, transformándose y combinándose con diferentes sustancias específicas propias, que se almacenan en panales. Esta miel puede tener entonces una consistencia de fluido, espesa o cristalina. Cabe mencionar que la miel puede presentar variaciones derivado de su procedencia, de las plantas donde se recolecte el néctar hasta los procesos de extracción de miel. Se ha reportado que el estado de Veracruz se encuentra en sexto lugar como uno de los principales productores de miel (SIAP, 2015). Sin embargo, la apicultura en el estado de Veracruz, debe seguir fortaleciéndose con diferentes esfuerzos encaminados a la cadena productiva que apuntalen a incrementar la calidad y que inclusive apuesten por la certificación de esta miel, dando con ello una mayor competitividad tanto para el mercado nacional como internacional. Por ello, es necesario empezar a realizar investigación básica que se encaminen a tipificar fisicoquímicamente la miel que se produce en nuestro estado, las características de cada miel dependerán de la región de producción, del tipo de flora y la temporada. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente y evaluar la calidad de las mieles colectadas de las diferentes regiones del estado de Veracruz, además de conocer las diferencias que pudieran existir entre ellas.

Materiales y Métodos

La colecta de miel se realizó durante el 2016-2017, en las diferentes regiones del estado de Veracruz (zona norte, centro y sur). En la selección de miel, para la colecta se debía escoger aquel producto que se encontrara muy viscoso, que no presente inicios de fermentación, además de otras características como presencia de impurezas, que mantuvieran su aroma y un sabor característico. Para determinar la medida del pH y la acidez láctica, se utilizó el potenciómetro HANNA 211®, de acuerdo a la NMX-F-036-1997. La determinación del color de la miel, se realizó por espectrofotometría (BioRad SmartSpec Plus®), según el método de Montenegro et al., 2005. El contenido de fenoles totales en estas muestras de miel se realizó por el método colorimétrico de Singleton et al. (1999) con modificaciones. Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA empleando un intervalo de confianza del 95%.

Resultados y Discusión

En el caso del color de la miel, los resultados muestran que predominan los tonos oscuros, con 47%, seguido de color ámbar con 19%, color blanco con 19%, para el ámbar claro solo el 5%, similar al blanco agua con 5% y ámbar extra claro con otro 5%. La diferencia del color y sabor de los diversos tipos de mieles, es atribuible probablemente al origen floral distinto (Figura 1). El color de la miel se ha propuesto que se debe a los pigmentos del néctar de las flores y de otras partes de las plantas (Montenegro et al., 2005).

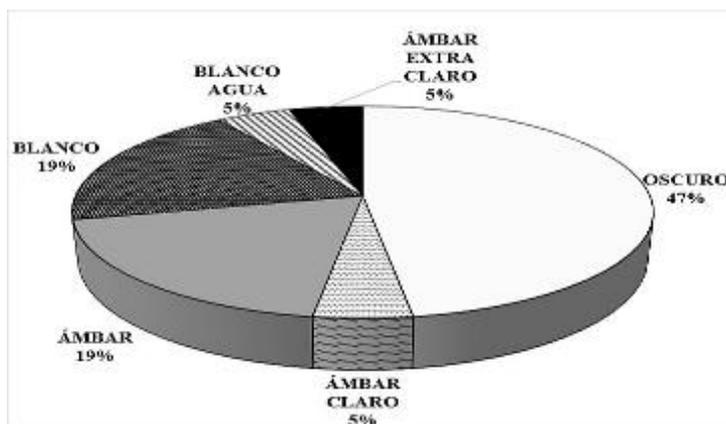


Figura 1. Clasificación de la variación del color de la miel en las muestras colectadas de las diferentes regiones del estado de Veracruz.

Por otra parte, se realizó la determinación de los contenidos totales de fenoles de las mieles, cuyos resultados muestran rangos de 370 a 200 EGA/mL. La miel con mayor contenido de fenoles fue la colectada en Soconusco (S), con aproximadamente de 370 EGA/mL, mientras que las menores contenido se obtuvieron en mieles colectadas en las comunidades de Chinameca, Playa Vicente con 200~204 EGA/mL (Figura 2). Al comparar estos resultados, en el color de mieles se muestra una correlación positiva entre los mayores contenidos de fenoles con las mieles de color oscuro y menor contenido para mieles ámbar. Tener mieles con altos compuestos fenólicos, puede ser indicios fuertes de una elevada capacidad antioxidante, que resulta en beneficios para reducir el estrés celular y, por ende, el envejecimiento del organismo (Aljadi y Kamaruddin, 2004).

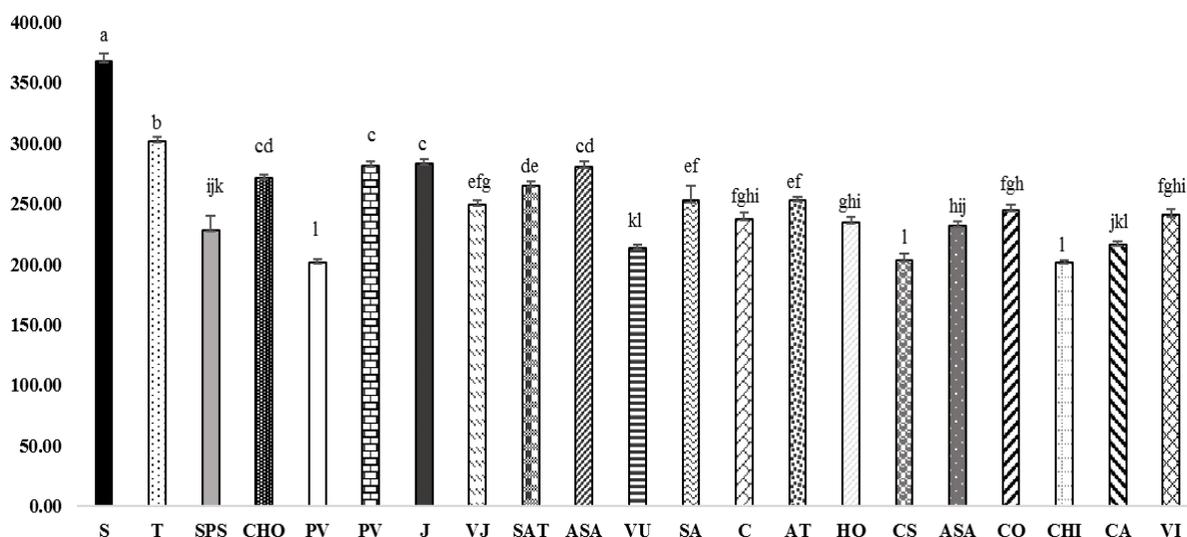


Figura 2. Determinación del contenido de fenoles totales en las mieles colectadas en las diferentes regiones del estado de Veracruz.

Cabe mencionar que se ha reportado por Montenegro et al. (2005), que las mieles oscuras son las más ricas en fosfato de calcio y hierro, vitaminas B y C, mientras que las mieles de color claro, presentan mayor contenido de vitamina A.

Estos estos compuestos fenólicos que contiene la miel, están directamente relacionados con los recursos botánicos, particularmente el néctar y las otras partes de plantas donde percolea la abeja (Aljadi y Kamaruddin, 2004). Este es un atributo que actualmente resulta importante para comercializar y hasta aportarle un valor agregado a las mieles. En este sentido, la cotización de miel para el mercado internacional depende en gran parte de su color, sabor y contenido de humedad (Ciappini et al., 2013). La miel es un alimento ácido por su naturaleza,

como lo reporta Cervera y Cervera (1994). Nuestros resultados reportados en la tabla 1, muestran un pH promedio del de 3.89 con valores mínimos y máximos de 3.2 hasta 4.4, respectivamente. Esto coincide y se ajusta con lo reportado por la Alimentarius, C. (1981) y la Norma Mexicana (1997).

Tabla. 1. Propiedades fisicoquímica determinadas a las muestras de mieles colectadas en las diferentes regiones del estado de Veracruz.

Sitios de colecta	pH	Acidez láctónica (meq/kg)	Sitios de colecta	pH	Acidez láctónica (meq/kg)
S	3.88±0.07 ^{bcdef}	14±1.80 ^{cde}	SA	3.91±0.06 ^{abcde}	2.85±.32 ⁱ
T	3.28±0.14 ^h	35±5.03 ^a	C	4.32±0.18 ^{ab}	9.30±1.04 ^{efghi}
SPS	4.07±0.06 ^{abcd}	13.99±.50 ^{cde}	AT	3.57±0.07 ^{efg}	14.6±1.52 ^{cde}
CHO	4.18±0.15 ^{abcd}	8.08±.36 ^{fg hij}	HO	4.42±0.23 ^a	6.59±.52 ^{hij}
PV	3.82±0.40 ^{bcdef}	10.46±.55 ^{defghi}	CS	4.17±0.12 ^{abcd}	17.6±2.7 ^{bc}
P	4.01±0.17 ^{abcd}	15.06±2.2 ^{cd}	ASA	3.85±0.09 ^{cdef}	12.2±1.25 ^{cdefg}
J	3.90±0.08 ^{bcdef}	13.14±1.0 ^{cdef}	CO	3.80±0.11 ^{def}	6.81±.76 ^{ghij}
VJ	3.60±0.11 ^{fg}	7.04±.43 ^{ghij}	CHI	4.32±0.16 ^{abc}	11.3±.1.2 ^{defgh}
SAT	3.81±0.05 ^{bcdef}	17.20±1.2 ^{bc}	CA®	3.85±0.02 ^{bcdef}	7.88±0.65 ^{fg hij}
ASA	3.30±0.07 ^{gh}	22.6±4.07 ^b	VI®	3.90±0.74 ^{bcdef}	17.1±1.09 ^{bc}
VU	3.97±0.09 ^{abcde}	5.02±.45 ^{ij}			

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. S, soconusco; T, Texistepec; SPS, San Pedro Soteapan; CHO, Cuatotolapan, Hueyapan de Ocampo; PV, Playa Vicente; Jáltipan; VJ, Villa Juanita; SAT, San Andrés Tuxtla; ASA, Almagres; VU, Valle del Uxpanapa; SA, Sayula de Alemán, C, Comején, AT, Álamo, Temapache; HO, Hueyapan de Ocampo; CS, Colmena, ASA, Aguilera; CO, Coatepec; CHI, Chinameca; CA, Miel marca Carlota®; VI, Miel marca Vita Real®.

Por los rangos de pH encontrados, se sugiere que pudiera tratarse de mieles de orígenes florales debido a que están dentro del rango de 3.4 a 4.6 pH de acuerdo a Cervera y Cervera (1994). Además, la acidez láctónica, que son los ácidos de miel hidroxilados o alcoholes tuvieron un promedio de 14.28 meq/Kg con valores entre 5.02 y 35 meq/Kg. En el caso de los alcoholes, la formación de moléculas de anillos 5 o 6 miembros, pueden producir la esterificación de un ácido generando un éster cíclico, como la lactona (Cervera y Cervera, 1994). Nuestros resultados presentan rangos que van desde 3~35 meq/kg, mismo que corresponden a lo marcado por la C. Alimentarius (1981) y N. Mexicana (1997).

Conclusiones

En general, las mieles veracruzanas analizadas tuvieron un buen nivel de calidad según los resultados obtenidos por el análisis físico-químico, y además se encuentran dentro de la normativa nacional como internacional que regula la miel. Este grupo de mieles presenta un espectro de colores que van desde el color oscuro, ámbar, ámbar claro, extra claro hasta blanco y blanco agua. El color es una propiedad física inmediatamente observada por el consumidor de alimentos. El color de la miel es muy importante a nivel comercial ya que define su precio e influye fuertemente en la elección de compra del consumidor. En este sentido, las mieles que desplegaron los colores oscuros fueron las que presentaron los mayores contenidos de fenoles totales. Esto nos sugiere estos compuestos pudieran aportar mayor capacidad antioxidante a este alimento natural.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Investigación en Biotecnología Vegetal (UNIBVE) del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan (ITSA) con financiamiento de los Proyectos de Reconocimiento a Profesores de Tiempo Completo con Perfil Deseable y Apoyo, de la convocatoria 2015-2. Dr. José Manuel Zaldívar Cruz, Profesor Investigador Asociado en Colegio de Postgraduados - Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco por la colaboración en mieles.

Literatura citada

Alimentarius, C. 1981. Norma para la miel. CODEX STAN, 12-1981.

Aljadi, A. M., and Kamaruddin, M. Y. 2004. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry* 85:513–518.

Cervera, S. S., & Cervera, M. M. S. 1994. Valores de acidez (Libre, Lactónica y Total) y pH de las mieles de la Rioja. *Zubía* 12:193-204.

Ciappini, M. C., Gatti, M. B., and Di Vito, M. V. 2013. El Color como indicador del contenido de flavonoides en miel. *Revista de Ciencia y Tecnología* 19:59-63.

Mexicana, N. 1997. NMX-F-036-1997. Alimentos-Miel-Especificaciones y Métodos de Prueba.

Montenegro, S. B., Avallone, C. M., Crazov, A., and Aztarbe, M. 2005. Variación del color en miel de abejas (*Apis mellifera*). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* 1:3.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299:152-178.

PROCESO DE FILTRACIÓN BIOLÓGICA PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES ACUÍCOLAS

Erika Natalie Cuéllar Lugo⁴⁸⁴, Cinthya Alejandra Sosa Villalobos⁴⁸⁴, Isabel Araceli Amaro Espejo⁴⁸⁴ y
María del Refugio Castañeda Chávez⁴⁸⁴

⁴⁸⁴ Instituto Tecnológico de Boca del Río. ca.sosavi@gmail.com

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de remoción de la concentración de demanda química de oxígeno y pH, empleando un filtro biológico utilizando concha de ostión como medio de soporte, para tratar los efluentes de una Unidad de Producción Acuícola (UPA) de tilapia. El proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA). La UPA tipo experimental, se eligió de acuerdo al análisis que se realizó a un censo acuícola. Se realizaron muestreos durante un año y se determinaron los análisis del efluente de la UPA seleccionada, de acuerdo a las Normas Mexicanas y métodos estandarizados APHA. La caracterización promedio, se realizó durante un año. Se construyó el biofiltro, con volumen total de 2.5 L, se utilizó concha de ostión triturada como material de soporte, el cual es un recurso disponible dentro de la región de estudio. Se inoculó concha de ostión triturada con lodo proveniente de la UPA, durante un periodo de ocho meses. La operación del filtro fue en modo batch, con flujo descendente y se llevó a cabo una recirculación del efluente mediante una bomba peristáltica Masterflex Cole-Pamer Easy Modelo 77200. La operación del filtro fue de aproximadamente 40 días, distribuidos en 12 ciclos, cada uno con una duración de 3 días. Se obtuvo una concentración de DQO promedio de 380 mg L⁻¹, la remoción de la DQO se logró estabilizar a partir del noveno batch, alcanzando incluso un 98% en el último batch. El pH se mantuvo en un promedio de 8.1 a 8.7, valores propicios para el crecimiento bacteriano en un medio aerobio. La operación en modo batch del filtro biológico, utilizando concha de ostión como medio de soporte, demostró la eficiencia y la remoción de los parámetros monitoreados, además de ser una alternativa sustentable y viable para el sector acuícola.

Palabras clave: eficiencia de remoción, biofiltro, medio de soporte, concha de ostión

Introducción

La producción acuícola, es una actividad importante y cada año tiene un gran crecimiento, alcanzando 52.4 millones de toneladas, con un incremento promedio anual de 8.9% desde 1970 (FAO, 2004). Según la FAO (2013), la acuicultura hace una contribución significativa nutricional, económica y social, este sector mantiene el suministro de productos acuáticos para la población. La literatura menciona que la acuicultura como cualquier actividad genera un impacto, empezando porque se desarrolla en ecosistemas artificiales diferentes a los naturales, y afectando los recursos hídricos por la cantidad de efluentes ricos en materia orgánica (Palomarez-García, 2010). En el estado de Veracruz, la mayor parte de las

unidades de producción acuícola de tilapia descargan directamente sus efluentes, sin tratamiento previo, en cuerpos de agua superficiales. Estos efluentes incluyen alimento no ingerido, excreciones metabólicas, heces, peces muertos, y residuos sólidos orgánicos e inorgánicos (UICN, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de remoción de la concentración de DQO y pH, empleando un filtro biológico con concha de ostión como medio de soporte, el cual es un recurso disponible dentro de la Región Sotavento para tratar los efluentes de una UPA de tilapia, con el propósito de ofrecer una alternativa de bajo costo al sector acuícola.

Materiales y métodos

El estudio, se llevó a cabo dentro de las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos (LIRA) del Tecnológico de Boca del Río. El efluente para se tomó de una Unidad de Producción Acuícola de Tilapia, ubicada en la Región de Sotavento del Estado de Veracruz. Se considero que tuviera un ciclo de producción completo, además que la Unidad no contara con un previo tratamiento de sus descargas, tomándose en cuenta también la distancia, manejo, transporte de la muestra y el rápido acceso al Laboratorio.

Se determinaron los análisis del efluente de la UPA seleccionada, de acuerdo a las Normas Mexicanas y los métodos estandarizados (APHA, 1995). La caracterización promedio, se realizó durante un año. El filtro biológico, se construyó de acrílico con volumen total de 2.45 L, y volumen útil de 1.7 L. El diámetro exterior del dispositivo es de 8.7 cm, y el interior de 8 cm, cuenta con una entrada para el influente, una salida de efluente, además de una regadera la cual tiene una conexión tipo "Y" en la parte superior del filtro, lo que sirve para la alimentación del influente y la manguera de recirculación. Dentro del filtro, se colocó una placa de polietileno, con diámetro de 7.9 cm. En la parte inferior del filtro, se colocó un embudo de plástico de 7.5 cm de diámetro para la sedimentación de los lodos (Figura 1).

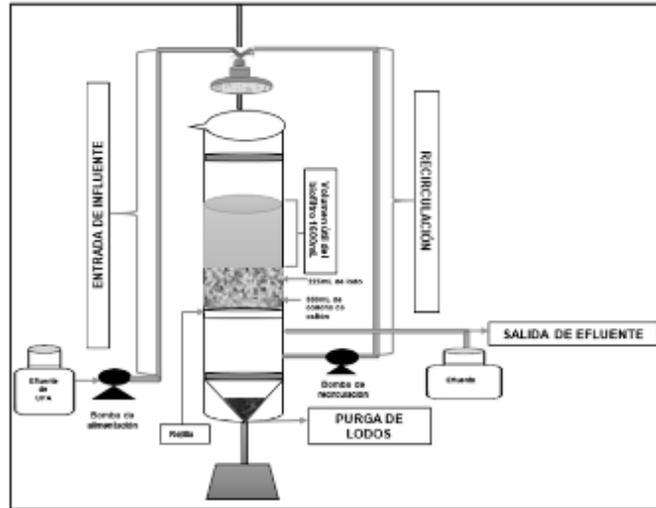


Figura1. Esquema de filtro biológico.

El flujo del filtro biológico fue descendente, se colocó en la parte superior del dispositivo una regadera de polietileno. El flujo de recirculación se hizo mediante una bomba peristáltica Masterflex Cole-Pamer Easy Modelo 77200. Se seleccionó como medio de soporte, concha de ostión, ya que es un recurso disponible en la Región Sotavento. Se lavó perfectamente la concha y se secó al sol, se pasó por un molino tipo martillo para obtener partículas más pequeñas. Se inoculó concha de ostión triturada con lodo proveniente de la UPA, durante un periodo de ocho meses.

Se realizaron 12 ensayos en modo batch, la duración de cada batch fue de 3 días. El período de operación fue de aproximadamente 40 días. Se determinó la eficiencia de remoción del biofiltro, en base a los parámetros monitoreados diariamente en cada batch, los cuales fueron pH y DQO.

Resultados y discusión

Identificación de la Unidad de Producción Acuícola de Tilapia

El efluente utilizado, se recolectó de la Unidad de Producción Acuícola tipo experimental, ubicada en la Región Sotavento del Estado de Veracruz. Se eligió la Unidad de acuerdo con lo reportado en un censo acuícola del 2016, Sotavento es una de las regiones que tiene un mayor número de UPAs dedicadas al cultivo de Tilapia como se muestra en la Figura 2.

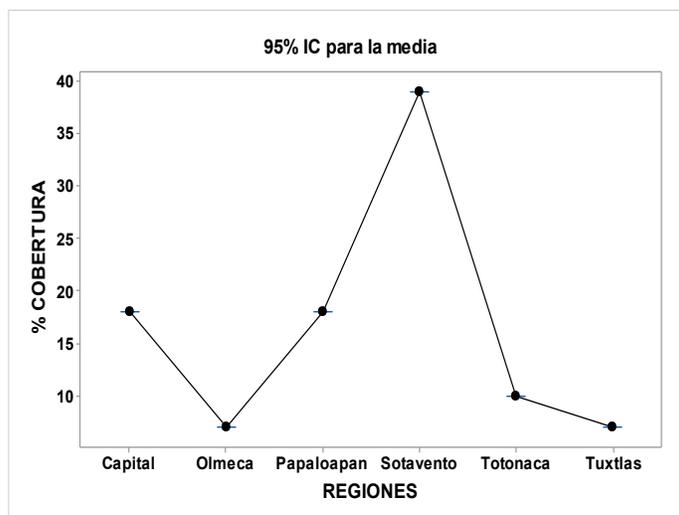


Figura 2. Porcentaje de cobertura de UPAs por Regiones.

Se eligió la Región Sotavento, ya que cuenta con un mayor porcentaje de UPAs, siendo significativa la producción de tilapia, además de la cercanía para el transporte de las muestras al Laboratorio de Investigación de Recursos Pesqueros del ITBOCA, donde se llevaron a cabo los análisis.

Caracterización del efluente de la UPA

Se determinaron los análisis del efluente de la UPA seleccionada, de acuerdo con las Normas Mexicanas y los métodos estandarizados (APHA, 1992). Una vez que se obtuvo la caracterización del efluente, se diseñó la metodología para que se pudieran remover los parámetros establecidos.

Parámetros del proceso de filtración biológica utilizando como medio de soporte concha de ostión

En la fase de arranque, el modo de operación fue en batch, durante 40 d, mostrándose la distribución de 12 ciclos. Esta operación propicia la interacción de las bacterias con el soporte y la generación de un cambio continuo en la relación sustrato/microorganismos (García, 2015).

pH

El crecimiento bacteriano puede ser definido como el aumento ordenado de todos los constituyentes químicos de la célula (Metcalf y Eddy, 1996). Las condiciones físicas y químicas del medio donde el microorganismo se encuentra afectan marcadamente sus actividades. La comprensión de cómo influye el ambiente sobre el crecimiento nos ayuda a explicar la distribución de los microorganismos en la naturaleza y hace posible diseñar

estrategias que favorezcan el crecimiento o que nos permita controlarlo. Cada microorganismo tiene un rango óptimo de pH definido, en cual puede crecer. Los microorganismos se pueden clasificar, según su pH, en el cual obtenga mayor rendimiento, se denominan de la siguiente forma: acidófilos, neutrófilos y alcalófilos, que crecen bien en pH ácidos (1.0), neutros (7.0) y alcalinos (10.0), respectivamente. El pH interno en la mayoría de los microorganismos está en el rango de 6.0 a 8.0. En la Figura 3 se muestra la evolución del pH en cada batch, el pH se mantuvo en un promedio de 8.1 a 8.7.

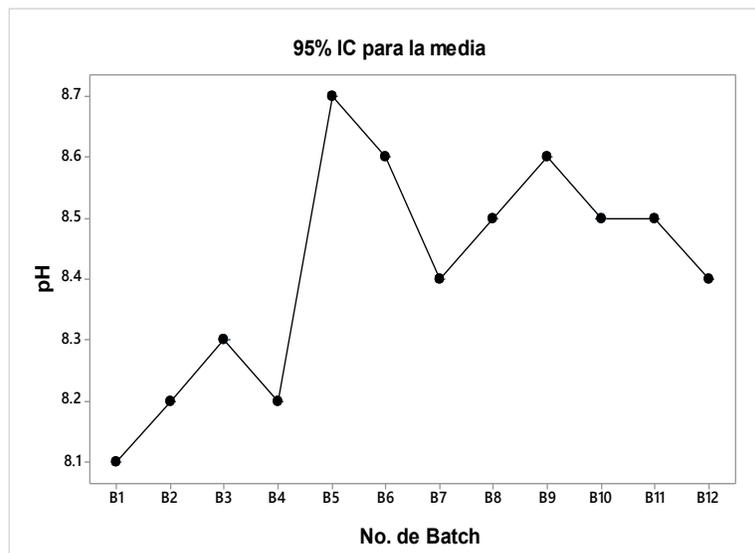


Figura 3. Evolución del pH.

En unos estudios de investigación realizados sobre sistemas de recirculación y tratamiento de efluentes acuícolas, menciona que los biofiltros han sido operados en un rango de pH desde 6 a 9 debido a la adaptación de las poblaciones bacterianas (Galli, 2007). Los cambios rápidos en el pH tienen efectos sobre el comportamiento de los filtros, puesto que las bacterias presentes se pueden llegar a estresar y requieren un tiempo para la adaptación a las nuevas condiciones ambientales. Por otra parte, también se ha evaluado la capacidad de remoción de compuestos nitrogenados y fosfatos, utilizando diferentes sustratos dentro de unos filtros biológicos en sistemas acuapónicos (Mendiola, 2015). En dicho estudio, se utilizaron 6 sistemas acuapónicos iguales e individuales, como material de soporte empleó bioesferas, taparrosas de poliducto y piedra de río o grava, dando como resultado seis combinaciones. Diariamente fueron determinados temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica. Para la evaluación de la eficiencia de los sustratos en los filtros biológicos se registraron la concentración de amonio, amoníaco, nitritos, nitratos y fosfatos del agua. El rango de pH se presentó entre 7.88 y 8.3. En el presente estudio se obtuvieron valores similares al de la investigación antes mencionada, ya que, en el análisis estadístico

descriptivo, los valores que se registraron fueron; un rango mínimo de 7.6, alcanzando un valor máximo de 8.7, con una media de 8.3 y una desviación estándar de 0.23, por lo que se considera que estos valores son propicios para el crecimiento bacteriano en un ambiente aerobio.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se estableció definir la duración de cada ciclo batch en función de la obtención de eficiencia de remoción de la DQO. En el Cuadro 1 se muestran los estadísticos descriptivos de la concentración DQO que se obtuvo durante los 12 batch, que duró la puesta del biofiltro.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de la concentración DQO (mg L^{-1}).

Variable	Media	Desv. Est.	Valor mínimo	Valor Máximo
Concentración DQO mg L^{-1}	380.4	343.6	23.3	1143.8

Se analizó estadísticamente la concentración de DQO, por medio de una prueba de ANOVA de medias repetidas. En la Figura 4 se muestra el comportamiento del biofiltro, en cuanto a la DQO, en cada batch y su porcentaje de remoción, observando así que a partir del Batch No. 9 se logró estabilizar el biofiltro manteniendo un porcentaje de remoción arriba del 90%.

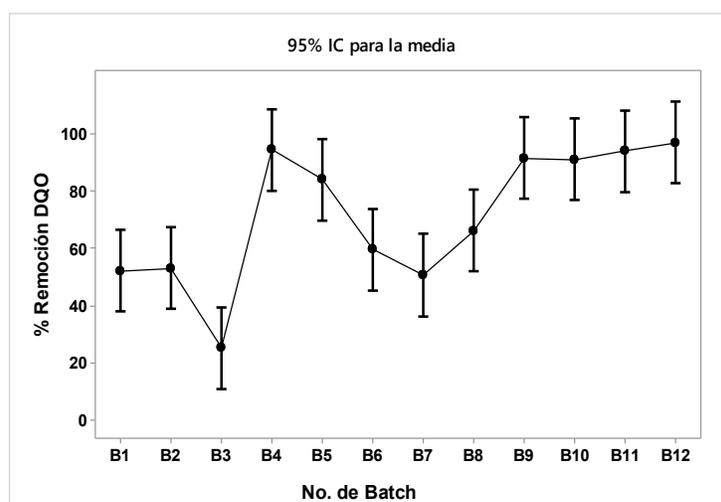


Figura 4. Porcentaje de remoción en cada batch.

En los batch 1 y 2 variaron las eficiencias de remoción alrededor del 60%, pero descendió en el tercer batch a hasta 39%, en el cuarto batch la remoción ascendió a 97%, pero a partir del quinto batch bajo la eficiencia a un 84%, en el octavo llegó a estar en 69%, sin embargo, a partir del noveno batch el porcentaje de remoción comenzó a subir hasta 95% y se mantuvo por arriba del 90%, alcanzando incluso un 98% en el último batch. Estos resultados indican

cierta variabilidad en la velocidad de remoción, pero alcanzando una estabilidad el filtro a partir del noveno batch. En un estudio (Chaux et al., 2013), en el cual se evaluó el comportamiento de un sistema de lagunas de una planta acuática flotante llamada *Azolla pinnata* para el tratamiento de efluentes de producción de tilapia y comparó una línea con la planta acuática y otra sin ningún tratamiento. Las eficiencias de remoción de DQO obtenidas de las líneas (*Azolla* Vs blanco) fueron respectivamente: 49% y 26% mostrando superioridad de *Azolla* sobre el blanco. Sin embargo, no alcanzaron un porcentaje de remoción como en el biofiltro del presente estudio que logró obtener valores a partir del noveno batch por arriba del 90%, manteniéndose estable y alcanzando hasta un 98% en el batch número 12.

En otro estudio (García-Pulido et al., 2011), se evaluaron la eficiencia de un tren de tratamiento formado por un filtro de malla, un biofiltro y un filtro de arena en un sistema de producción de trucha. La remoción de contaminantes en el tren de tratamiento fue de 71.43%, 33.44%, 66.51% y 88.33% para amonio, nitritos, DQOT y SST, respectivamente. En dicho estudio únicamente se pudo obtener una remoción de DQO alrededor del 66%, por lo que se puede apreciar que, con el filtro biológico de la presente investigación, donde se utilizó como medio de soporte concha de ostión se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de DQO.

Mientras que, utilizando carbón activado granular (CAG) en términos de su capacidad de adsorción y de origen vegetal, elaborado con cáscara de coco, con micro a mesoporos de (5-50 nm), se lograron remover los contaminantes de un efluente acuícola, mediante ensayos continuos en una columna empacada (Aragón-Monter et al., 2013). En estos ensayos se pudo eliminar alrededor de un 60% de la DQO del efluente acuícola. Sin embargo, dado que sólo se eliminó el 26% del N total Kjeldhal, se advirtió que es necesario implementar un proceso biológico para la remoción total de este contaminante.

Conclusiones

La unidad de Producción tipo experimental, se eligió de acuerdo con el análisis del censo de Unidades de Producción Acuícola. El mayor porcentaje de UPAs se encuentra en la Región Sotavento.

La operación del biofiltro fue en modo batch, duró 12 ciclos, duró aproximadamente 40 días. Se obtuvo una concentración DQO promedio de 380 mg L⁻¹ en el efluente. La remoción de la DQO se logró estabilizar a partir del noveno batch, logrando una reducción hasta del 90%, alcanzando incluso un 98% en el último batch. En otros estudios donde se han llevado a cabo tratamientos para la remoción de parámetros de efluentes acuícolas, los resultados que

se han encontrado están alrededor del 60% de eficiencia, sin embargo, en el presente estudio se logró una remoción por arriba del 90%.

La elección de una u otra técnica va a depender del tipo de efluente, del sistema de cultivo y de los recursos económicos con los que se cuentan.

El pH se mantuvo en un promedio de 8.1-8.7, fueron valores óptimos para el crecimiento de bacterias en un medio aerobio. En cuanto al pH en otras investigaciones están en rangos similares al presente estudio, los biofiltros pueden funcionar correctamente en rangos de 6 hasta 9. La operación en modo batch del filtro biológico, logró demostrar la eficiencia y la remoción de los parámetros monitoreados; por lo tanto, la concha de ostión utilizada como medio de soporte, es una alternativa sustentable para el manejo de biofiltros.

Literatura citada

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid, España.

Aragón-Monter, R., Ramírez-Godínez, J., Coronel-Olivares, C., Lucho-Constantino, C., Vázquez-Rodríguez, G. 2013. Uso de Carbón Activado Granular (CAG) en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas. Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias y Tecnologías. Hidalgo, México.

Chaux, F. G., Caicedo B., Fernández M. 2013. Tratamiento de efluentes piscícolas (Tilapia Roja) en lagunas con *Azolla pinnata*. Santiago de Cali. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(2):46-56.

FAO. 2004. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO. Rome, Italy. 153 p.

FAO. 2013. Visión general del sector acuícola nacional - México. Texto de Montero Rodríguez, M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Roma. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico/es.

Galli, M.O. 2007. Sistemas de Recirculación y Tratamiento de Agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. SAGPyA. Santa Ana-Corrientes, Argentina.1-35 p.

García-Pulido, D., Gallego-Alarcón, I., Díaz-Delgado C., Burrola-Aguilar, C. 2011. Evaluación de un sistema de recirculación y acondicionamiento de agua en truticultura Universidad Autónoma del Estado de México. Tecnología y Ciencias del Agua 2(2):83-96.

García, R.G. 2015. Estudio de la influencia de la relación C/N en la desnitrificación y metalogénesis de aguas residuales en un reactor anaeróbico de lecho fluidizado inverso. Tesis de doctorado. E.T.S. de Ingenieros de caminos, canales y puertos-Instituto Tecnológico de Minatitlán. México. 29-48 p.

Metcalf y Eddy, Inc. 1996. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen I. Tercera Edición. Editorial McGraw Hill. México.

Palomarez-García, J.M. 2010. Valoración de la calidad de los influentes y efluentes de las granjas acuícolas de la cuenca baja del río Jamapa, Veracruz. Tesis de doctorado. Disponible en la base de datos Colpos digital Palomarez_Garcia_JM_DC_Agroecosistemas_Tropicales_2010.pdf.

UICN, Unión Mundial para la Naturaleza. 2007. Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. Interacciones entre la Acuicultura y el Medio Ambiente. Gland, Suiza y Málaga, España. 122 p.

CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL ACEITE DE SEMILLAS DE *Moringa oleifera* Y SU POTENCIAL PARA PRODUCIR BODIESEL

Mauricio Reyes Díaz⁴⁸⁵, Irving David Pérez Landa^{485*}, Arturo Pérez Vázquez⁴⁸⁶, Ofelia Andrea Valdés Rodríguez⁴⁸⁷, Itzel Galaviz Villa⁴⁸⁵ y Fredy Morales Trejo⁴⁸⁶

Resumen

El biodiesel se define como un biocombustible formado de ésteres metílicos de ácidos grasos derivados de aceites vegetales, grasas de animales o aceites residuales. Se obtiene mediante la transesterificación de los aceites y su calidad depende de la materia prima empleada para su elaboración y de su proceso de obtención. El objetivo de este estudio fue caracterizar fisicoquímicamente el aceite extraído de semillas de *Moringa oleifera* Lam cultivadas en la región central del estado de Veracruz y determinar su potencial como materia prima en la elaboración de biodiesel. Las semillas de moringa se obtuvieron de una plantación en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. La extracción del aceite de las semillas se realizó mediante el método Soxhlet y la determinación de propiedades fisicoquímicas en el aceite se realizó con base en los métodos estándar para el análisis de aceites, grasas y derivados de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada. Se encontró un rendimiento de aceite de 36.54% (± 0.04), densidad relativa de 0.9088 (± 0.001), índice de refracción de 1.4603 (± 0.002) a 40°C, viscosidad cinemática de 43.899 (± 0.636) mm² s⁻¹ a 40°C, índice de acidez de 11.33 (± 0.15) mg KOH g⁻¹ aceite, índice de acidez expresado en porcentaje de ácido oleico de 5.69 (± 0.077) mEq g⁻¹ aceite, índice de peróxidos de 0.359 (± 0.035) mEq kg⁻¹ aceite, índice de saponificación de 184.433 (± 1.043) mg KOH g⁻¹ aceite e índice de yodo de 68.76 (± 0.04) g I 100 g⁻¹ aceite. Los resultados muestran que el porcentaje de aceite es mayor al reportado para semillas de Egipto (28.62) y menor a las de Pakistán (40.39) y de la India (38.3). Se concluye, por las características

⁴⁸⁵ Instituto Tecnológico de Boca del Río, km 12 carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290, irvingperez@itboca.edu.mx.

⁴⁸⁶ ^{3,6}Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, km. 88.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas, Tepetates, Veracruz. C.P. 91700.

⁴⁸⁷ ⁴El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto 26, Zona centro, Xalapa Enríquez, Ver. C. P. 91000

fisicoquímicas del aceite extraído de las semillas de *Moringa oleifera*, que puede considerarse una materia prima con fuerte potencial para la producción de biodiesel.

Palabras clave: extracción de aceite, propiedades fisicoquímicas, ácidos grasos libres, biocombustible.

Introducción

Debido a la inestabilidad de los suministros de petróleo, al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero producto de la quema de combustibles fósiles, y a las continuas fluctuaciones de sus precios; existe la necesidad de emplear biocombustibles como fuentes de energía alternativas. El biodiesel es un biocombustible que se forma de ésteres metílicos de ácidos grasos derivados de aceites vegetales, grasas animales o aceites residuales (Knothe et al., 2005). Es un compuesto biodegradable, renovable, no tóxico y cuya combustión genera menores emisiones de gases de efecto invernadero (Mofijur et al., 2014). La calidad y eficiencia del biocombustible depende principalmente del proceso de obtención y de las propiedades del aceite utilizado como materia prima. Características químicas tales como una baja concentración de ácidos grasos libres y un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, son necesarias para obtener biodiesel que cumpla con las normas internacionales de calidad (Fangrui y Milford, 1999).

Actualmente, la mayor producción de biodiesel proviene de oleaginosas como la palma de aceite, soya, colza, girasol, piñón mexicano e higuera (Zamarripa et al., 2012). Aunque existen otras especies con alto potencial de aprovechamiento. Una de las especies que ha cobrado relevancia mundial es *Moringa oleifera* Lam, debido a sus cualidades nutricionales y semillas con alto contenido de aceite (40%). *Moringa oleifera* pertenece a la familia Moringaceae, es una especie originaria de la India que se ha introducido en muchos lugares del mundo como planta ornamental o como cerco vivo, el árbol brinda productos valiosos que muchas comunidades han aprovechado para sustento alimenticio. Los productos aprovechables de esta especie son: hojas, flores, raíces, madera y semillas para la floculación de aguas residuales (Folkard y Sutherland, 1996).

Las investigaciones sobre esta especie se han enfocado, principalmente, en áreas de las ciencias agrícolas y biológicas, farmacología, toxicología y medicina. En México, los temas más abordados son su manejo agronómico, productividad, fertilización y asociación con otros cultivos (Ruiz Hernández, 2016). Sin embargo, las investigaciones de cultivos oleaginosos para la producción de biodiesel en México no reportan el uso de esta especie. Por tanto, el objetivo de este estudio fue caracterizar fisicoquímicamente el aceite extraído de semillas de

Moringa oleifera Lam cultivadas en la región central del estado de Veracruz y determinar su potencial como materia prima en la elaboración de biodiesel.

Materiales y Métodos

Materiales y ubicación del área de estudio

Las semillas de Moringa oleifera se recolectaron en los meses de junio a septiembre de 2016 de una plantación ubicada en el Colegio de Postgraduados (Colpos) Campus Veracruz, ubicado en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, cuyas coordenadas son: 19°12'07"N, 96°20'22"W y una altitud de 32 msnm. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Agua y Suelo (LAAS) y Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAA), en el Colegio de Postgraduados (Colpos) Campus Veracruz y en el Laboratorio de Investigación de Recursos Acuáticos (LIRA), ubicado en el Instituto Tecnológico de Boca del Río.

Extracción y desgomado del aceite

Las semillas de moringa se secaron en un horno de convección forzada a una temperatura de 40 (\pm 1) °C durante 4 h, posteriormente se les retiró la testa y se molieron en un mortero de porcelana. Para el proceso de extracción de aceites por el método Soxhlet se usaron 20 g de semilla por lote y 125 mL de n-hexano como solvente durante 7 h. Una vez terminado el proceso de extracción, el solvente fue recuperado mediante un rotoevaporador YAMATO RE200 y se procedió a desgomar el aceite y almacenarlo a 4.0 (\pm 1.0) °C para análisis posteriores.

Propiedades fisicoquímicas en el aceite

Las determinaciones de densidad relativa, índice de refracción, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación e índice de yodo en el aceite extraído se realizaron con base en los métodos estándar para el análisis de aceites, grasas y derivados de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, 1990). Todas las muestras se hicieron por duplicado.

Resultados y discusión

Se encontró un porcentaje de aceite de 36.54% (\pm 0.04), densidad relativa 0.9088 (\pm 0.001), índice de refracción 1.4603 (\pm 0.002) a 40 °C, viscosidad cinemática 43.899 (\pm 0.636) mm² s⁻¹ a 40 °C, índice de acidez 11.33 (\pm 0.15) mg KOH g⁻¹ aceite, índice de acidez expresado en

porcentaje de ácido oleico de $5.69 (\pm 0.077)$ mEq g^{-1} aceite, índice de peróxidos $0.359 (\pm 0.035)$ mEq kg^{-1} aceite, índice de saponificación $184.433 (\pm 1.043)$ mg KOH g^{-1} aceite e índice de yodo $68.76 (\pm 0.04)$ g I $100g^{-1}$ aceite.

En el Cuadro 1 se comparan los resultados obtenidos en este estudio con los obtenidos por otros autores.

Cuadro 1. Comparación de resultados obtenidos con otros autores.

Autor	Este estudio	Anwar y Bhangar, 2003	Anwar y Rashid, 2007	Barakat y Ghazal, 2016
Lugar	Veracruz, México	Sindh, Pakistán	Periyakulam, India	Monofya, Egipto
Porcentaje de aceite extraído	$36.54 (\pm 0.04)$	40.39	38.3	28.62
Densidad a $24^{\circ}C$ ($g mL^{-1}$)	$0.9088 (\pm 0.001)$	0.9057	0.909	0.8983
Índice de refracción a $40^{\circ}C$	$1.4603 (\pm 0.002)$	1.4608	1.457	1.4607
Viscosidad cinemática (mm^2/s) a $40^{\circ}C$	$43.899 (\pm 0.636)$	NR	NR	NR
Índice de acidez (mgKOH/g aceite)	$11.33 (\pm 0.15)$	0.80	2.23	0.37
Índice de acidez (% de ácido oleico)	$5.69 (\pm 0.077)$	0.4	1.12	0.19
Índice de peróxidos (mEq/kg)	$0.359 (\pm 0.035)$	0.59	1.83	2.47
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	$184.433 (\pm 1.043)$	186.67	188.36	178.33
Índice de Yodo (g I/ 100g de aceite)	$68.76 (\pm 0.04)$	69.45	65.58	65.17

NR.- No reportado.

Al comparar los resultados obtenidos con los reportados en la literatura para esta misma especie, se encuentra que el porcentaje de aceite es mayor al reportado para semillas de Egipto (28.62) y menor a las de Pakistán (40.39) y de la India (38.3). Otra propiedad fisicoquímica con un resultado distinto es el índice de acidez, el cual en regiones como Egipto y la India es menor al 1.12% (Barakat y Ghazal, 2016; Anwar y Rashid, 2007). El índice de acidez obtenido en el presente trabajo es mucho mayor al reportado por otros autores. El bajo índice de peróxidos, indica una buena estabilidad a la oxidación, lo que permite mayor tiempo de almacenamiento. El índice de yodo bajo se traduce en un mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados, los cuales permiten la obtención de mejor calidad de combustión del biodiesel (Fangrui y Milford, 1999). En el caso de la densidad relativa, índice de refracción e índice de saponificación los valores son similares a lo reportado por los otros autores.

En el Cuadro 2 se comparan los resultados obtenidos con los reportados para especies empleadas en la producción de biodiesel. El contenido de aceite en las semillas de moringa es mayor con respecto a la soya, presenta mayor viscosidad e índice de acidez en comparación con las otras materias primas y propiedades como densidad, índice de saponificación e índice de yodo tienen un valor intermedio.

Cuadro 2. Comparación de resultados obtenidos con oleaginosas empleadas para la producción de biodiesel.

Materia prima	Aceite, %	Densidad	Viscosidad	Índice de acidez	Índice de saponificación	Índice de yodo
Soya	18-20	0.914	33.1	1.5	190-194	121-143
Colza	40-44	0.912	37.3	NR	NR	96-117
Girasol	45-55	0.916	34.4	NR	NR	127-142
Palma	44-57	0.918	39.6	4.95	196-206	53-57
Piñón	20-60	0.898	30.92	3.19	250	96-101
Higuerilla	26-66	NR	29.7	1.77	117-187	85
Moringa	36.54	0.9088	43.899	11.33	184.433	68.76

Adaptado de Zamarripa et al., 2012. NR.- No reportado.

Conclusión

El índice de acidez obtenido en este trabajo es mayor al recomendado para la obtención de biodiesel mediante transesterificación alcalina, el cual es de 3% (Van Gerpen, 2005). No obstante, se puede realizar una transesterificación ácida seguida de una alcalina para obtener un mayor rendimiento de biodiesel. Propiedades fisicoquímicas, tales como alto contenido de aceite (36.54%), bajo índice de peróxidos (0.359) y bajo índice de yodo (68.76), en el aceite extraído de las semillas de Moringa oleifera, le permiten ser considerado como materia prima con alto potencial para la producción de biodiesel. Se requiere evaluar otros materiales de moringa, cultivadas en diferentes condiciones agroecológicas para determinar si existe variación o no.

Literatura citada

Anwar, F. and Bhangar, M. I., 2003. Analytical Characterization of Moringa Oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *Agricultural and Food Chemistry* 51:6558-6563.

Anwar, F. and Rashid, U. 2007. Physico-chemical characteristics of Moringa oleifera seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Par J. Bot* 39(5):1443-1453.

Barakat, H. and Ghazal, G. A. 2016. Physicochemical properties of Moringa Oleifera seeds and the edible oil cultivated at different regions in Egypt. *Scientific Research Publishing* 7:472-484.

Fangrui, M. A. and Milford, A. H. 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology* 70:1-15.

Folkard, G. and Sutherland, J. 1996. Moringa oleifera un árbol con enormes potenciales. *Agroforestry Today* 8(3):5-8.

Knothe, G., Krah, J. y Van, G. 2005. *The Biodiesel Handbook*. USA: AOCS Press, 44(2):193-200.

Mofijur, M., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Atabani, A.E., Arbab, M.I., Cheng, S.F., Gouk, S.W. 2014. Properties and use of Moringa oleifera biodiesel and diesel fuel blends in a multi-cylinder diesel engine. *Energy Conversion and Management* 82(1):169-176.

Ruiz-Hernández, R. 2016. Crecimiento y producción de biomasa de Moringa oleifera Lam. bajo diferentes condiciones de manejo en la zona central de Veracruz, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.

Van Gerpen, J., 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, 86(1):1097-1107.

Zamarripa-Colmenero, A., Solís-Bonilla, J. L. y Esquivelzeta-Rabell, M., 2012. Situación actual de los biocombustibles en México, Cuernavaca, Morelos: inifap, 6-7 p.

CEPAS DE *Pseudomonas*, AISLADAS DE CULTIVOS CONTAMINADOS CON AGUAS RESIDUALES, PROMUEVEN EL CRECIMIENTO DE JITOMATE

Rosalba Esquivel-Cote^{488*}, Mario Alberto Hernández-Bautista⁴⁸⁸, Guadalupe Tsuzuki-Reyes⁴⁸⁸ y Rosa María Ramírez-Gama⁴⁸⁸

Resumen

Las bacterias del género *Pseudomonas* son una de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) más empleadas en la biotecnología de los biofertilizantes, los cuales se usan en el cultivo de plantas de interés económico como el jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). Este género de RPCV se ha aislado de diferentes tipos de suelo, pero no de lugares contaminados con aguas residuales. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de cepas de *Pseudomonas*, aisladas de la rizosfera de cultivos contaminados con aguas residuales del Valle del Mezquital, Hidalgo, en el crecimiento y nutrición (N y P) de plantas de jitomate. Se emplearon cinco cepas que se caracterizaron para producir compuestos indólicos, solubilizar fósforo inorgánico y sintetizar la enzima ACC desaminasa. Se identificaron bioquímicamente (Sistema Api) y se realizaron pruebas de germinación, promoción del desarrollo y contenido de nitrógeno y fósforo total (NT, PT). Los resultados revelaron que todas las cepas produjeron compuestos indólicos (6.96 – 166.20 $\mu\text{g mL}^{-1}$), solubilizaron fósforo inorgánico (I.S. entre 2.08 y 2.23) y sintetizaron la enzima ACC desaminasa (0.589 – 1.214 $\mu\text{mol } \alpha\text{-CB mg}^{-1}$ de proteína h^{-1}) en diferente orden. Las cepas se identificaron como *Pseudomonas fluorescens* (99%, Api). La germinación no fue estimulada por la inoculación a los 7 días después de la siembra (dds). Las cepas PMs2 y PMs3 promovieron significativamente el crecimiento vegetal de las plantas de jitomate var. Lucas (altura, peso fresco de parte aérea; longitud, peso fresco en raíz) a los 35 y 70 dds. Las plantas inoculadas con las cepas PMs2 y PAs1 incrementaron significativamente el contenido de NT (167.50 mg) y PT (7.484 mg) respectivamente, respecto a las plantas no inoculadas. En conclusión, las cepas PAs1, PMs2 y PMs3 de *Pseudomonas fluorescens*, aisladas de suelos contaminados con aguas residuales, son capaces de producir compuestos indólicos, solubilizar fósforo inorgánico y de sintetizar la enzima ACC desaminasa, promueven el crecimiento vegetal y la nutrición del jitomate; y son cepas potencialmente viables para la elaboración de inoculantes agrícolas.

⁴⁸⁸ Facultad de Química, Departamento de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. rosesquivel_cote@hotmail.com

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, ACC desaminasa, auxinas, solubilización de fósforo

Introducción

La utilización de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) constituye una alternativa sustentable para mejorar las condiciones de la producción de cultivos de importancia económica como el jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). El jitomate es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo, con un alto valor económico. En México, el año pasado se obtuvo una producción de 1,142,722 toneladas y un rendimiento de 50.003 t ha⁻¹ lo que generó 1,814 millones de dólares, por arriba de la producción registrada en Holanda (1,658 millones de dólares), considerado el primer país exportador de jitomate en el mundo (Panorama Agroalimentario, 2016; OPPORTIMES, 2016). El cultivo de jitomate y otras hortalizas demandan dosis altas de agroquímicos, como ocurre con los fertilizantes, los que provocan la contaminación del agua y del suelo por nitratos y fosfatos, y la degradación y salinización del suelo. En este sentido el uso de biofertilizantes o inoculantes ha representado una biotecnología sustentable, viable y efectiva en diversos cultivos agrícolas en México (FAO, 2002). Los inoculantes son bioformulaciones a base de microorganismos promotores del crecimiento vegetal que pueden sustituir parcial o completamente la fertilización química, y de pesticidas, así como incrementar la producción y salud de los cultivos, como ocurre con las RPCV, por ejemplo, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcous*, *Pseudomonas* y la familia de los Rizobiales (Gupta, 2015). Las RPCV son capaces de promover el crecimiento vegetal, mediante mecanismos como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo, la síntesis de enzimas y la producción de fitohormonas (Glick, 1995). Se ha reportado que algunas cepas de RPCV de *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas putida* empleadas como inoculantes promueven el desarrollo vegetal e incrementan el rendimiento de plantas como maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), chícharo (*Pisum sativum* L.) y jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Arshad et al., 2008; Gravel et al., 2007; Shaharoon et al., 2006, 2007). Varias bacterias del género *Pseudomonas* han sido aisladas de suelos sanos y fértiles como de suelos contaminados con hidrocarburos (Das y Mukherjee, 2007) y metales pesados (Belimov et al., 2005); sin embargo, no se ha reportado su aislamiento de suelos contaminados con aguas residuales ni su capacidad para promover el crecimiento vegetal. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de cepas de *Pseudomonas*, aisladas de la rizosfera de cultivos contaminados con aguas residuales del Valle del Mezquital, Hidalgo, en el crecimiento y nutrición (N y P) de plantas de jitomate.

Materiales y métodos

Cepas

Se emplearon cinco cepas previamente aisladas en medio King B (KB) y agar Cetrimide a partir de la rizosfera de cultivos presentes en suelos contaminados con aguas residuales en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México (Esquivel-Cote et al., 2001): PAs1, PMs1, PMs2, PMs3 y PZm2.

Caracterización fisiológica de las cepas

a) Producción de compuestos indólicos (auxinas): se realizó empleando el reactivo de Salkowski, de acuerdo con la técnica descrita por Sarwar y Kremer (1995). b) Determinación del índice de solubilización: se calculó mediante el índice de solubilización (I.S.) descrito por Premono et al. (1996), empleando el medio de cultivo agar glucosa adicionado con fósforo inorgánico precipitado ($K_2HPO_4:CaCl_2$ 2:1) (Ramos Callao, 1967); c) Determinación de la actividad de la enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) desaminasa: las cepas se propagaron en el medio de cultivo mineral DF adicionado con ACC (Calbiochem-Novobiochem Corp., La Jolla, CA, USA) como única fuente de N. La actividad enzimática se realizó de acuerdo con la técnica descrita y modificada por Penrose y Glick (2003).

Identificación bioquímica de las cepas

La identificación realizó de acuerdo con los criterios descritos en Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (Holt et al., 1994): morfología celular, reacción al Gram, movilidad, oxidación-fermentación (O/F) de la glucosa, reacción de la oxidasa, producción de pigmentos fluorescentes bajo luz ultravioleta (365 nm) en medio de cultivo agar KB y agar Cetrimida después de 48 h de incubación a 28°C. Posteriormente, se utilizó el Sistema Api 20 NE (BioMerieux^{MR}). Los resultados fueron analizados mediante el software Apilab Plus V.3.3.3.

Inoculación, siembra y bioensayo de germinación de semillas de jitomate

Las cepas se propagaron en medio de cultivo KB ajustado a una densidad óptica de 0.025₅₆₀ (1×10^6 ufc mL⁻¹). Se empleó semilla certificada de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) var. Lucas, tipo saladette de crecimiento indeterminado (California Hybrids^{MR}). Las semillas desinfectadas (etanol, 95% e hipoclorito) y enjuagadas con agua destilada estéril, se sumergieron en el inóculo bacteriano correspondiente o en medio de cultivo KB líquido (testigo) por una hora a temperatura ambiente. Para la determinación del porcentaje de germinación, se colocaron 10 semillas, de cada tratamiento, en cajas Petri con papel filtro humedecido con agua destilada estéril, incubadas por 7 d a 28°C.

Bioensayo de promoción del crecimiento y nutrición de plantas de jitomate

Se colocaron dos plántulas de tamaño homogéneo, pregerminadas (7 d después de la siembra, dds), en macetas (12 L) con agrolita estéril, las cuales se colocaron en un invernadero a 30/18 °C (día/noche), con luz natural, y 70% de humedad relativa. Las plántulas se regaron 10 dds con solución nutritiva (SN): 0.64 g KNO₃, 0.73 g Ca(NO₃)₂, 0.13 g (NH₄)₂HPO₄, 0.53 g MgSO₄·7H₂O, 0.20 g FeSO₄·7H₂O L⁻¹ agua destilada, pH 6.7±0.2. A los 35 y 70 dds se evaluó la altura, peso fresco de la parte aérea; longitud y peso fresco en raíz y. Además, a los 70 dds se determinó NT (Mitchell, 1972) y PT (Jackson, 1982) en parte aérea.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue unifactorial completamente aleatorizado con 6 tratamientos y cinco repeticiones cada uno. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Duncan, con un nivel de significancia de 0.05.

Resultados y discusión

Caracterización fisiológica de las cepas

Las cepas empleadas en este estudio mostraron varios mecanismos de acción considerados como promotores del crecimiento vegetal (Cuadro 1). Todas las cepas evaluadas produjeron indoles a partir de L-triptofano en diferente concentración. La cepa PMS2 (166.20 µg mL⁻¹) y PZm2 (101.55 µg mL⁻¹) presentaron los valores más altos. Las auxinas son compuestos indólicos bioactivos que se caracterizan, principalmente, por regular la elongación celular de las plantas y promover la formación de raíces adventicias (Taiz y Zeiger, 2002), por lo que se consideran un mecanismo esencial para promover el crecimiento vegetal. Una ventaja de los microorganismos benéficos es la asimilación de fósforo para sus propios requerimientos, y a su vez la liberación de fósforo soluble al suelo para ser aprovechado por las plantas (Gupta et al., 2015). En este estudio, todas las cepas, a excepción de la PMS1, fueron capaces de solubilizar fósforo inorgánico, registrando un I.S. de 2.0 a 2.25. Estos resultados coinciden con los reportados por Yasmin y Bano (2011), quienes aislaron bacterias altamente solubilizadoras de fósforo con un I.S entre 2.08 y 2.23. En este estudio, la actividad enzimática de la ACC desaminasa que expresaron las cepas evaluadas (0.589 – 1.214 µmol α-CB mg⁻¹ de proteína h⁻¹) fue similar a la reportada para *Pseudomonas* y otros géneros bacterianos aislados de suelos contaminados (Belimov et al., 2001; Madhaiyan et al., 2006; Rodríguez et al., 2007; Saravanakumar y Samiyappan, 2008).

Cuadro 1 Caracterización fisiológica de cepas de *Pseudomonas fluorescens* aisladas de cultivos contaminados con aguas residuales.

Cepa	Compuestos indólicos ($\mu\text{g mL}^{-1}$ medio de cultivo)	Solubilización de fósforo (I.S.) [†]	Actividad de la enzima ACC ^{††} desaminasa ($\mu\text{mol de } \alpha\text{-CB mg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)
PAs1	37.35	2.20	1.079
PMs1	6.96	1.00	0.118
PMs2	166.20	2.00	0.589
PMs3	13.07	2.20	0.758
PZm2	101.55	2.25	1.214

†I.S.=Índice de solubilización ((diámetro de la colonia + diámetro de la zona del halo)/diámetro de la colonia).

††ACC=ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico; CB=ceto-butirato.

Identificación bioquímica de las cepas

Todas las cepas presentaron morfología bacilar, Gram negativo, móviles, aerobias, glucosa positiva, oxidasa positiva y tres de ellas mostraron la presencia de pigmentos fluorescentes en medio de cultivo agar KB. El Sistema Api 20NE indicó que las cepas empleadas en este trabajo pertenecían al género y especie *Pseudomonas fluorescens*, con un 99% de certeza.

Efecto de la inoculación con cepas de *Pseudomonas fluorescens* en la germinación y en la promoción del crecimiento en plantas de jitomate

Los resultados obtenidos en la prueba del porcentaje de germinación demostraron que, las cepas evaluadas e identificadas como *P. fluorescens*, no promueven la germinación de semillas de jitomate a los 7 dds (datos no mostrados). Una bacteria es considerada RPCV cuando favorece el crecimiento de las plantas gracias a que promueven la nutrición vegetal o que actúan como agentes de biocontrol (Glick, 1995). A este respecto, en este estudio se observó que las plantas de jitomate inoculadas con las cepas de *P. fluorescens* favorecieron el crecimiento vegetal respecto a las plantas testigo (no inoculadas); no obstante, el efecto fue diferente dependiendo de la etapa de crecimiento (Cuadro 2). A los 35 dds, la cepa PMs3 incrementó significativamente el crecimiento respecto al testigo: altura 130%, peso fresco 257%, longitud de la raíz 66.67% y peso fresco de la raíz 222.22%. Es importante mencionar que el efecto en el crecimiento vegetal, entre las plantas inoculadas y no inoculadas, fue más evidente a los 70 dds, donde las plantas no inoculadas mostraron un crecimiento significativamente deficiente respecto a aquellas inoculadas con las diferentes cepas de *P. fluorescens*, por lo que el análisis a los 70 dds no se realizó con base en los resultados del tratamiento testigo, sino en los obtenidos con el tratamiento PZm2, el cual promovió el menor efecto en la promoción del crecimiento.

Cuadro 2. Efecto de cepas de *Pseudomonas fluorescens*, aisladas de cultivos contaminados con aguas residuales, en el crecimiento de plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) var. Lucas, a diferentes días del cultivo.

Cepa	35 días después de la siembra				70 días después de la siembra			
	Altura de parte aérea (cm)	Peso fresco de parte aérea (g)	Longitud de raíz (cm)	Peso fresco de raíz (g)	Altura de parte aérea (cm)	Peso fresco de parte aérea (g)	Longitud de raíz (cm)	Peso fresco de raíz (g)
PA _s 1	4.7 ^b	0.1080 ^{ab}	14.20 ^b	0.0940 ^b	25.80 ^c	24.5720 ^c	20.80 ^c	20.8380 ^b
PM _s 1	3.33 ^c	0.0733 ^b	14.33 ^b	0.0567 ^c	34.66 ^b	31.9967 ^b	26.00 ^c	20.6267 ^b
PM _s 2	4.75 ^b	0.1725 ^a	9.25 ^c	0.0275 ^d	56.75 ^a	71.4650 ^a	43.12 ^a	47.2750 ^a
PM _s 3	5.75 ^a	0.1700 ^a	16.25 ^a	0.2175 ^a	27.62 ^c	23.6875 ^c	30.50 ^b	17.5500 ^c
PZ _m 2	2.25 ^d	0.0375 ^d	8.75 ^c	0.0425 ^{cd}	17.75 ^d	13.2150 ^d	20.12 ^c	13.7700 ^c
Testigo	2.50 ^d	0.0475 ^c	9.75 ^c	0.0675 ^c	7.12 ^e	3.9550 ^e	5.75 ^d	0.6225 ^d

Los valores que comparten letra no son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

A los 70 dds, la cepa PM_s2 incrementó todas las variables de crecimiento: altura 219.71%, el peso fresco 440.78%, longitud de la raíz 114.31% y peso fresco de la raíz 243.32%. Resulta interesante que las cepas PM_s2 y PZ_m2 reportaron los valores más altos en la producción de compuestos indólicos (166.20 y $101.55 \mu\text{g mL}^{-1}$); por lo que podemos mencionar que este mecanismo de acción no está involucrado en el efecto de las cepas en la promoción del crecimiento vegetal de las plantas de jitomate. En este sentido, se ha documentado que la producción de otras fitohormonas, como las citocininas, o la interacción auxinas-citocininas están relacionados con la división celular vegetal (Taiz y Zeiger, 2002). En este sentido, se recomienda la determinación de otros mecanismos de acción en las cepas de *Pseudomonas fluorescens*.

Efecto de la inoculación con cepas de *Pseudomonas fluorescens* en la nutrición (N y P) de plantas de jitomate

El N y el P son nutrientes esenciales en la nutrición vegetal (Taiz y Zeiger, 2002). Las plantas inoculadas con la cepa PM_s2 presentaron la concentración más alta de nitrógeno total en tejido vegetal (167.50 mg) (Figura 1), más del doble respecto a las plantas inoculadas con las cepas PA_s1 (57.74 mg), PM_s1 (79.89 mg), PM_s3 (58.88 mg) y PZ_m2 (39.97 mg). En cuanto a la cantidad de fósforo total, las plantas inoculadas con la cepa PA_s1 mostraron la concentración más alta (7.484 mg), seguida de aquellas inoculadas con las cepas PM_s2, PM_s3 y PM_s1 (6.528 , 6.273 y 4.385 mg , respectivamente).

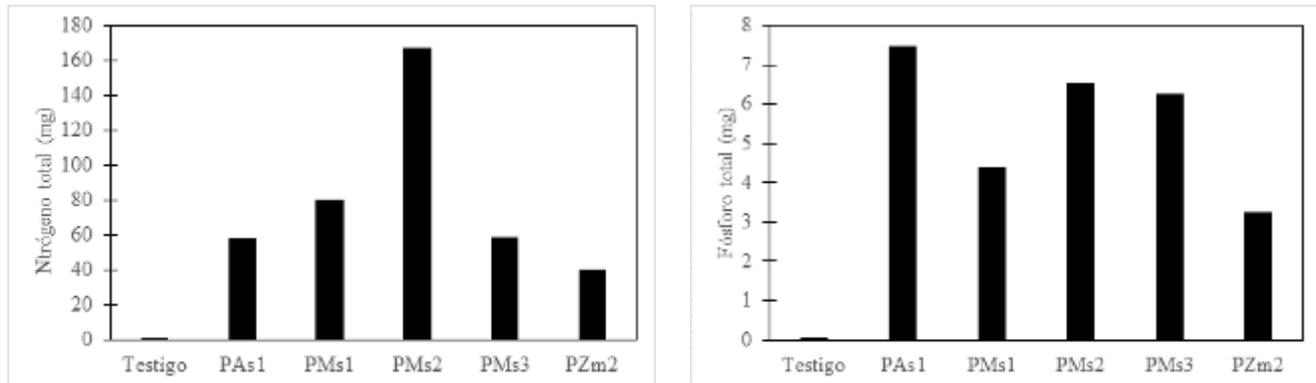


Figura 1. Contenido de nitrógeno total y fósforo total en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) var. Lucas inoculadas con cepas de *Pseudomonas fluorescens* a los 70 dds.

De acuerdo con los resultados, se observa una tendencia que puede relacionarse con la longitud y peso fresco de raíz, ya que a mayor volumen de raíces se favorece una mayor capacidad en la absorción de agua, lo cual a su vez se refleja en una mayor concentración de minerales en la planta.

Conclusiones

Las cepas PAs1, PMs2 y PMs3 de *Pseudomonas fluorescens*, aisladas de suelos contaminados con aguas residuales, son capaces de producir compuestos indólicos, solubilizar fósforo inorgánico y de sintetizar la enzima ACC desaminasa, promueven el crecimiento vegetal y la nutrición del jitomate; y son cepas potencialmente viables para la elaboración de inoculantes agrícolas.

Agradecimientos

Al CONACyT (27972-B). Al Dr. Ronald Ferrera-Cerrato y Dr. Alejandro Alarcón del Colegio de Postgraduados, Montecillo por su apoyo en la determinación de la solubilización de fósforo y la enzima ACC desaminasa.

Literatura citada

Arshad, M., B. Shaharoon y T. Mahmood. 2008. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea (*Pisum sativum* L.). *Pedosphere* 18:611-620.

Belimov, A.A., N. Hontzeas, V.I. Safronova, S.V. Demchinskaya, G. Piluzza, S. Bullitta et al. 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern). *Soil Biol. Biochem.* 37:241-250.

Belimov, A. A., V. I. Safronova, T. A. Sergeyeva, T. N. Egorova, V. A. Matveyeva, V. E. Tsyganov, et al. 2001. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. *Can. J. Microbiol.* 47:642-652.

Das, K. y A. K. Mukherjee, 2007. Crude petroleum-oil biodegradation efficiency of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from a petroleum-oil contaminated soil from North-East India. *Bioresource Tech.* 98:1339-1345.

Edi-Premono M., A. M. Moawad y P. L. G. Vlek. 1996. Effect of phosphate solubilizing *Pseudomonas putida* on the growth of maize and its survival in the rhizosphere. *Indones. J. Crop Sci.* 1113-1123.

Esquivel-Cote, R., M. G. Tsuzuki-Reyes y R. M. Ramírez-Gama. 2001. Cuantificación, aislamiento y selección de rizobacterias promotoras del desarrollo vegetal (PGPR) en cultivos regados con aguas residuales. *Avances en Investigación. Edafología. UAEH. Pub. Especial 4.* 45-55.

FAO, 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm> [consultado el 10 julio de 2017].

Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-117.

Gravel, V., H. Antoun y R. J. Rissell. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biol. Biochem.* 39:1968-1977.

Gupta, G., S. S. Parihar, N. K. Ahirwar, S. K. Sneh y V. Singh. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. *J. Microb. Biochem. Technol.* 7:96-102.

Holt, J. G., N. R. Krieg, P. H. A. Sneath, J. T. Stanley y S. T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9a ed. William & William. 754 pp.

Jackson, M. L. 1982. *Análisis químico de suelos*. Omega, Barcelona. 662 pp.

Madhaiyan, M., S. Poonguzhali, J. Ryu y T. M. Sa. 2006. Regulation of ethylene levels in canola (*Brassica campestris*) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-containing *Methylobacterium fujisawaense*. *Planta* 224:268-278.

- Mitchell, H. L. 1972. Microdetermination of nitrogen in plant tissues. J AOAC 55:1-3.
- OPPORTIMES. 2016. <https://www.opportimes.com/america-del-norte/mexico-lidera-exportaciones-de-tomates-con-produccion-controlada/> [consultado el 30 junio de 2017].
- Panorama Agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica sectorial 2016. Tomate rojo 2016. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), 35 pp.
- Penrose, D. M. y B. R. Glick. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiol. Plant.* 118:10-15.
- Ramos, A. y V. Callao. 1967. El empleo de la solubilización de fosfatos en placa como técnica diferencial bacteriana. *Rev. Microbiol.* 20:1-12.
- Rodríguez, H., S. Vessely, S. Shah y B. R. Glick. 2008. Effect of a niquel-tolerant ACC deaminase-producing *Pseudomonas* strain on growth of nontransformed and transgenic canola plants. *Curr. Microbiol.* 57:170-174.
- Saravanakumar, D. y R. Samiyappan. 2007. ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. *J. Appl. Microbiol.* 102: 1283-1292.
- Sarwar, M. y R. J. Kremer. 1995. Determination of bacterially derived auxins using a microplate method. *Lett. Appl. Microbiol.* 20:282-285.
- Shaharoon, B., G. M. Jamro, Z. A. Zahir, M. Arshadi y K. S. Memon. 2007. Effectiveness of various *Pseudomonas* spp. and *Burkholderia caryophylli* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Microbiol. Biotechnol.* 17:1300-1307.
- Shaharoon, B., M. Arshad, Z. A. Zahir y A. Khalid. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biol. Biochem.* 38:2971-2975.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2002. *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Mass, USA, 565 pp.
- Yasmin, H. y A. Bano. 2011. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from rhizosphere soil of weeds of khewra salt range and attock. *Pak. J. Bot.* 43:1663-1668.

EFFECTO DE RIZOBACTERIAS Y *Trichoderma viride* EN LA PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE CHILE SERRANO

Deisy Yubeli Pineda Mendoza^{489*}, Juan José Almaraz Suárez⁴⁸⁹, Vivian F. Quiroz Sarmiento⁴⁸⁹ y
Claudia de la Rosa Mera⁴⁸⁹

Resumen

Una gran diversidad de rizobacterias y hongos benefician a las plantas a través de diferentes mecanismos como son: la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, la producción de fitohormonas y sideróforos, síntesis de enzimas vegetales, solubilización de fosfato y mediante el control de fitopatógenos. El uso de *Pseudomonas* y *Trichoderma* es de gran importancia debido a su capacidad de estimular el crecimiento, versatilidad metabólica y de adherirse a cualquier sistema de raíces. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cepas de rizobacterias y del hongo *Trichoderma viride* en la germinación de semillas in vitro y el crecimiento en microcosmos (cajas Petri) de plántulas de chile Serrano (*Capsicum annuum* L.). Las cepas bacterianas y el hongo fueron proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología de suelos del Colegio de Postgraduados. La germinación se incrementó del 50% a 93% a los 5 d después de la inoculación de la semilla con cada tratamiento. Así mismo, *T. viride* aumento la longitud radicular en 18 mm en comparación con el testigo (5 mm). Además, los resultados del ensayo en microcosmos demostraron que las rizobacterias y *T. viride* promueven el crecimiento vegetal. La cepa *P. tolaasii* (A46) presentó valores altos en las variables: número de hojas, altura, peso seco de raíz, vástago y total. El tratamiento con *T. viride* estimuló la longitud de la raíz en comparación con el testigo y los demás tratamientos. Los resultados mostraron que las rizobacterias y *T. viride* promueven el crecimiento vegetal. Existe un potencial en el uso de rizobacterias y de hongos como *Trichoderma* para la estimulación del crecimiento vegetal y con ello disminuir el uso de productos químicos nocivos para la salud humana y el medio ambiente. Es necesario realizar pruebas en invernadero y campo que corroboren el efecto de estos promisorios microorganismos.

Palabras clave: PGPR, raíz, germinación, *Capsicum annuum*

⁴⁸⁹ 1Área de Microbiología de Suelos, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. C.P.56230. *deyu_810@hotmail.com

Introducción

Las raíces de las plantas son reservorios de comunidades muy diversas de organismos. La zona aledaña a las raíces de las plantas se le conoce como rizosfera, esta área se encuentra influenciada por los exudados de las mismas raíces y de la interacción de los microorganismos que ahí se desarrollan. Se calcula que esta puede tener hasta 10^8 - 10^9 células microbianas g^{-1} de suelo y se considera que cada planta posee su propio microbioma. Así mismo, cualquier alteración en la rizosfera influye en el desarrollo de las plantas y de la misma microbiota (Mendes et al., 2013; Pii et al., 2016).

Los microorganismos rizosféricos (bacterias y hongos) estimulan y equilibran el crecimiento de las plantas por medio del mejoramiento de la nutrición, esto ocurre aumentando la disponibilidad de nutrientes como el fósforo, nitrógeno y la producción de fitohormonas como: auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, ácido abscísico y a mecanismos de biocontrol (Lugtenberg y Kamilova, 2009; Navya et al., 2015). En estudios realizados en diferentes especies vegetales, se ha demostrado que la inoculación con este tipo de microorganismos benéficos incrementan los rendimientos del cultivo (Dobbelaere et al., 2003; Lucy et al., 2004; Poupin et al., 2013; El-katatny e Idres, 2014).

Por otro lado, *Trichoderma* es un hongo que pertenece a la clase Deuteromycetes y al Orden Moniliales (clasificación asexual), entre las especies más destacadas de este género están *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, y *T. hamatum*. Este género de hongos se le ha relacionado con el control biológico. Así como también, investigaciones recientes muestran que *Trichoderma* puede actuar como bioestimulante, al producir compuestos orgánicos que en cantidades pequeñas inducen, inhiben o modifican los procesos fisiológicos de las plantas (Cubillos-Hinojosa et al., 2009; Chen et al., 2013). Existe potencial en el uso de estos microorganismos con la finalidad de mejorar las condiciones de producción de plántulas, reducir los costos de producción agrícola y con ello disminuir la contaminación por el uso excesivo de agroquímicos.

El chile (*Capsicum annum* L.) es una hortaliza ampliamente cultivada en México y otros países del mundo, es muy utilizada como condimento y una gran variedad de platillos se preparan con él. Sin embargo, la producción se ve mermada por problemas de nutrición y de tipo fitosanitario que generan elevados costos de insumos agrícolas (Martínez-López et al., 2014).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de cepas de rizobacterias y del hongo *Trichoderma viride* en la germinación de semillas de chile Serrano. Además también se evaluó el efecto de la inoculación de estos microorganismos en plántula mediante la técnica de microcosmos.

Materiales y métodos

Cepas microbianas

Las cepas de rizobacterias utilizadas en el presente estudio son: P61 y A46 de la especie *Pseudomonas tolaasii* y Trich4 (*Trichoderma viride*). Las tres cepas utilizadas fueron obtenidas de la colección del Laboratorio de Microbiología, del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

Ensayo de germinación de semillas

Se utilizaron semillas de chile Serrano desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3% durante 5 minutos posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril, la siembra se realizó sobre toallas de papel en cajas de plástico, se incluyeron tres repeticiones con 10 semillas por tratamiento. La humedad permaneció constante, a la par se inocularon 3 mL de suspensión bacteriana con una concentración de 10^7 células mL^{-1} . Además, se incluyó un testigo absoluto (TA). La inoculación de *T. viride* se realizó con inóculo inmerso en carbón activado, éste se agregó directamente a la semilla en una dosis de 0.7 g por repetición. Se determinó el porcentaje de semillas germinadas por tratamiento a los 5 días después de la inoculación y la longitud de la raíz a los 8 días después de la germinación.

Bioensayo de promoción de crecimiento en microcosmos

Las semillas de chile Serrano se sembraron en semilleros, a los 8 días posteriores se trasplantaron a microcosmos. Estos consistieron en cajas Petri llenas con vermiculita y perlita (en proporción 1:1), en las cuales se realizó una perforación donde se colocó la plántula. Las cepas de rizobacterias se cultivaron en caldo nutritivo (Merck) por tres días a 28°C hasta obtener un inóculo con una concentración bacteriana de 10^7 células mL^{-1} . En el caso de *T. viride* se cultivó en medio papa dextrosa agar por cinco días a 28°C , posteriormente se tomó el micelio y esporas del hongo para mezclarse con carbón activado, este inóculo se incubó por quince días. El inóculo del hongo se aplicó a una dosis de 0.7 g por caja y se mezcló con el sustrato contenido en esta. Una vez realizado el trasplante el inóculo bacteriano se aplicó en una dosis de 3 mL por plántula. Los riegos fueron constantes con agua destilada estéril cada tres días y con solución nutritiva Long Ashton cada ocho días (por litro: 5 mL de KNO_3 , 5 mL de $\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5 mL de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 1.34 mL de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, micronutrientes [$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , NaCl , $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] y citrato férrico ($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$; $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a pH 5.8) en concentración de 1:10, se tomó en cuenta el pH y la conductividad eléctrica). A los 45 d se colectaron las plántulas de chile Serrano para evaluar: altura, número de hojas, longitud de raíz, peso seco del vástago, peso seco de raíz y total de la planta.

En un inicio del ensayo las plántulas se mantuvieron 10 días en invernadero y posteriormente se pasaron a cámara de crecimiento con 16 h luz y 24-28°C donde permanecieron por 35 d.

Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en ambos bioensayos. Se incluyeron cuatro tratamientos (A46, P61, Trich4 y testigo) con tres y cuatro repeticiones para los ensayos de germinación y en microcosmos respectivamente. Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico SAS Versión 9.0, realizando un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$).

Resultados y discusiones

Germinación de semillas de chile Serrano (*Capsicum annum* L.)

La cepa A46 obtuvo el mayor porcentaje de semillas germinadas (93%), seguida de la cepa de *Trichoderma viride* (73%) y P61 con 50%, mientras que el testigo obtuvo una germinación del 17% (Figura 1). En el caso de la elongación de la radícula como se muestra en la Figura 1, *T. viride* sobresale de los otros tratamientos con 18 mm en contraste con el testigo que tuvo solo 5 mm. Estudios realizados han demostrado que la inoculación con rizobacterias y bioinoculantes a base de especies de *Trichoderma* en condiciones de laboratorio e invernadero son satisfactorios en la germinación de semillas de especies de plantas con problemas en este proceso (Rueda-Puente et al., 2009; Camejo y Sifontes, 2011). En otras investigaciones se ha observado que el efecto en la tasa de germinación se debe a la producción por parte de la bacteria de sustancias conocidas como fitohormonas entre ellas auxinas, giberelinas y el etileno; estas tienen un claro efecto estimulador de la germinación mientras que en el caso contrario: el ácido abscísico se le relaciona con la inhibición de la germinación lo que explica el por qué algunas cepas de bacterias producen un efecto negativo en la germinación (Rueda-Puente et al., 2009). Así mismos, se observó que *Trichoderma* tiene un efecto positivo en la elongación de las raíces. Se ha comprobado que la inoculación de especies de *Trichoderma* aportan otros beneficios a las plantas, a través de la producción de hormonas (auxinas, giberelinas citoquinas) y de la enzima ACC desaminasa que estimulan los procesos de crecimiento vegetal y refuerzan la elongación radical, esto ligado a su capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas (Cubillos-Hinojosa et al., 2009; Chen et al., 2013).

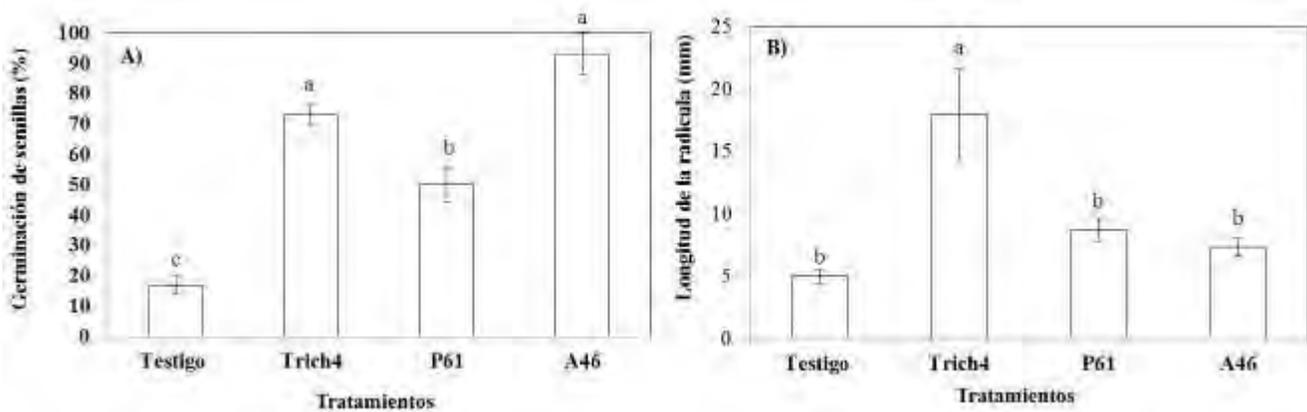


Figura 1. Efecto de las cepas de rizobacterias (P61 y A46) y *Trichoderma viride* (Trich4) en la germinación (A) y longitud de la radícula (B) en plántulas de chile Serrano (*Capsicum annum* L.).

Letras idénticas sobre las barras son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

Con respecto a los microcosmos, todos los tratamientos inoculados se comportaron de forma similar en altura superando al testigo en más de 40%. Se observó que la cepa A46 presentó altos valores en comparación con los otros tratamientos en las variables: número de hoja, peso seco del vástago y raíz, la consistencia del efecto se vio reflejado en un aumento en el peso seco total. En el Cuadro 1 se observa que los valores obtenidos en longitud de raíz y peso seco de raíz, son similares entre tratamientos inoculados, no obstante, el tratamiento con la cepa A46 presentó mayor peso de la raíz en comparación con *Trichoderma*, esto debido a mayor formación de raíces laterales con respecto al tratamiento con *T. viride*.

Cuadro 1. Efecto de la inoculación de rizobacterias (A46 y P61) y *Trichoderma viride* en la altura, longitud de raíz, número de hojas, peso seco del vástago y raíz, peso seco total. Letras idénticas sobre las barras son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

Tratamiento	Altura (cm)	Longitud de raíz (cm)	Numero de hojas	Peso seco del vástago (mg)	Peso seco de la raíz (mg)	Peso seco total (mg)
Testigo	3.250 b	4.500 c	3.750 b	9 b	7 d	16 c
Trichoderma viride	4.500 ab	13.10 a	5.000 ab	10 b	10 c	20 c
P61	4.750 a	8.925 b	5.750 a	16 a	14 b	30 b
A46	5.000 a	10.00 b	6.250 a	19 a	20 a	39 a

Un problema que encontramos con el uso de microcosmos cerrados fue que al regar con solución nutritiva se incrementaron las sales en este sistema, por lo que las plantas manifestaron síntomas de toxicidad como clorosis y quemaduras en el borde de las hojas. A

pesar de ello el efecto positivo de la inoculación con cepas de rizobacterias y *Trichoderma* fue prometedor.

Conclusión

La cepa de *Pseudomonas tolaasii* A46 y *Trichoderma viride*, promovieron el crecimiento vegetal de plántulas de chile Serrano (*C. annuum* L.). La técnica de microcosmos es relativamente sencilla y económica que permitió evaluar el efecto. Existe potencial en uso de rizobacterias y de hongos como *Trichoderma* para promover el crecimiento vegetal.

Referencias

- Camejo, M. D. C. D., y Sifontes, J. L. A. 2011. Influencia de *Trichoderma harzianum* A-34 en la germinación de las semillas de majagua (*Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell). *Fitosanidad* 15(3): 159-161.
- Chen, L., Dodd, I. C., Theobald, J. C., Belimov, A. A., and Davies, W. J. 2013. The rhizobacterium *Variovorax paradoxus* 5C-2, containing ACC deaminase, promotes growth and development of *Arabidopsis thaliana* via an ethylene-dependent pathway. *Journal of Experimental Botany* 64(6):1565-1573.
- Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N., y Mejía, L. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana* 27(1):81-86.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., and Okon, Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Ciencias* 22(2):107-149.
- El-Katatny, M. H. and Idres, M. M. 2014. Effects of single and combined inoculations with *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* on seedling growth or yield parameters of wheat (*Triticum vulgare* L., Giza 168) and corn (*Zea mays* L., hybrid 310). *Journal of Plant Nutrition* 37(12):1913-1936.
- Lucy, M., Reed, E., and Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek* 86(1):1-25.
- Lugtenberg, B. and Kamilova, F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology* 63:541-556.

- Martínez-López, L. A., Ochoa-Alejo, N. and Martínez, O. 2014. Dynamics of the chili pepper transcriptome during fruit development. *BMC Genomics* 15:1. doi:10.1186/1471-2164-15-143.
- Mendes, R., Garbeva, P. and Raaijmakers, J.M. 2013. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiol Rev* 37:634-663.
- Navya, H. M., Naveen, J., Hariprasad, P. and Niranjana, S. R. 2015. Beneficial rhizospheric microorganisms mediated plant growth promotion and suppression of aflatoxigenic fungal and aflatoxin contamination in groundnut seeds. *Annals of Applied Biology* 167(2):225-235.
- Pii, Y., Borruso, L., Brusetti, L., Crecchio, C., Cesco, S. and Mimmo, T. 2016. The interaction between iron nutrition, plant species and soil type shapes the rhizosphere microbiome. *Plant Physiology and Biochemistry* 99:39-48.
- Poupin, M. J., Timmermann, T., Vega, A., Zuñiga, A. and González, B. 2013. Effects of the Plant Growth-Promoting Bacterium *Burkholderia phytofirmans* PsJN throughout the Life Cycle of *Arabidopsis thaliana*. *PLoS ONE* 8: e69435. doi: 10.1371/journal.pone.0069435.
- Rueda-Puente, E. O., Villegas-Espinoza, J. A., Gerlach-Barrera, L. E., Tarazón-Herrera, M. A., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J. L., Troyo-Diéguez, E. y Preciado-Rangel, P. 2009. Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre la germinación de *Salicornia bigelovii*. *Terra Latinoamericana* 27:345-354.

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BIOFORMULACIONES A BASE DE RIZOBACTERIAS NATIVAS DEL CULTIVO DE CHILE POBLANO

Vivian Francisca Quiroz-Sarmiento^{490*}, Juan José Almaraz-Suarez⁴⁹¹ y Apolinar González-Mancilla⁴⁹²

Resumen

En México el chile (*Capsicum annum* L.) es uno de los cultivos agrícolas más importantes. Entre las nuevas tecnologías de productos biológicos se encuentran los biofertilizantes a base de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal que establecen relaciones benéficas con las raíces. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos cepas de rizobacterias (*Serratia liquefaciens* AC-35 y *Serratia plymuthica* PC-35), nativas de la rizosfera de chile poblano, mezcladas con una bioformulación a base de turba, sobre el crecimiento de plántulas de chile poblano en invernadero. Se utilizaron semilleros de 30 cavidades. Se mezclaron 10 g de las formulaciones con concentraciones de 10^9 UFC g⁻¹, por cada 100 g sustrato. Las semillas empleadas fueron de una variedad criolla de chile poblano de la región de la Sierra Nevada del estado de Puebla. Las plántulas fueron cosechadas después de 60 días. Se evaluaron las variables: área foliar, clorofila, número de hojas, altura y biomasa. Ambas bioformulaciones de cada cepa bacteriana estimularon el crecimiento de las plántulas de chile poblano comparadas con el testigo. De las dos formulaciones utilizadas, la combinada con la cepa *Serratia liquefaciens* AC-35, presentó los valores más altos en todas las variables evaluadas: área foliar (17.25 cm²), clorofila (38.10 unidades SPAD), número de hojas promedio (7), altura (12.75 cm) y biomasa (131.19 mg). La utilización de turba como soporte en la elaboración de bioformulaciones utilizando rizobacterias del género *Serratia* es una buena opción para estimular el crecimiento de hortalizas de trasplante a nivel de semillero.

Palabras claves: *Capsicum annum* L, turba, biotecnología, *Serratia*

⁴⁹⁰ Posgrado en Ciencias Agropecuarias, Facultad en Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N. C.P. 91000. Xalapa, Veracruz

⁴⁹¹ Área de Microbiología Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km 36.5. Montecillo, Edo de México. C.P. 56230. Montecillo, Estado de México.

⁴⁹² Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios Investigación y Posgrado. Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Ejido Ana. C.P. 27170. Torreón, Coahuila, México.

Introducción

Desde tiempos prehispánicos, el chile (*Capsicum annum* L.), junto con el maíz y el frijol forman parte de la dieta de los mexicanos, por lo que son de los cultivos más importantes para el país (Waizel-Bucat y Camacho, 2011), con una gran diversidad de variedades que se cultivan en todo el territorio (Aguilar, 2012). Los frutos de chile se consumen tanto secos como frescos; los últimos se producen principalmente en cuatro estados de la república: Sinaloa (24%), Chihuahua (22%), Zacatecas (13%) y San Luis Potosí (7%) (CONAPROCH, 2014). Entre los chiles más populares destacan guajillo o mirasol, piquín, árbol, serrano, jalapeño, poblano y chilaca (FAOSTAT 2009). La producción de chile poblano ha disminuido en los últimos años a consecuencia de una serie de factores como el tipo de variedad empleada, heladas, plagas y enfermedades, entre otras, que han provocado la reducción en sus rendimientos y en la superficie sembrada. Además, estos problemas de producción pueden llevar a pérdida de su diversidad genética (Toledo-Aguilar et al., 2011).

El modelo de la agricultura convencional cada día es menos sostenible, debido a sus elevados costos y a los efectos detrimentales directos sobre los ecosistemas (Chirinos et al., 2006). La fertilización representa el principal costo de producción, lo cual repercute en la rentabilidad de los cultivos. Mientras que la utilización de fertilizantes biológicos es una práctica que ha despertado gran interés en los últimos años, ya que se trata de inocular la semilla con microorganismos benéficos (Malusá et al., 2012), para incrementar con esto su población en la rizosfera. Entre las nuevas tecnologías de productos biológicos que dispone el productor para eficientizar la producción agropecuaria existen las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) (Martínez et al., 2013). Estas bacterias son capaces de estimular el desarrollo de las plantas de manera directa e indirecta y poseen una serie de mecanismos complejos que interactúan entre sí lo que les permite establecer relaciones benéficas con las raíces de las plantas (Ahemad y Kibret, 2014).

Se ha demostrado que algunas cepas del género *Serratia* son capaces de colonizar la rizosfera por largos períodos de tiempo, también muestra un excelente control biológico y actividades de promoción de crecimiento de las plantas (Berg et al., 2009). A nivel de semillero, las RPCV podrían utilizarse para obtener plántulas con mayor desarrollo, mejor sanidad y nutrición que les permitan un rápido establecimiento al trasplante en campo, la inoculación de rizobacterias podría ayudar a las raíces de las plantas a ser más eficientes en la obtención de nutrimentos del suelo, de tal forma que podrían reducirse dosis de fertilizantes y costos de cultivo (Hermann y Lesueur, 2013) El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos cepas nativas de la rizosfera de chile poblano en una bioformulación a base de turba sobre el desarrollo vegetal de plántulas de chile poblano en invernadero.

Material y métodos

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio e invernaderos del Área de Microbiología del suelo del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, ubicado en el Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México. Se utilizaron dos cepas de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal *Serratia liquefaciens* AC-35 y *Serratia plymuthica* PC-35, donadas del Laboratorio de Microbiología del Suelo del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Estas cepas fueron aisladas de la rizosfera de chile poblano y se caracterizaron como solubilizadoras de fosfato, fijadoras de nitrógeno, productoras de auxinas y biocontroladoras de hongos fitopatógenos del cultivo de chile poblano.

Preparación de la bioformulación a base de turba

Se utilizó turba estéril y neutralizada a pH de 6.8 ± 2 . El medio de cultivo que se utilizó para preparar el inóculo fue caldo triptona soya. Con ayuda de un asa bacteriológica previamente estéril y en condiciones de asepsia en una campana de flujo laminar, se tomaron tres asadas de la colonia bacteria con crecimiento de 48 h y se colocaron en frascos de vidrio que contenían el medio de cultivo líquido. Los cultivos se incubaron en un agitador orbital Thermo Scientific™ MaxQ™ 40000® a 180 rpm, a una temperatura de $28 \pm 2^\circ\text{C}$ por 48 h.

Una vez que el inóculo alcanza una concentración de 10^9 UFC mL⁻¹, se colocaron 500 g de turba esterilizada en bolsas de plástico desinfectadas y se agregó aproximadamente 100 mL del inóculo, la mezcla se homogenizó perfectamente, sin que se presentara saturación de humedad. Una vez impregnada la turba, se selló la bolsa y se incubó a $28 \pm 2^\circ\text{C}$ por 15 d.

Establecimiento del ensayo en invernadero

Se utilizó un sustrato que contenía agrolita, peat moss y vermiculita en una relación 1:1:1. El sustrato fue mezclado con la bioformulación; por cada 100 g de sustrato se utilizó 10 g de la bioformulación que contenía una concentración bacteriana de 10^9 UFC g⁻¹. La mezcla fue colocada en contenedores de polipropileno con 30 cavidades. Se sembraron dos semillas de una variedad criolla de chile poblano de la región de la Sierra Nevada del estado de Puebla. Las plántulas fueron regadas con agua destilada cada tres días y una vez por semana se aplicó solución nutritiva de Steiner al 10%. Después de 60 d las plántulas fueron cosechadas. Se evaluaron las siguientes variables agronómicas: 1) número de hojas: las hojas fueron contabilizadas manualmente en cada plántula, 2) altura de plántula: para medir la altura se utilizó una regla graduada. Se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la plántula, 3) clorofila: para determinar el contenido relativo de clorofila en las hojas, se utilizó un medidor de clorofila SPAD-502 (marca Minolta®), 4) área foliar: las hojas fueron colocadas en bolsas de celofán y pasadas en el rodillo de un medidor de área foliar modelo LI-3100C marca Li-

cor® y 5) biomasa: las plántulas fueron colocadas en bolsas de papel para secarse en un horno marca FELISA, modelo 242-A® por 48 h a 70°C. Secas las plántulas fueron pesadas en una balanza analítica marca Sartorius, modelo Analytic Ac 2105®. El experimento fue establecido utilizando un diseño experimental con bloques al azar. Los tratamientos incluyeron una bioformulación a base de turba con dos cepas de rizobacterias, un testigo absoluto, con 15 repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS para Windows (SAS Institute Inc., 2002), realizando un análisis de varianza y prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Resultados y Discusión

De acuerdo a las variables agronómicas evaluadas todos los tratamientos fueron superiores al testigo. De las dos bioformulaciones utilizadas los valores más altos se obtuvieron con la cepa *Serratia liquefaciens* AC-35. Con los siguientes valores: área foliar (17.25 cm²), clorofila (38.10 unidades SPAD), número de hojas promedio (7), altura (12.75 cm) y biomasa (131.19 mg) (Figura 1).

Son pocos los estudios que se tienen sobre la calidad de plántulas en chile poblano en México. García et al. (2011) realizaron un estudio sobre la calidad de plántulas de chile poblano en la Sierra Nevada de Puebla, México. Los autores mencionan que la producción de chile poblano (*Capsicum annum* L.) ha disminuido en los últimos años como consecuencia de la mala calidad de las plántulas, entre otros problemas. Ellos evaluaron la calidad de las plantas producidas en almácigos con diferentes sustratos, dosis de fertilización y desinfestación de semillas y suelo. Sus resultados en invernadero indicaron mayor porcentaje de germinación, altura y acumulación de materia seca en plántulas desarrolladas en tierra de encino que en aquellas producidas en la mezcla de peat moss + tierra de encino. En campo la desinfestación del suelo con agua caliente tendió a reducir el porcentaje de plántulas enfermas; en invernadero y campo la altura de plántula y la acumulación de materia seca se incrementaron al hacer dos aplicaciones de la fórmula 16N - 40P - 13K más una aspersión de fertilizante foliar. Los autores concluyeron que es posible mejorar la calidad de la plántula que se produce en almácigos de invernadero mediante una adecuada fertilización, con el uso de tierra de encino como sustrato, en lugar de la mezcla de peat moss + tierra de encino, mientras que en almácigos de campo conviene desinfestar el suelo con agua caliente porque tiende a reducir la incidencia de enfermedades.

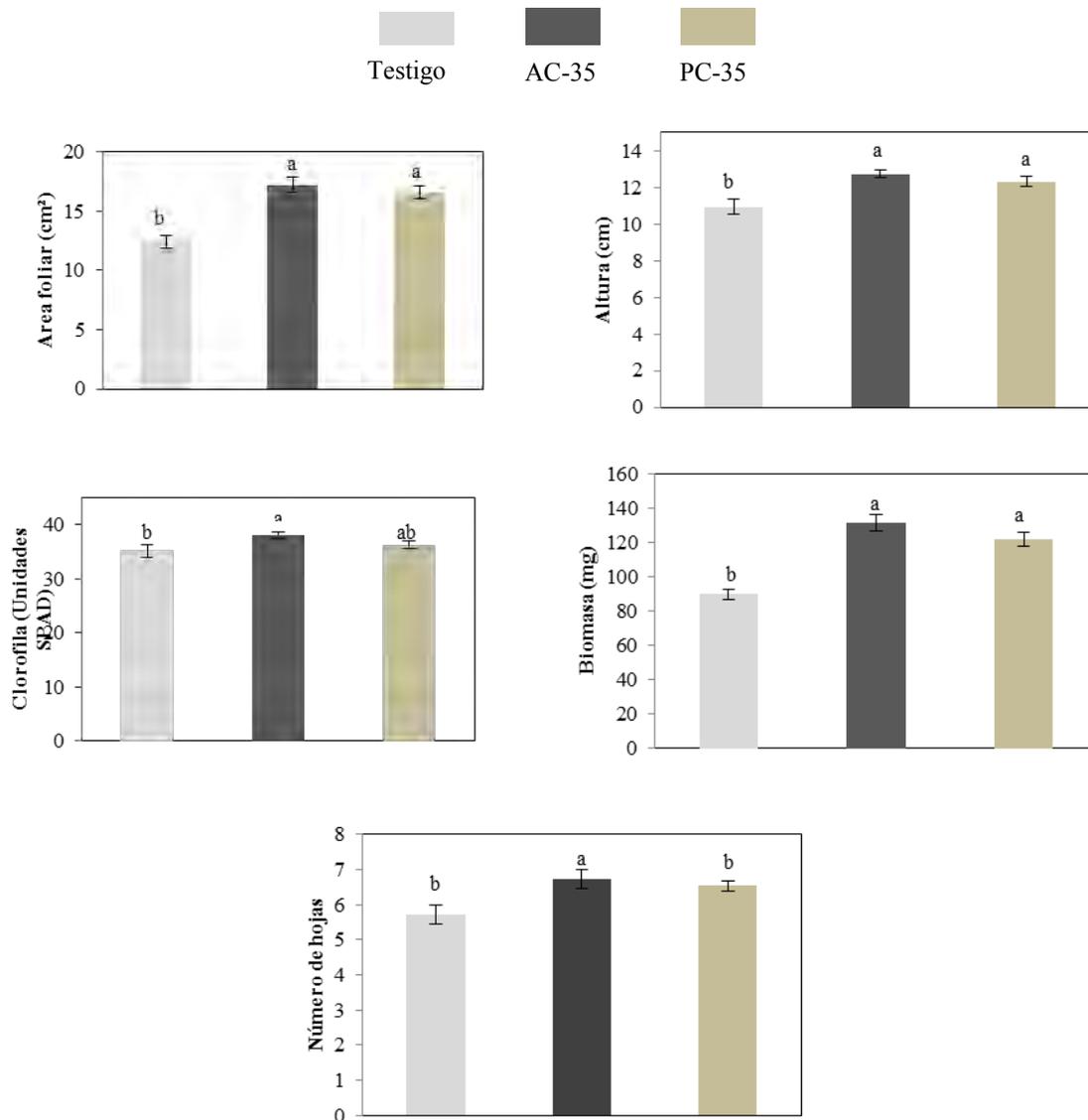


Figura 1. Efecto de dos biotormulaciones de rizobacterias sobre el crecimiento de plántulas de chile poblano.

Comparando los valores de las variables evaluadas en esta investigación con los evaluados por los autores antes mencionados, se obtuvieron valores similares de 12.8 cm de altura. En esta investigación la sanidad de las plántulas no se evaluó, pero se observó que al momento de la cosecha estas no presentaban daños por fitopatógenos. La combinación de técnicas físicas como las antes mencionadas y la aplicación de bioformulaciones como las aquí aplicadas puede ser una buena opción para mejorar la calidad de plántulas a nivel de invernadero ya que se necesita un buen manejo tanto antes y después de que estas sean trasplantadas en campo, el éxito de una buena producción radica en la calidad de las plántulas. En México no existen normas para regular la calidad de las plántulas antes de ser trasplantadas. Se cuenta con el Manual de chile poblano: “Importancia económica y

sociocultural”, donde se resalta la importancia de este cultivo desde tiempos prehispánicos así como del aporte económico y sociocultural a nuestro país. Se menciona también que la superficie cultivada en el estado de Puebla ha disminuido de manera importante en los últimos años, debido principalmente a la alta incidencia de enfermedades del suelo como la “secadera” producida principalmente por hongos como *Phytophthora capsici*, provocando pérdidas económicas hasta de 100%. En este manual se dan a conocer de manera general, algunas prácticas de manejo del cultivo para obtener resultados satisfactorios en la producción y calidad del chile poblano, entre estas se encuentran la selección y desinfección de semilla, producción de plántulas vigorosas y sanas, preparación del terreno, trasplante, labores culturales, fertilización, manejo y cosecha (Huerta et al., 2007).

En ningún apartado de este manual se menciona el uso de biofertilizantes para mejorar la calidad de las plántulas y combatir el daño por fitopatógenos con estos productos. Como se sabe los microorganismos que se utilizan para la elaboración de biofertilizantes actúan a través de varios mecanismos para promover el crecimiento de las plantas (fijación de nitrógeno, antibiosis, producción de enzimas y resistencia sistémica inducida, etc.). Esta investigación abre la pauta para considerar la utilización de bioformulaciones a base de turba, para mejorar la calidad de las plántulas de chile poblano a nivel de almacigo, utilizando rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal aisladas del mismo cultivo como es el caso de *Serratia liquefaciens* AC-35 que obtuvo los valores más altos en las variables evaluadas.

Datos similares a los encontrados en esta investigación son reportados por Rodríguez (2017) en su trabajo sobre la inoculación líquida de rizobacterias (*Serratia liquefaciens* AC-35, *Serratia plymuthica* PC-35, *Pseudomonas* sp. OLS-SF5, *Pseudomonas tolaasi* P-61, *Sphingomonas* sp BT y una cepa de levadura *Candida koningiosis* B-20), para promover el crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Como resultados obtuvo que los valores más altos de biomasa (244.10 mg), área foliar (29 cm²), clorofila (51 SPAD), altura (14 cm) y número de hojas promedio (7.2) los presentaron las cepas de los géneros *Serratia* y *Pseudomonas*. Siendo la cepa *Serratia liquefaciens* AC-35 la más eficiente para promover el crecimiento de las plántulas de chile poblano a nivel de invernadero. Esta misma cepa, en el presente estudio, fue la que tuvo los resultados más sobresalientes.

Así mismo, González-Mancilla (2016) realizó un asilamiento masivo de cepas de rizobacterias en el estado de Puebla, con la finalidad de evaluar su potencial para promover el crecimiento (solubilización de fosfato, producción de auxinas y fijación de nitrógeno) y controlar los hongos fitopatógenos *Fusarium* y *Phytophthora capsici* en chile poblano. Entre las cepas que aisló este autor se encuentran *Serratia plymuthica*, *Serratia marcescens*, *Serratia liquefaciens*, *Agrobacterium vitis*, *Arthrobacter* sp. *Bacillus simplex* y *Stenotrophomonas maltophilia*. Dos de estas cepas de rizobacterias fueron utilizadas en esta investigación (*Serratia plymuthica* y *Serratia liquefaciens*), comprobándose así la capacidad

que tienen estas cepas para promover el crecimiento de plántulas de chile poblano y su potencialidad para ser utilizadas para la elaboración de biofertilizantes a base de turba. Por otra parte, Berg et al. (2002) mencionan que las cepas del género *Serratia* son habitantes ubicuos de la rizosfera de diferentes especies de plantas e incluye cepas antagonistas de los patógenos del suelo. Por ejemplo *S. plymuthica* HRO-C48 fue seleccionada debido a su actividad antagónica y capacidad de estimular el crecimiento vegetal (Kalbe et al., 1996). *Serratia plymuthica* HRO-C48 es capaz de suprimir el daño causado por *V. dahliae* en cultivos de plantas de fresa y *R. solani* en lechuga (Muller y Berg, 2008). *Serratia plymuthica* se utiliza comercialmente como un agente de biocontrol. Se ha demostrado que esta cepa es capaz de colonizar la rizosfera por largos períodos de tiempo, también muestra un excelente control biológico y actividades de promoción de crecimiento de las plantas (Berg et al., 2009). Para mejorar el rendimiento de este agente de biocontrol, se requiere una comprensión fundamental de los mecanismos reguladores responsables de la actividad antagonista que incluyen una amplia gama de propiedades, por ejemplo, antibiosis, la competencia por los sitios de colonización, los nutrientes y minerales, el parasitismo y la lisis (Whipps, 2001).

Conclusiones

En esta investigación se demostró que el uso de rizobacterias del género *Serratia liquefaciens* AC-35 y *Serratia plymuthica* PC-35, aisladas de la rizosfera de plantas de chile poblano, es una buena opción para la fabricación de biofertilizantes utilizando como soportes turba con el fin de estimular el crecimiento de plántulas de chile poblano a nivel de almacigo. El género *Serratia* tiene muchas características como cepa promotora de crecimiento vegetal y como biocontroladoras de varias de las enfermedades provocadas por hongos patógenos. En esta investigación se pudo exponer que cepas propias de los cultivos tienen más posibilidad de adaptarse a las condiciones propias del cultivo.

Literatura citada

Aguilar, R. V. H. 2012. Reseña de libro. In: Zegbe, D. J. A., Valdez, R. D. y Herrera, L. A. (Ed.). Cultivo del chile en México. México: Proy. Editorial Universidad Autónoma de Zacatecas.

Ahemad, M. and Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University-Science* 26:1-20.

- Berg, G. 2000. Diversity of antifungal and plant-associated *Serratia plymuthica* strains. *Journal of Applied Microbiology* 88(6):952-960.
- Berg, G. 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: Perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology* 84:11-18.
- CONAPROCH. 2014. Estadística de producción de Chile. [En línea] disponible [www-conaproch.org/ch-estadisticos-produccion-htm//mundial](http://www.conaproch.org/ch-estadisticos-produccion-htm//mundial). Consultado octubre 2014.
- Chirinos, J., Leal, A. y Montilla, J. 2006. Uso de Insumos Biológicos como alternativa para la agricultura sustentable en la zona sur del Estado Anzoátegui. *Revista Digital CENIAPHOY.II* [en línea] disponible en <http://ceniap.gob.ve/ceniaphoy>. Consultado noviembre 2014.
- FAOSTAT. 2009. Production crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [En línea] disponible en <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Consultado enero 2014.
- García, M. C., Taboada, G. O. R., López, S. H., López, P. A., Mora, A. G. y Tlapal, B. B. 2011. Calidad de plántulas de Chile "poblano" en la Sierra Nevada de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(2):115-121.
- González, M. A. 2016. Interacción entre bacterias promotoras de crecimiento y hongos micorrízicos en el crecimiento de Chile poblano (*Capsicum annum* L.). Tesis inédita de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México.
- Herrmann, L. y Lesueur, D. 2013. Challenges of formulation and quality of biofertilizer for successful inoculation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 97:8859-8873.
- Huerta, D. A., Rojas, S. F. y Fletes, I. O. 2007. Manual de Chile poblano: importancia económica y sociocultural. Colegio de Postgrados. Campus Puebla. México: Fundación Produce Puebla, A. C. pp. 80.
- Kalbe, C., Marten, P. and Berg, G. 1996. Strains of the genus *Serratia* as beneficial rhizobacteria of oilseed rape with antifungal properties. *Microbiological Research* 151(4): 433-439.
- Malusá, E., Sas-Paszt, L. and Ciesielska, J. 2012. Technologies for beneficial microorganisms inoculated used as biofertilizer. *The Scientific World Journal*, 12.
- Martínez, L. L., Martínez, P. R. A., Hernández, M. I., Arvizu, M. S. M. y Pacheco, A. J. R. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 36(11):63-69.

Muller, H. and Berg, G. 2008. Impact of formulation procedures on the effect of the biocontrol agent *Serratia plymuthica* HRO-C48 on *Verticillium* wilt in oilseed rape. *BioControl* 53(6):905-916.

Rodríguez. M. M. 2017. Inoculación líquida de microorganismos para promover el crecimiento en plantas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Tesis inédita de Licenciatura. Facultad de ciencias agrícolas. Universidad Veracruzana.

Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P. A., Guerrero-Rodríguez, J. D., Santacruz-Varela, A. y Huerta-de la Peña, A. 2011. Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de frutos de variedades nativas de chile "poblano". *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(3):139-150.

Waizel-Bucay, J. y Camacho, M. R. 2011. El género *Capsicum* spp. ("Chile"). *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica* 16 (60):60-79.

Whipps, M. J. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Plant Nutrition* 15(10):2183-2192.

EFFECTO DEL USO DE LECHE CON MASTITIS SUBCLINICA EN EL PROCESO DE QUESO FRESCO VERACRUZANO

Cruz, Palacios-Gerónimo^{493*}; Yolanda, Retama-Ortiz⁴⁹³; Cid Ramón, González-González⁴⁹³ y Freddy Santiago Cervantes⁴⁹³

Resumen

La leche con mastitis subclínica pasa desapercibida a simple vista, sin embargo, genera problemas tecnológicos en el proceso de elaboración del queso, incrementando el tiempo de coagulación y una disminución del rendimiento, además de afectar la calidad sensorial y sanitaria del producto. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la mastitis subclínica 1 y 2 en la elaboración del queso fresco en su tiempo de coagulación, rendimiento además de sus atributos sensoriales. Se realizaron análisis fisicoquímicos a 26 muestras de leche cruda, provenientes del municipio de Hueyapan de Ocampo, Ver., utilizada como materia prima para la elaboración del queso. Se utilizaron concentraciones 50/50, 60/40, 80/20% en mezclas de leche sana (LSM) y leche con mastitis subclínica 1 (LMS1); y mezclas de leche sana (LSM) y leche con mastitis subclínica 2 (LMS2), para la elaboración de queso fresco. Posteriormente, se elaboraron 21 muestras de queso fresco utilizando las mezclas LSM/LMS1 y LSM/LMS2 y 5 quesos con LSM como referencia. Se evaluó la calidad microbiológica de los quesos producidos con referencia a mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas. Finalmente se realizó el análisis sensorial discriminante a 26 muestras de queso fresco durante la vida de anaquel en almacenamiento a 7°C. Los resultados obtenidos indican que el queso elaborado con las mezclas LSM/LMS1 pasteurizada en las diferentes concentraciones, presentan valores en tiempo de coagulación, peso y análisis sensorial similares a la muestra de referencia, y resultados del análisis microbiológico dentro de la especificación NOM-121-SSA1-1994. Los resultados del valor de acidez para la mezcla LSM/LMS2 pasteurizada y sin pasteurizar están por debajo de 1.3 g L⁻¹ (como ácido láctico) que marca la normatividad, el tiempo de coagulación del queso elaborado se incrementó 108% en todas las concentraciones, con respecto a la referencia, los resultados de la evaluación sensorial muestran defectos en atributos de color, olor y estructura de la pasta y un mayor desuerado durante la vida de anaquel. El resultado del análisis microbiológico de los dos tipos de mezcla utilizadas sin pasteurizar está fuera de la especificación.

⁴⁹³ Instituto Tecnológico Superior de Acayucan.

Palabras claves: Pasteurización, Mastitis subclínica, sensorial, microbiológico

Introducción

La región de Acayucan tiene una importante producción lechera, se producen alrededor de 40000 L de leche de ganado bovino (SAGARPA, 2010), y cuenta con alrededor de 300 productores de queso artesanal que utilizan la leche como materia prima en la mayoría de los casos sin un control sanitario estricto. De acuerdo a la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2012, la leche de alta calidad debe poseer las siguientes características: estar libre de sustancias extrañas, bajo contenido de microorganismos, ausencia de microorganismos indeseable, bajo contenido de células somáticas, color, olor, sabor y composición propia de la leche. Es por esta razón que el control de la calidad sanitaria debe ser realizado de manera puntual. La incidencia de enfermedades como la mastitis en las vacas productoras de leche y que por lo tanto este producto sea utilizado como materia prima para la elaboración de queso fresco puede ser origen de defectos de calidad y alteraciones en el proceso de elaboración del queso. El recuento elevado de células somáticas en leche está asociado con la alteración en la calidad de las proteínas de la leche en especial de las β -caseína que son importantes en el rendimiento de producción de quesos y otros derivados lácteos (Casallas, 2015). Asimismo, la leche con mastitis puede ser peligrosa para la salud del consumidor, ya que ciertas cepas bacterianas, causantes de las enfermedades son también patógenas para el hombre (Gante, 2004) causando zoonosis. En la mastitis subclínica, tanto la ubre de la vaca, así como la leche que esta produce aparentan estar sanas, pero una infección incipiente puede estar dañando el tejido glandular y provocar una alteración en la estabilidad propia de la leche (Fernández et al., 2012). En las queserías artesanales de la región se utiliza materia prima con calidad sanitaria deficiente, mezclada con la leche sana, es decir sin mastitis, debido a que los productores y ruteros no cumplen con las normas de calidad para el acopio de la leche y desconocen los defectos tecnológicos y de calidad que se ocasiona en la fabricación del queso. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la mastitis subclínica 1 y 2 en la elaboración del queso fresco en su tiempo de coagulación, rendimiento además de sus atributos sensoriales y fisicoquímicos, que sirvan como referencia a los productores artesanales de la región para mejorar el proceso de elaboración y la calidad del producto.

Materiales y métodos

En el periodo de marzo a septiembre del 2015, se recolectaron 26 muestras de leche recién ordeñada, provenientes de vacas Suizo Pardo-Cebú y Cebú-Sardo Negro, en un rancho de la comunidad de Coyol de González, municipio de Hueyapan de Ocampo, Veracruz. Las muestras se tomaron en envases de PET estériles, debidamente etiquetadas, y se transportaron en refrigeración al laboratorio de microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Acayucan, para su análisis y procesamiento. Se realizaron análisis de acidez, densidad, y grasa de acuerdo a los métodos de prueba de la NOM -155 SCFI-2003 y proteínas por el método indirecto Sorensen-Walker, a 9 mezclas de leche sana sin mastitis (LSM) y leche con mastitis subclínica 1 (LMS1); 12 muestras mezcladas de LSM y leche con mastitis subclínica 2 (LMS2) y 5 muestras de leche calificada como sana (LSM) tomada como referencia (LR). La determinación de mastitis subclínica en la leche recién ordeñada se determinó de acuerdo al rango CMT (Prueba de mastitis california) que se observa en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Interpretación de los grados del CMT para la determinación de mastitis subclínica.

Grado CMT	Rango de CS mL ⁻¹	Interpretación
N (negativo)	0 – 200,000	Cuarto sano
T (trazas)	200,000 a 400,000	Mastitis subclínica
1	400,000- 1,200,000	Mastitis subclínica
2	1,200,000 – 5,000,000	Infección Seria
3	Más de 5,000,000	Infección Seria

(Mellenberger y Roth, 2000).

Se elaboraron siete quesos frescos con leche pasteurizada; cuatro utilizando mezclas 50/50, 60/40, 80/20% con LSM y LMS1 y tres quesos utilizando mezclas 50/50, 60/40, 80/20% de LSM y LMS2. Se elaboraron 15 quesos frescos con leche sin pasteurizar; 6 utilizando mezclas 50/50, 60/40, 80/20% de LSM y LMS1; 9 con mezclas 50/50, 60/40, 80/20% de LSM y LMS2 y 5 quesos con LSM. El queso fresco se elaboró de acuerdo al proceso establecido en Gante (2004). La pasteurización de la leche se realizó a 63°C por 30 min. El peso del queso se midió en balanza digital VELAB, Modelo 500. Los atributos sensoriales del queso fresco (aroma, color, sabor y textura) se evaluaron en base a degustaciones cada 3 d por un periodo de 13 d a partir del primer día de elaboración. La calidad microbiológica del queso se determinó cuantificando mesófilos aerobios de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994, coliformes totales de acuerdo a la NOM-113-SSA1-1994, y hongos y levaduras de acuerdo a la NOM-111-SSA1-1994.

Resultados

En el Cuadro 2 se muestran los análisis fisicoquímicos realizados a cinco muestras de LSM, tiempo de coagulación y peso del queso fresco elaborado, encontrándose valores de acuerdo a la normatividad.

Cuadro 2. Análisis fisicoquímico de la leche de referencia (LR).

Muestra/Fecha de colecta	Densidad 15°C (g mL ⁻¹)	Acidez (g L ⁻¹)	Proteína (g L ⁻¹)	Grasa (g L ⁻¹)	SNG (g L ⁻¹)	Tiempo de coagulación (min)	Peso (g)
M ₀ 1/19/05	1.031	1.62	29.5	---	---	30	450
M ₀ 2/21/05	1.033	1.44	29	---	---	34	440
M ₀ 3/26/08	1.03	1.45	31	---	---	50	400
M ₀ 4/03/09	1.03	1.4	31	---	---	38	440
M ₀ 5/13/10	1.028	1.4	29.9	29.3	82.8	40	440
Media	1.0304	1.47	30	29.3	82.8	31.5	434
ESPECIFICACION NMX-F700 COFOCALEC- 2012	1.0295 mínimo	1.3 a 1.6 g L ⁻¹ (como ácido láctico)	≥31	≥32	83 mínimo		

Los resultados del análisis fisicoquímico de las mezclas LSM/ LMS1 y LSM/LMS2 mostraron una diferencia significativa de acuerdo al análisis de varianza solo para los resultados de acidez como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valor del nivel de significancia entre los análisis de varianza entre las mezclas LSM/LMS1 y LSM/ LMS2.

VARIABLE	F	Pr
Densidad	2.6854	0.1177
Acidez	8.5522	0.008699
Proteína	1.3799	0.2546

La mezcla LSM/LMS2 pasteurizada y sin pasteurizar presenta un valor de acidez promedio de 1.20 g L⁻¹ (12°D) ácido láctico, como se observa en la Figura 1, lo cual concuerda con lo mencionado en la literatura (Negri et., 2005). La acidez titulable de la leche fresca disminuye conforme avanza el período de lactación y suele ser baja en la leche mastítica (Eck, 1990). En leches mastíticas el pH puede alcanzar e incluso superar valores de 7 a 7.2.

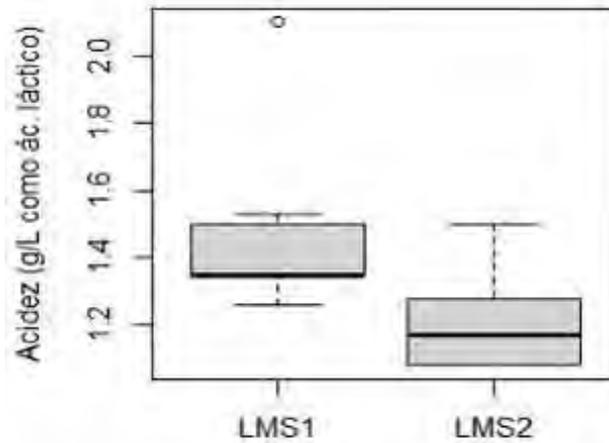


Figura 1. Acidez en mezclas LSM/LMS1 y LSM/LMS2.

El análisis de los resultados obtenidos del tiempo de coagulación con las mezclas LSM/LMS1 Y LSM/LMS2 pasteurizada y sin pasteurizar presenta una diferencia significativa, como se muestra en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Media del tiempo de coagulación para las mezclas pasteurizadas y sin pasteurizar.

Parámetro	LMS1	LMS2
Media	37.44	65.75
Max.	50	70
Min.	35	60

Tabla 5. Análisis de varianza para tiempo de coagulación y peso de quesos elaborados con mezclas LSM/LMS1 y LSM/LMS2.

Variable	F	Pr
Tiempo de coagulación	32.059	7.306 e ⁻⁰⁶
Peso	1.5737	0.2526

La Figura 2 muestra la variación en el incremento del tiempo de coagulación entre las mezclas, en el trabajo de (Casallas, 2015) se menciona que el pH de la cuajada aumenta en leche proveniente de animales con mastitis, se sugiere que un valor alto de pH frena el proceso de gelificación y por tanto el tiempo de coagulación aumenta. Se ha mostrado además que bajas concentraciones de calcio combinados con baja concentración de κ -caseína causan coagulación pobre o impiden la coagulación en leches (Bornaz et al., 2009).

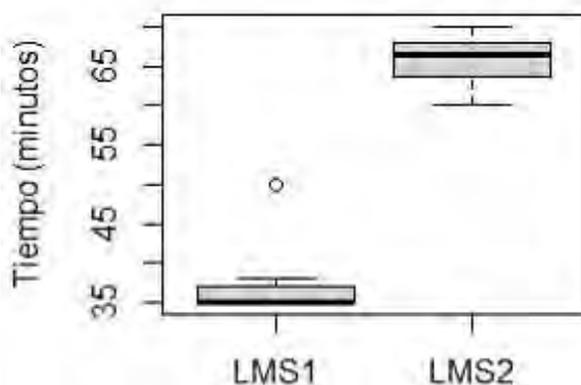


Figura 2. Tiempo de coagulación de quesos elaborados con mezcla LSM/LMS1 y LSM/LMS2.

Todas las muestras analizadas de quesos elaborados con mezclas de leche pasteurizada están dentro de las especificaciones que marca la NOM-121-SSA1-1994 (Cuadro 6). Se observa que los quesos elaborados con mezclas de leche sin pasteurizar LSM/LMS1 presentaron menor número de ufc mL⁻¹ con respecto a los elaborados con las mezclas LSM/LMS2 en cuanto de mesófilos aerobios, coliformes totales y hongos y levaduras, fuera de los límites especificados en la NOM-121-SSA1-1994.

Cuadro 6. Análisis microbiológicos del queso elaborado con mezclas LSM/LMS1 y LMS/LMS2 sin pasteurizar.

Muestra	Mesófilos Aerobios log ₁₀ UFC mL ⁻¹	Coliformes totales log ₁₀ UFC mL ⁻¹	Hongos y levaduras log ₁₀ log ₁₀ UFC mL ⁻¹
MS1(50/50)	5.69897	6	4.00004
MS1 (60/40)	4.30103	4.00004	5.04139
MS1 (80/20)	4.00004	4.00004	5.11394
MS2 (50/50)	5.47712	5.20412	5
MS2 (60/40)	4.39794	4.00004	4.00004
MS2(80/20)	4.30103	4.00004	4.00004

El queso elaborado con las mezclas LSM/LMS1 y LSM/LMS2 pasteurizada muestra calificaciones muy similares en los atributos sensoriales evaluados, a la muestra de queso elaborada como referencia, observándose únicamente en el regusto acentuado sabor a suero. En los quesos elaborados con las mezclas sin pasteurizar se observaron defectos en los atributos sensoriales como color de la pasta blanco cremoso a amarillo, estructura de la pasta muy blanda, olor anormal a rancio, además de generar mayor desuerado durante su vida de anaquel. Se han encontrado que la firmeza en el corte de la cuajada es importante en los atributos sensoriales del queso (Johnson et al., 2001). En otro estudio (Andreatta et al.,

2009), se demostró que la alta humedad de los quesos de leches con altos Recuentos de Células Somáticas (RCS) causan defectos en textura, esto por la alta actividad de la plasmina en los quesos que pueden tener un impacto importante sobre el sabor, aroma y la textura.

Conclusión

En este estudio se ha demostrado que es posible el uso de concentraciones 50, 40 o 20% del leche con mastitis subclínica 1 (LMS1), grado T (Trazas) de CMT (Prueba de mastitis California), en mezcla con leche sana (LSM), siempre que se utilice la pasteurización para la elaboración del queso fresco, sin poner en riesgo la salud del consumidor y el rendimiento de la producción quesera. Los valores de las pruebas fisicoquímicas de las mezclas utilizadas estuvieron dentro de las especificaciones, así como el tiempo de coagulación y el peso. Los resultados de la evaluación sensorial del queso elaborado, fueron similares a los valores de referencia, mientras que los resultados del análisis microbiológico cumplen con la especificación de la NOM-121-SSA1-1994. Se demuestra también que las mezclas de leche sana (LSM) y leche con mastitis subclínica 2 (LMS2), grado 1 de CMT (Prueba de mastitis California), pueden detectarse en recepción con prueba de acidez, ya que esta presenta valores por debajo de los 1.3 g L^{-1} como ácido láctico que marca la especificación; asimismo afectan el proceso y el rendimiento de la producción del queso fresco ya que el tiempo de coagulación se incrementa hasta un 108% con respecto al valor de referencia. Se observó también defecto de rancidez en el producto, debido a la acción de lipasas leucocitarias. Por otra parte, los quesos elaborados con estas mezclas tienen un riesgo para la salud de los consumidores debido a que ciertas cepas de estafilococos y estreptococos causantes de mastitis pueden ser patógenas. Los dos tipos de mezclas utilizadas sin pasteurizar LSM/LMS1 Y LSM/LMS2 presentan ufc/mL en el recuento de mesofilos aerobios, coliformes totales y hongos y levadura, fuera de las especificaciones de la normatividad.

Literatura citada

Andreatta, E, Fernández AM, Santos MV, Mussarelli C, Marques MC, and Oliveira CAF. 2009. Composition, functional properties and sensory characteristics of Mozzarella cheese manufactured from different somatic cell counts in milk. *Bras Arch Biol Techn* 52(5):1235-1242.

Bornaz S, Sahli A, Attalah A, and Attia H. 2009. Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats, ewes and cows milks. *Int J Dairy Tech* 62(4):505-513.

Casallas V.A. 2014 Efecto de la mastitis bovina en la calidad composicional y aptitud quesera de la leche. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. 43 p.

Eck, A. 1990. Coagulación de la leche p 18-20 En: Eck, A. El queso, Ed. Omega, Barcelona, España .

Fernández, O., Trujillo, J., Peña, J., Cerquera & Granja, Y. 2012. Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria X111(11):1-11.

Johnson M, Chen C, and Jaeggi J. 2001. Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced-fat Cheddar cheese. *J Dairy Sci* 84(5):1027-1033.

Negri L.M., Chavez M.S., Taverna M.A., Roberts L. y Speranza J. 2001. Factores que afectan la estabilidad térmica y la prueba del alcohol en leche cruda de calidad higiénica adecuada. Informe técnico final de proyecto, EEA-Rafaela INTA.p157-159.

SAGARPA(SIAP). (10 de Septiembre de 2015). Boletín de Leche. Obtenido de <http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/2013/BoletinLeche/LecheMar2013.pdf>.

Villegas de Gante. 2004. Calidad de leche para quesería p 94-98 En: Villegas de Gante Tecnología Quesera. Ed. Trillas, México.

SAGARPA(SIAP). (10 de Septiembre de 2015). Boletín de Leche. Obtenido de <http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/2013/BoletinLeche/LecheMar2013.pdf>.

ESTUDIO DE MATERIA ORGÁNICA EN COMPOSTAJE DE RESTOS VEGETALES Y LADOS DE DEPURADORA MEDIANTE FLUORIMETRÍA

Sonia de J. Morales Colina^{494*} y Alma X. Ibarra Gómez⁴⁹⁵

Resumen

La materia orgánica (MO) tiene una composición muy compleja debido a la amplia variedad de compuestos químicos que la forman y por ello, se considera un indicador clave para el proceso de compostaje. El objetivo de este trabajo, fue seguir por medio de técnicas instrumentales y quimiométricas como son espectroscopía de fluorescencia, cuales son los cambios ocurridos a la materia orgánica durante cada una de las etapas de compostaje y observar la incidencia en la estabilidad y madurez de compost, al igual que los cambios que ocurren por los distintos materiales iniciales (restos vegetales y lodos de depuradora). Mediante fluorescencia se pudieron identificar los fluoróforos de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y péptidos, estos componentes encontrados en el compost, se obtuvieron a través de un procesamiento de datos que fueron obtenidos por la matriz de excitación-emisión (EEM) y para minimizar la influencia de efectos de dispersión (dispersión Raman y Rayleigh) en los datos de EEM, se utilizó una técnica de eliminación-interpolación para excluir los picos de dispersión de Raman y Rayleigh antes de modelado con una herramienta quimiométrica llamada Parallel Factor Analysis (PARAFAC) y se determinó el número correcto de componentes con el Diagnóstico de Consistencia Básica (CORCONDIA), el cual nos dio un valor del 78%. Además, se calculó un índice de fluorescencia que muestra los patrones que siguen los compost que fueron elaborados a partir de diferentes composiciones y materiales, así al realizarse la evaluación de la pérdida de péptidos con respecto al ácido húmico, se distingue que son los ácidos húmicos el componente mayoritario al final de la fase de maduración del compost y que a medida de que, va avanzando el tiempo, los péptidos disminuyen porque fueron fácilmente metabolizados por los microorganismos durante la fase mesófila y termófila, por lo que se nota el incremento de sustancias húmicas frente al total de la materia orgánica.

Palabras clave: Compost, Quimiometría, Espectroscopía

⁴⁹⁴ Universidad de Alicante sonia.morales.colina@gmail.com

⁴⁹⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta

Introducción

El compostaje consiste en dos procesos estrechamente ligados, la degradación y humificación: una parte de la materia orgánica del compost es mineralizada aeróbicamente por microorganismos que la utilizan a través de distintas rutas metabólicas (Moreno-Casco y Moral-Herrero, 2008); mientras que la parcialmente descompuesta o sin degradar conduce a la formación de sustancias húmicas (Benlboukht et al., 2016). En las pilas de compostaje existe una gran variedad de poblaciones microbianas, incluyendo bacterias, actinomicetos y hongos que degradan la materia orgánica en presencia de oxígeno, produciendo un producto estable humificado junto con gases, agua y calor, residuos del metabolismo microbiano. Es importante entender cómo influyen estos parámetros en el ecosistema microbiano para mejorar la eficiencia del procesos y permitir su control (Moreno-Casco y Moral-Herrero, 2008; Benlboukht et al., 2016). Durante el compostaje la sucesión de poblaciones microbianas, contribuyen a modificar las propiedades fisicoquímicas de los sustratos, ésta puede considerarse como característica diferenciadora en el proceso de transformación de la MO (Moreno-Casco y Moral-Herrero, 2008). La composición de la MO es muy compleja debido a la amplia variedad de compuestos químicos y la heterogeneidad del material inicial para el compost. El proceso de compostaje implica directamente cambios en la composición química y ésta puede ser seguida por métodos espectroscópicos, tal como la fluorescencia o espectroscopia infrarroja (Marhuenda-Egea et al., 2007).

La espectroscopia de fluorescencia con matriz de excitación-emisión (EEM) brinda una información detallada de las propiedades de la Materia Orgánica Disuelta (MOD) para niveles estructurales y funcionales con la cual se puede observar el grado de humificación, además de que en conjunto con Análisis de Factores Paralelos (PARAFAC), se pueden buscar factores latentes e investigar la distribución temporal de la MOD a lo largo del proceso de compostaje (Bertoncini et al., 2005; Pan et al., 2017). Con esta técnica se caracterizan materiales en procesos de compostaje y evalúa el compost (Marhuenda-Egea et al., 2007). El objetivo del presente trabajo fue profundizar en el manejo Fluorescencia para analizar la naturaleza de la materia orgánica en el proceso de compostaje, interpretar los datos obtenidos mediante herramientas quimiométricas, como PARAFAC y proponer algún índice numérico que nos permita predecir o determinar el grado de madurez y estabilidad de la materia orgánica en el proceso de compostaje.

Materiales y métodos

Para este estudio se han tomado muestras de 6 procesos distintos de compostaje industrial (pilas de entre 10-30 m³) de materiales como son Lodos de una Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales, restos de poda de hoja y tronco de palmera y caña de río. Todos los procesos de co-compostaje se desarrollaron mediante volteo periódico de las pilas, haciendo uso del protocolo de manejo de la planta COMPOLAB de la Universidad Miguel Hernández en Orihuela, España. Para estudiar el comportamiento térmico de cada pila, se controló la temperatura ambiente y en la pila mediante sondas K y dataloggers, estableciéndose la temperatura promedio diaria por pila. En cada pila se realizaron 4 muestreos (M0, start-up o mezcla inicial; MIFB, inicio fase bio-oxidativa; MFB, fase bio-oxidativa; MFFB, final fase bio-oxidativa; MM, madurez, establecida en a los 45 días después de MFFB). Para cada muestra, se siguió el protocolo de acuerdo a Marhuenda Egea (Marhuenda-Egea et al. 2007): Se pesaron ~0.005 g (lo equivalente a lo tomado por la punta de espátula), se añadieron 1ml de agua con azida de sodio al 0.1% (p/v), se ultrasonicaron durante 15 min. a una frecuencia de 40 KHz en un baño de ultrasonidos (J.P. Selecta 30000512) con el objetivo de mejorar la extracción de la MOD y reducir tiempo. Cada muestra fue centrifugada a 12000 rpm por 5 min en un equipo Eppendorf™ MiniSpin™.

Los espectros de fluorescencia fueron obtenidos con un espectrofluorímetro Jasco Modelo FP-6500. La fuente de excitación es una lámpara de Xenón a 150 W. Los mapas de contorno de los espectros de EEM se consiguieron con el extracto acuoso de las muestras de compost: 350 µl de muestra, filtrada y centrifugada, diluida con 2 mL de agua ultrapura. El rango de longitud de onda de emisión (Em) fue fijado desde 250 a 460 nm, 2 nm en emisión, mientras que el rango de longitud de onda de excitación se incrementaba desde 220 a 400 nm en escalas de 5 nm en excitación. Los anchos de rendija fueron de 5 nm, y el extracto de compost fue irradiado en una celda de cristal de silicio (Hellma) de paso de 1 cm. El UV-Visible de las muestras diluidas fue adquirido por un espectrofotómetro (Shimadzu UV-1600, 200-800 nm, cm⁻¹ cubeta de cuarzo; Shimadzu, Tokio, Japón) y la absorbancia fue siempre menor a 0.1 a 254 nm para reducir la absorbancia de la solución y eliminar efectos potenciales de dispersión (Mobed et al., 1996). Se realizó un procesado de los datos con el fin de minimizar la influencia de efectos de dispersión (dispersión Raman y Rayleigh) en los datos de EEM. Se utilizó una técnica de eliminación-interpolación para eliminar los picos de dispersión de Raman y Rayleigh antes del modelado con PARAFAC (Cui et al. 2016; Bahram et al., 2006; Pan et al., 2017; Zhang et al., 2016; Bro, 1997). Se aplicó una restricción no negativa a los parámetros para permitir únicamente resultados químicos relevantes, porque concentraciones negativas son químicamente imposibles, asumiendo que los efectos de enfriamiento y filtro interno son insignificantes. Los modelos PARAFAC con dos a seis

componentes fueron calculados. La determinación del número correcto de componentes para los datos fue establecida por el Diagnóstico de Consistencia Básica (CORCONDIA), el cual debe ser cercano al 100 % para modelos adecuados. El diagnóstico de consistencia provee un estimado de cuan bien el modelo captura información tri-lineal. Si la consistencia resulta baja, que es hacia cero, es un fuerte indicador de que el modelo es inválido (Bro y Kiers, 2003). El modelo de PARAFAC fue ajustado con MATLAB versión 6.5.1. Usando la nueva herramienta N-way utilizando un procesador AMD Turion con 4 GB de RAM disponible en <http://www.models.life.ku.dk/source/nwaytoolbox/> (Andersson y Bro 2000). En los mapas de contorno, el incremento de las líneas de contorno fue de 5.

Resultados y Discusión

Se evaluaron 60 muestras (incluyendo duplicados) correspondientes a 6 pilas de compostaje y 6 muestras de materiales iniciales (lodos de depuradora y restos de poda), y gracias a la gran cantidad de datos y con el objetivo planteado de evaluar la evolución de la materia orgánica y buscar patrones entre distintos compost, se procesaron los datos brutos de EEM y se eliminaron e interpolaron las líneas de dispersión. En las siguientes figuras se puede observar los espectros representados con los datos brutos, con la dispersión eliminada e interpolación de los mismos para los materiales iniciales: lodos de depuradora (Figura. 1), restos de poda (Figura. 2), muestra de sustratos iniciales y fase de maduración (Figuras 3 y 4) para la primera pila de compostaje.

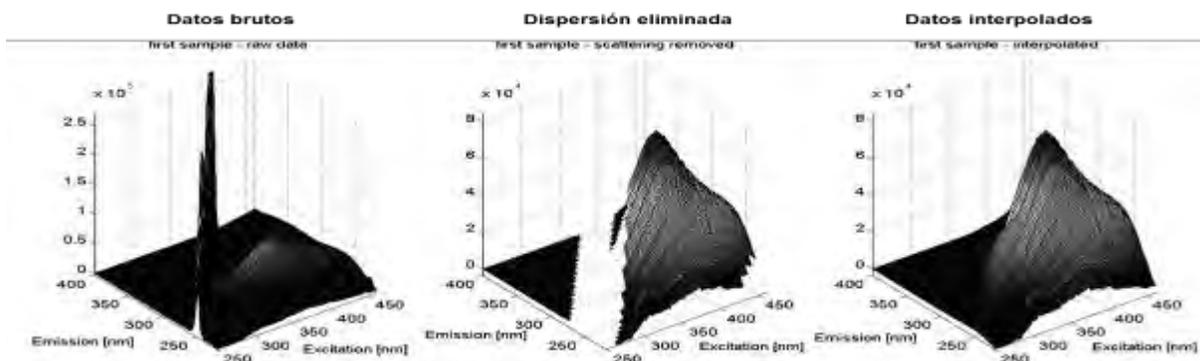


Figura 1. Espectro de EEM de los datos brutos, con dispersión eliminada e interpolada para la muestra del material inicial para compost "lodos depuradora 45".

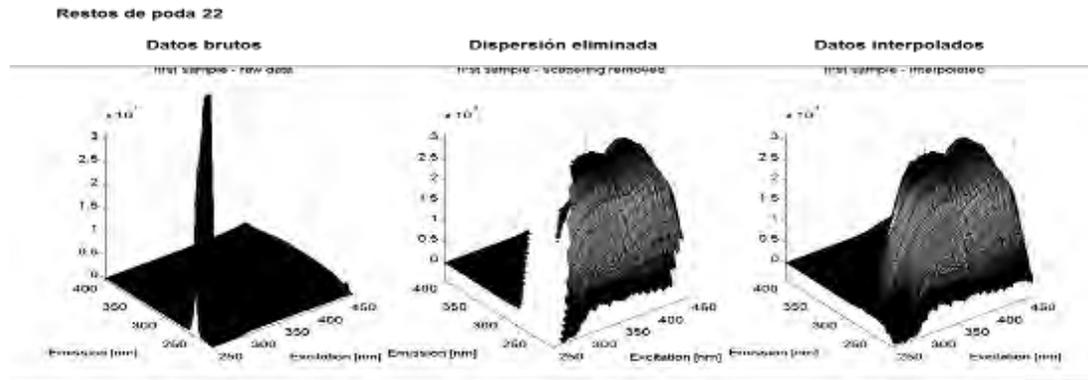


Figura 2. Espectro de EMM de los datos brutos, con dispersión eliminada e interpolada para la muestra del material inicial para compost “Restos de poda 22”.

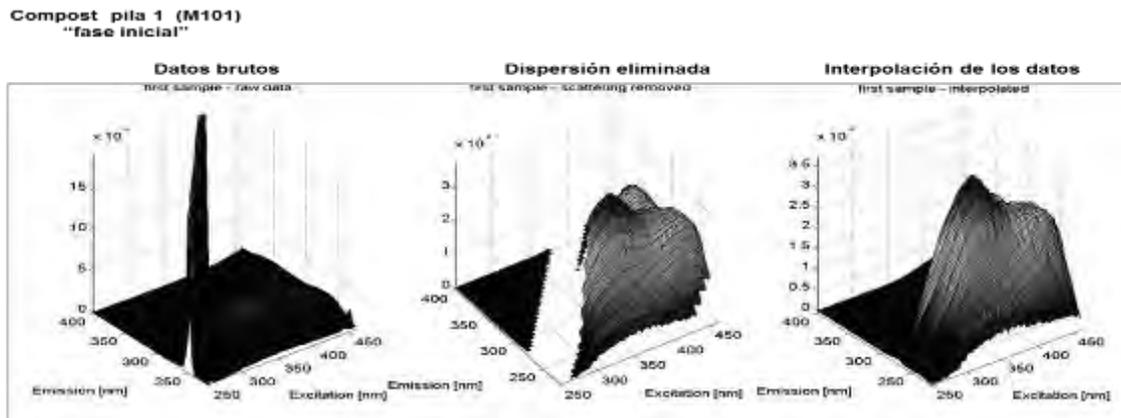


Figura 3. Espectro de EMM de los datos brutos, con dispersión eliminada e interpolada para la muestra de compost pila 1 (M101) en “fase inicial”.

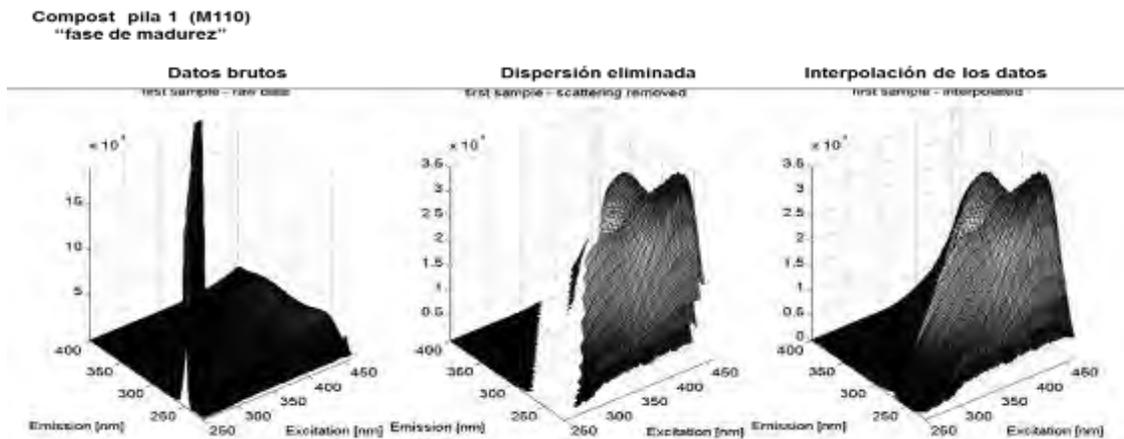


Figura 4. Espectro de EMM de los datos brutos, con dispersión eliminada e interpolada para la muestra de compost pila 1 (M110) en “fase de madurez”.

Al eliminar la dispersión de Raman y Raleigh se tiene una mejor apreciación de los fluoróforos, pero aún no se pueden distinguir los componentes pues las señales son muy anchas (Zhang et al., 2016). Teniendo interpolados los datos, se puede aplicar la herramienta quimiométrica de PARAFAC, para poder aislar el número de fluoróforos presentes. Generalmente en procesos de compostaje se suelen encontrar dos o tres fluoróforos (Marhuenda-Egea et al., 2007). Como se describió anteriormente, se construyó un modelo matemático con PARAFAC, pero para que fuera un buen modelo, que no utilizara muchos artificios matemáticos, se procesaron con un algoritmo y determinó del número correcto de componentes con el Diagnóstico de Consistencia Básica (CORCONDIA), el cual debe ser cercano al 100% para modelos adecuados. Eligiendo un modelo con 3 fluoróforos (Figura 5), se ha obtenido un valor de CORCONDIA de 78%. Los residuales en direcciones de emisión y excitación para modelos de cuatro y cinco componentes no se vio mejorada en comparación a la de tres componentes, por lo que se consideró que un modelo con tres componentes era el más apropiado, adicional a que la validación aplicando restricciones de ortogonalidad y no negatividad como puede ser probada con el método de Split-half Analysis (Zhang et al., 2016) que demuestra la fiabilidad del modelo. Los residuales que fueron eliminados no son significativos, lo cual también se puede observar la contribución de cada componente en la figura siguiente (Figura 5).

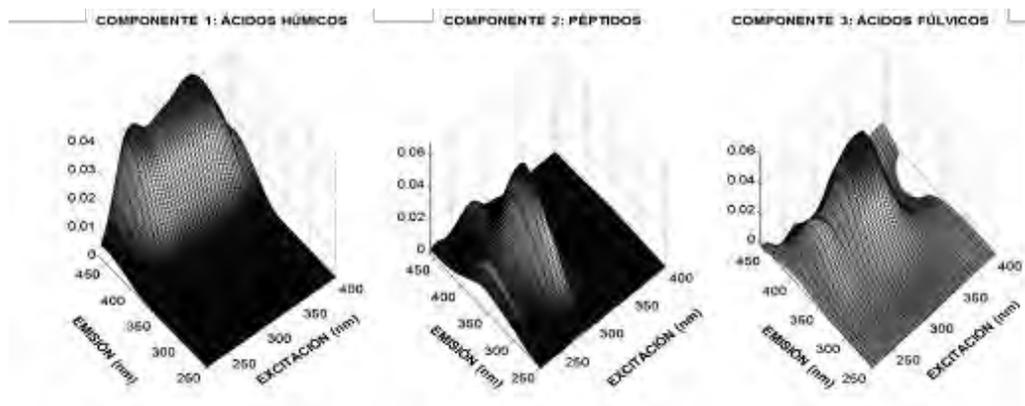


Figura 5. Representación de los componentes o fluoróforos encontrados en la muestra de compost aislada con el modelo de PARAFAC.

Como se describió anteriormente y tal como lo citan varios autores (añadir citas de esos autores), para poder descomponer el espectro, identificar los picos correspondientes en la muestra y saber su contribución global, se requirió del Parallel Factor Analysis (PARAFAC) (Bro y Kiers, 2003; Bahram et al., 2006; Zhang et al., 2016). En la Figura 5 se muestran los 3 componentes en las muestras de compost, los cuales de acuerdo a la posición de la señal de longitudes de onda en ellos. Para excitación y emisión, se puede identificar la naturaleza de

la materia orgánica. El componente 1, con longitud de onda de 450 nm para emisión y 340 y 260 nm de excitación, se asocia con anillos aromáticos asociados con moléculas orgánicas del tipo ácido húmico; el componente 2, con longitudes de onda de emisión a 360 nm y de excitación de 280 y 230 nm, correspondería a péptidos; y el componente 3, tiene características de ser del tipo ácido fúlvico al presentar señal en 390 nm para emisión y 310 y 250 nm de excitación (Figura 6).

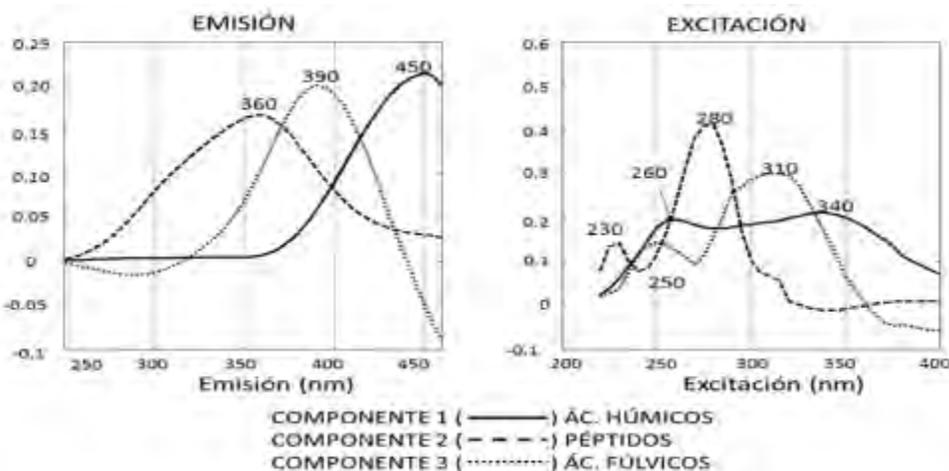


Figura 6. Representación aislada de los componentes obtenidos para el estudio de muestra de compost, señalando los picos máximos de longitud de onda de emisión y excitación. Componente 1 (ácidos húmicos), Componente 2 (péptidos) y Componente 3 (ácidos fúlvicos).

También se puede observar en la Figura 6, que todas las longitudes de onda emisión son unimodales, es decir, que sólo tienen un máximo valor de emisión, mientras que, para excitación, todos los datos de los tres componentes están superpuestos (Zhang et al., 2016). El Cuadro 1 muestra los pares de excitación y emisión de los picos máximos de cada componente, como también la descripción de componentes similares en estudios previos por distintos autores. Cabe señalar que las naturalezas de las muestras eran diferentes, por lo que no resultan ser exactos en los rangos de emisión/excitación, pero son bastante similares. Otra observación que puede hacerse es que son bastantes notorios los cambios en componentes fluorescentes durante el compostaje, ya que para las seis pilas se puede ver el cambio en la fracción orgánica. La contribución de cada fluoróforo puede ayudar a seguir el proceso de compostaje, ya que, por ejemplo, cuando se evalúa al componente 2 se puede observar que disminuye de una manera más acelerada, pues los péptidos son fácilmente metabolizados por los microorganismos durante el compostaje. Este patrón se ha observado de acuerdo al índice de fluorescencia calculado de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Fluorescencia (IF)} = \frac{\text{media \% componente 2}}{\text{media \% componente 1}} = \frac{\% \text{ péptido}}{\% \text{ ácido húmico}}$$

Cuadro 1. Posiciones de fluorescencia máxima para los tres componentes estudiados.

Estudio		Estudios previos		
Componente Fluorescente	Ex/Em (nm/nm)	Ex/Em (nm/nm)	Descripción	Referencia
Componente 1 del tipo Ácido húmico	260,340/450	<250, 320/400	Húmico tipo microbiano	(Murphy et al., 2011)
		270,370/467	Húmico tipo terrestre	(Zhang et al., 2016)
		270,350/458	Húmico tipo terrestre y ubicuo.	(Lv et al., 2014)
		335/436	Ác. Húmico origen orgánico	(Marhuenda-Egea et al., 2007)
		330/425	Ac. Húm. Residuos sólidos domésticos	
Componente 2 Péptidos	230,280/360	230,280/330	Proteína	(Lv et al., 2014)
		290/352	Proteína Tryptófano	(Murphy et al., 2011)
		225,275/302	Proteína	(Zhang et al., 2016)
		230/338	Tirosina	(Marhuenda-Egea et al., 2007)
		280/340	Tryptófano	
Componente 3 Ácidos fúlvicos	250,310/390	230,320/425	Ácidos fúlvicos	(Guo et al., 2012)
		250/438	Ácidos fúlvicos	(Marhuenda-Egea et al., 2007)

Se hace la evaluación de la pérdida de péptidos con respecto al ácido húmico ya que son los ácidos húmicos el componente mayoritario en la fase de maduración y que a medida que, va avanzando el tiempo, el porcentaje de sustancias húmicas se incrementa frente al total de la materia orgánica, por lo que los parámetros relacionados con la humificación son utilizados para determinar la madurez y estabilidad del compost (Moreno-Casco y Moral-Herrero, 2008). De esta manera, se llegó al razonamiento del cálculo del índice de fluorescencia. Así también, se reitera que los péptidos son los compuestos más fáciles de degradar por las bacterias en las fases mesófilas y termófilas durante el compostaje (Moreno-Casco y Moral-Herrero, 2008). Este comportamiento se observa para todas las pilas de compostaje (Figura 7). La variación en la escala depende el tipo de sustrato inicial con el que se elaboró el compost.

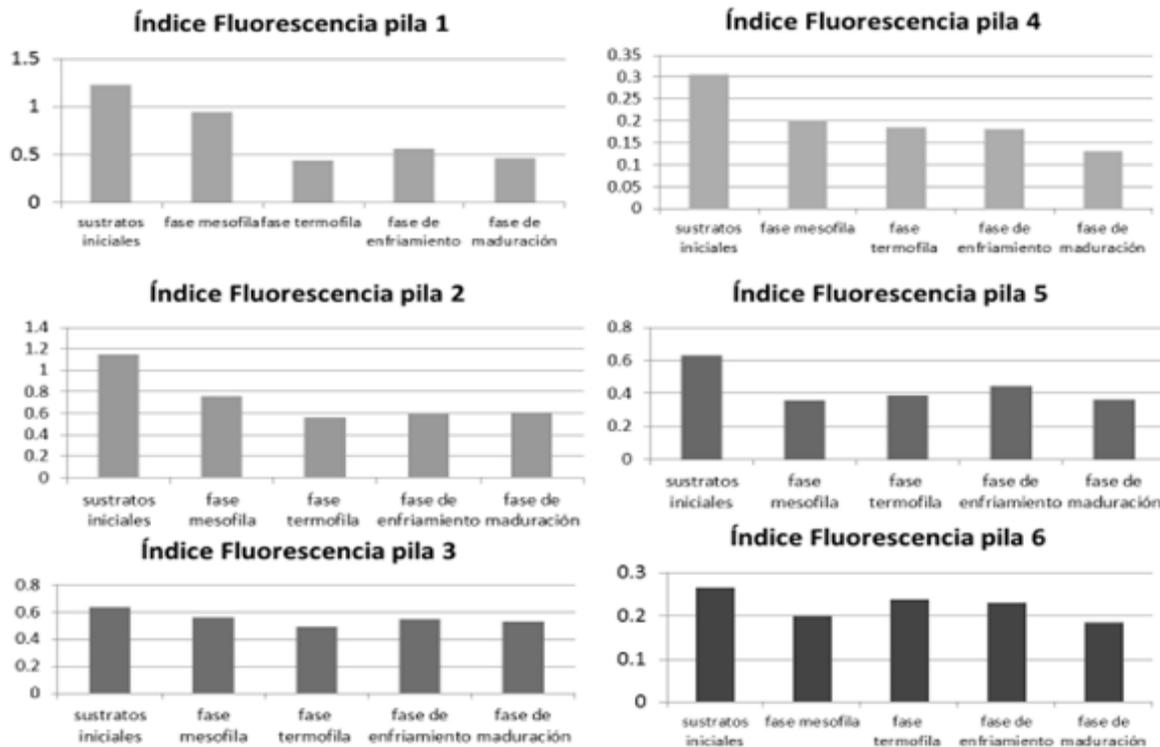


Figura 7. Índices de Fluorescencia presentados para las pilas de estudio.

Conclusiones

El uso de técnicas térmicas y espectrales proporcionan un conocimiento preciso de los cambios de la materia orgánica que ocurren durante todo el proceso de compostaje, estas técnicas pueden también utilizarse para complementar los análisis químicos clásicos. El análisis de los espectros de fluorescencia EEM permite identificar diferentes fluoróforos. Estos fueron los ácidos húmicos localizados a una longitud de onda de 450 nm de emisión y 260, 340 nm de excitación, los ácidos fúlvicos 390/ 230, 280 nm (em/ex) y los péptidos a 360/ 230, 280 nm (em/ex) y comprobamos que el proceso de compostaje puede seguirse a través de la contribución de cada fluoróforo. Se propone el cálculo del índice de Fluorescencia para evaluar el grado de transformación de la Materia Orgánica la cual nos indica que se ha efectuado correctamente el proceso de compostaje y que el producto “compost” ha alcanzado su madurez al final de 45 días, pues al ser metabolizados los péptidos por los microorganismos durante la fase mesófila y termófila, se nota el incremento de sustancias húmicas frente al total de la materia orgánica. Al usar esta técnica se dará un seguimiento apropiado de la materia orgánica, además de que no se requiere una preparación compleja de la muestra para los análisis, con lo que podremos obtener información del proceso de una manera rápida y segura.

Literatura citada

- Andersson, C.A. y Bro, R., 2000. The N-way Toolbox for MATLAB. pp.1–4.
- Bahram, M. et al., 2006. Handling of Rayleigh and Raman scatter for PARAFAC modeling of fluorescence data using interpolation. *Journal of Chemometrics*, 20(3–4):99–105.
- Benlboukht, F. et al., 2016. Biotransformation of organic matter during composting of solid wastes from traditional tanneries by thermochemolysis coupled with gas chromatography and mass spectrometry. *Ecological Engineering* 90:87–95.
- Bertoncini, E.I. et al., 2005. Fluorescence analysis of humic and fulvic acids from two Brazilian oxisols as affected by biosolid amendment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 381(6):1281–1288.
- Bro, R., 1997. PARAFAC. Tutorial and applications. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 38(2):149–171.
- Bro, R. y Kiers, H.A.L., 2003. A new efficient method for determining the number of components in PARAFAC models. *Journal of Chemometrics* 17(5):274–286.
- Cui, Y. et al., 2016. Three-dimensional excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy and fractions of dissolved organic matter change in landfill leachate by biological treatment. *Environmental Science and Pollution Research* 23(1):793–799.
- Marhuenda-Egea, F.C. et al., 2007. Dissolved organic matter fractions formed during composting of winery and distillery residues: Evaluation of the process by fluorescence excitation-emission matrix.
- Mobed, J.J. et al., 1996. Fluorescence characterization of IHSS humic substances: Total luminescence spectra with absorbance correction. *Environmental Science and Technology*, 30(10):3061–3065.
- Moreno-Casco, J. y Moral-Herrero, R. (Edit. C., 2008). *Compostaje*, Madrid.
- Pan, H. et al., 2017. Application of solid surface fluorescence EEM spectroscopy for tracking organic matter quality of native halophyte and furrow-irrigated soils. *Ecological Indicators* 73:88–95.
- Zhang, S. et al., 2016. Assessing the stability in composting of penicillin mycelial dreg via parallel factor (PARAFAC) analysis of fluorescence excitation-emission matrix (EEM). *Chemical Engineering Journal* 299:167–176.

ESTRÉS OSMÓTICO *in vitro* DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Reyna Rebeca Díaz Vásquez⁴⁹⁶, Odón Castañeda Castro^{496*}, Javier Emanuel Bulbarela Marini⁴⁹⁶ y
Miriam Cristina Pastelín Solano⁴⁹⁶

Resumen

Los obstáculos que enfrentan los cultivos a causa del cambio climático, hacen preciso el estudio del comportamiento de la caña de azúcar ante el estrés abiótico, con el fin de identificar aquellas variedades con capacidad para la adaptación a éste tipo de ambientes. El propósito del presente estudio fue evaluar las respuestas fisiológicas de variedades Mex 69-290, MotzMex 01-403 y CP 94-1100 de caña de azúcar bajo estrés osmótico cultivadas *in vitro*. El estrés hídrico se indujo en un medio de cultivo MS, con tres concentraciones de polietilenglicol (PEG 6000) al 3, 6 y 9% y el estrés salino con cloruro de sodio (NaCl) en 50, 75 y 100 mM. Después de 30 d, se analizó el contenido de prolina y clorofila. Se realizó un análisis estadístico ANOVA con pruebas de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$). Bajo estrés hídrico *in vitro*, la variedad CP 94-1100 alcanzó las acumulaciones más altas de prolina y clorofila, mientras que, MotzMex 01-403 presentó la mayor concentración de prolina en estrés salino.

Palabras Clave: *Saccharum* spp., sequía, salinidad, prolina, clorofila

Introducción

La caña de azúcar es el cultivo más importante de los lugares tropicales y subtropicales del mundo por su predominante contenido de sacarosa en el tallo y a partir de la cual se produce primordialmente azúcar y etanol, en la actualidad la idea de su aprovechamiento íntegro mediante productos y subproductos ya no se concibe como potencial, sino como realidad (Azevedo et al., 2011). La productividad de caña se ha visto afectada por las implicaciones del cambio climático, que ha propiciado entre otras cosas sequías y suelos salinos (Gómez-Merino et al., 2014).

⁴⁹⁶ Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Prolongación de Oriente 6 No. 1009. CP94340. Orizaba, Veracruz. *Autor de correspondencia: odcastaneda@uv.mx

La sequía y la salinidad repercuten en muchas reacciones de las plantas, estas condiciones producen deshidratación citológica, que provoca el estrés osmótico reflejado negativamente en las estructuras celulares y el metabolismo. Por otro lado, las características en una planta que conducen a la adaptación al estrés constan de procesos complejos, que se evidencian en cambios como el crecimiento atenuado y acumulación de solutos compatibles (Bartels y Sunkar, 2005). Por lo anterior, una comprensión clara de los complicados mecanismos de respuestas reguladoras al estrés osmótico en plantas aseguraría estrategias innovadoras para mejorar la tolerancia a este estrés abiótico, en beneficio directo para la agricultura (Cushman, 2001).

Hasta ahora, las investigaciones acerca de la caña de azúcar, desde múltiples perspectivas y con gran diversidad de genotipos, han cobrado importancia. Sin embargo, la relevancia del estudio aquí expuesto radica en la escasa información existente relacionada con las variedades que se presentan, especialmente en cuanto a estrés osmótico (Azevedo et al., 2011).

En el presente trabajo se estudió el comportamiento de las variedades Mex 69-290, MotzMex 01-403, CP 94-1100 de caña de azúcar sometida a estrés osmótico in vitro mediante la adición del PEG 6000 y de NaCl.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el LADISER de Biotecnología y Criobiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, iniciando los estudios en el mes de septiembre del 2016 y concluyendo en mayo del 2017.

El material vegetal utilizado fueron vitroplantas de las variedades Mex 69-290, MotzMex 01-403 y CP 94-1100 de caña de azúcar. El medio de cultivo empleado fue el MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 100 mg L^{-1} de ácido cítrico, 50 mg L^{-1} de ácido ascórbico, 1 mg L^{-1} de kinetina, 0.05 mg L^{-1} de ácido indolacético y 1.5 mg L^{-1} de bencilamonopurina. El pH del medio se ajustó a 5.7 ± 0.1 y fue depositado 20 mL de medio en frascos con capacidad para 500 mL.

El estrés osmótico in vitro se indujo en condiciones asépticas, ápices de 2 cm de las variedades Mex 69-290, MotzMex 01-403 y CP 94-1100 de caña de azúcar, se sometieron a las concentraciones de PEG 6000 al 3, 6 y 9% y NaCl 50, 75 y 100 mM, se incubaron durante 21 d en un fotoperíodo de 16 h luz y 8 h oscuridad a temperatura de 25°C .

Cuantificación de prolina y clorofila

La cuantificación de prolina se llevó a cabo mediante el método descrito por Bates et al. (1973), mientras que, la cuantificación de clorofila se determinó mediante la metodología descrita por Harborne (1973).

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis estadístico ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$) con el programa estadístico STATISTICA 10.

Resultados y Discusión

Efecto del PEG 6000 en la concentración de prolina y clorofila

La mayor concentración de prolina se presentó en la variedad CP 94-1100 con la adición del 6% de PEG 6000 al medio de cultivo (Cuadro 1), la concentración del osmoprotector disminuye cuando es más negativo el potencial osmótico en el medio de cultivo.

Cuadro 1. Concentración de prolina en tres variedades de caña de azúcar sometida a estrés hídrico con PEG 6000 in vitro.

Variedad	PEG (%)	Prolina ($\mu\text{moles/g PF}$)
Mex 69-290	0	191.47 \pm 1.43a
	3	127.59 \pm 1.08c
	6	152.99 \pm 1.43b
	9	109.89 \pm 1.88d
MotzMex 01-403	0	71.41 \pm 1.08b
	3	93.73 \pm 1.88 ^a
	6	69.11 \pm 1.43b
	9	71.80 \pm 0.94d
CP 94-1100	0	44.86 \pm 1.43d
	3	88.35 \pm 0.54c
	6	390.41 \pm 0.94a
	9	178.00 \pm 0.94b

Medias \pm DE con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.05$).

Los datos obtenidos coinciden con los reportados por Abbas et al. (2014), Medeiros et al. (2013), Patade et al. (2012) y Ashraf y Foolad (2007), quienes asocian las altas concentraciones de prolina en caña de azúcar y en otros cultivos como una respuesta de

resistencia a dicho estrés. La variedad Mex 69-290 de caña de azúcar presentó los niveles más altos de clorofila, que disminuyeron al estar expuestas al estrés hídrico bajo, pero los niveles de clorofila aumentan cuando el potencial osmótico es más negativo en el medio de cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración de clorofila total en las tres variedades de caña de azúcar sometidas a estrés hídrico con la adición de PEG 6000 in vitro.

Variedad	NaCl (mM)	Prolina (μ moles/g PF)
Mex 69-290	0	191.47 \pm 1.43c
	50	127.59 \pm 1.08a
	75	152.99 \pm 1.08b
	100	109.89 \pm 2.37c
MotzMex 01-403	0	71.41 \pm 1.08c
	50	93.73 \pm 1.08a
	75	69.11 \pm 2.72d
	100	71.80 \pm 1.43b
CP 94-1100	0	44.86 \pm 1.43b
	50	88.35 \pm 1.08c
	75	390.41 \pm 1.43a
	100	178.00 \pm 1.96c

Medias \pm DE con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.05$).

Efecto del NaCl en la concentración de prolina y clorofila

La respuesta al estrés salino se observó en la variedad de caña de azúcar MotzMex 01-403 quien presentó la mayor concentración de prolina bajo niveles de 50 mM de NaCl al medio de cultivo (Cuadro 3).

Mex 69-290 muestra un comportamiento similar en contenidos de prolina al encontrado por Castañeda-Castro et al. (2014), en la misma variedad de caña de azúcar en medio de cultivo salino; donde, aunque las concentraciones del osmolito no son idénticas a las del presente estudio, si son siempre menores entre mayor agente estresante haya en el medio. Por su parte CP 94-1100 mantuvo una postura parecida, en lo que a prolina concierne, a otras variedades resistentes al estrés salino tales como: K 88-92 estudiado por Poonsawat et al. (2015), y CP 72-2086 experimentado por Castañeda-Castro et al. (2014), además de los callos de caña de azúcar también tolerantes a estrés osmótico como Co 86032 que presenta Patade et al. (2012). La variedad Mex 69-290 presenta los niveles más altos de clorofila, con la adición de 75 mM de NaCl en el medio de cultivo (Cuadro 4).

Cuadro 3. Concentración de prolina en las tres variedades de caña de azúcar sometida a estrés hídrico con PEG 6000 in vitro.

Variedad	PEG (%)	Clorofila (mg/g PF)
Mex 69-290	0	0.96±0.01a
	3	0.59±0.01b
	6	0.50±0.03d
	9	1.02±0.01c
MotzMex 01-403	0	0.34±0.00c
	3	0.50±0.00a
	6	0.25±0.00b
	9	0.45±0.01c
CP 94-1100	0	0.20±0.00d
	3	0.25±0.01a
	6	0.38±0.01c
	9	0.25±0.01b

Medias ± DE con letras iguales indican que en cada evaluación no existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.05$).

Cuadro 4. Concentración de clorofila total en las tres variedades de caña de azúcar bajo estrés salino.

Variedad	NaCl(mM)	Clorofila (mg/g PF)
Mex 69-290	0	0.96±0.01a
	50	0.59±0.00d
	75	0.50±0.02b
	100	1.02±0.01c
MotzMex 01-403	0	0.34±0.00b
	50	0.50±0.00a
	75	0.25±0.00c
	100	0.45±0.00d
CP 94-1100	0	0.20±0.00b
	50	0.25±0.00c
	75	0.38±0.01a
	100	0.25±0.00bc

Medias ± DE con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.05$).

Las variedades MotzMex 01-403 y Mex 69-290 resultaron sensibles al estrés salino, al experimentar concentraciones más bajas de clorofila y prolina en condiciones de estrés, pues según experimentos realizados en caña de azúcar con estrés osmótico (Rahman et al., 2015;

Medeiros et al., 2013; Silva et al., 2013), las variedades más sensibles a este estrés tienden a registrar concentraciones más bajas de clorofila conforme disminuye el potencial osmótico de su medio. De igual manera, Poonsawat et al. (2015) y Begum et al. (2012) han revelado que las variedades que mantienen cantidades constantes de clorofila durante el estrés son más resistentes al mismo.

Las tres variedades mostraron menor tolerancia al estrés salino que al hídrico, a pesar de que el potencial osmótico que se logra por estrés salino es mayor al del estrés hídrico, conforme a Mehta et al. (2010), esto podría deberse a que los efectos del estrés salino son mayormente dañinos al representar la suma del estrés osmótico y la toxicidad iónica.

Conclusiones

La variedad CP 94-1100 fue considerada la más tolerante al estrés osmótico, al poseer los mayores contenidos de clorofila y prolina. Las variedades MotzMex 01-403 y Mex 69-290, poseen capacidad de adaptación al estrés hídrico, pero en menor grado y en ese orden de descenso. Las tres variedades son más sensibles al estrés salino que al hídrico, al presentar bajo esa condición las mayores reducciones en los niveles de clorofila y prolina.

Literatura citada

Abbas, S. R., Ahmad, S. D., Sabir, S. M., y Shah, A. H. 2014. Detection of drought tolerant sugarcane genotypes (*Saccharum officinarum*) using lipid peroxidation, antioxidant activity, glycine-betaine and proline contents. *Journal of soil science and plant nutrition* 14(1):233-243.

Ashraf, M., y Foolad, M. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59(2):206-216.

Azevedo, R. A., Carvalho, R. F., Cia, M. C., y Gratão, P. L. 2011. Sugarcane under pressure: an overview of biochemical and physiological studies of abiotic stress. *Tropical Plant Biology* 4(1):42-51.

Bartels, D., y Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Critical reviews in plant sciences* 24(1):23-58.

Bates, L. S., Waldren, R. P., y Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*. 32(1).

- Begum, M. K., Alam, M. R., Islam, M. S., y Arefin, M. S. 2012. Effect of water stress on physiological characters and juice quality of sugarcane. *Sugar Tech.* 14(2):161-167.
- Castañeda-Castro, O., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Jácome-Ortiz, L., Hernández de la Luz, H., Morales-Ramos, V. 2014. Respuestas de las variedades Mex 69-290 y CP 72-2086 de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a la salinidad. *Agroproductividad.* 7(2):55-59.
- Cushman, J. C. 2001. Osmoregulation in Plants: Implications for Agriculture. *American Zoologist.* 41(4):758-769.
- Gómez-Merino, F., Trejo-Téllez, L., Morales-Ramos, V., Salazar-Ortiz, J., Velasco-Velasco, J., y Sentíes-Herrera, H. 2014. Necesidades de innovación en la producción de azúcar de caña (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad.* 7(2):22-23.
- Grivet, L., y Arruda, P. 2002. Sugarcane genomics: depicting the complex genome of an important tropical crop. *Current Opinion in Plant Biology.* 5(2):122-127.
- Harborne, J. B. 1973. Phenolic compounds. In *Phytochemical methods.* Springer Netherlands. 278 p.
- Jain, R., Chandra, A., Venugopalan, V. K., y Solomon, S. 2015. Physiological changes and expression of SOD and P5CS genes in response to water deficit in sugarcane. *Sugar Tech.* 17(3):276-282.
- Medeiros, D. B., Silva, E. C. D., Nogueira, R. J. M. C., Teixeira, M. M., y Buckeridge, M. S. 2013. Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 25(3):213-222.
- Mehta, P., Jajoo, A., Mathur, S., y Bharti, S. 2010. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology and Biochemistry.* 48(1):16-20.
- Murashige, T., y Skoog., F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum.* 15(3):26.
- Otero, L., Francisco, A., Gálvez, V., Morales, R., Sánchez, I., Labaut, M. 2014. Caracterización y evaluación de la salinidad. La Habana: Instituto de Suelos. 1-9
- Pagariya, M. C., Devarumath, R. M., y Kavar, P. G. 2012. Biochemical characterization and identification of differentially expressed candidate genes in salt stressed sugarcane. *Plant Science.* 184:1-13.

Patade, V. Y., Bhargava, S., y Suprasanna, P. 2012. Effects of NaCl and iso-osmotic PEG stress on growth, osmolytes accumulation and antioxidant defense in cultured sugarcane cells. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 108(2):279-286.

Poonsawat, W., Theerawitaya, C., Suwan, T., Mongkolsiriwatana, C., Samphumphuang, T., Cha-um, S. 2015. Regulation of some salt defense-related genes in relation to physiological and biochemical changes in three sugarcane genotypes subjected to salt stress. *Protoplasma*. 252(1):231-243.

Rahman, M. A., Ren, L., Wu, W., y Yan, Y. 2015. Proteomic analysis of PEG-induced drought stress responsive protein in TERF1 overexpressed sugarcane (*Saccharum officinarum*) leaves. *Plant Molecular Biology Reporter* 33(3):716-730.

Silva, M. D. A., Jifon, J. L., Santos, C. M. D., Jadoski, C. J., y Silva, J. A. G. D. 2013. Photosynthetic capacity and water use efficiency in sugarcane genotypes subject to water deficit during early growth phase. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 56(5):735-748.

Valiente, Ó. M. 2001. Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones geográficas*. *Investigaciones Geográficas*. 26:59-80.

PERCEPCIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN HUATUSCO Y DEL USO DE BIOTECNOLOGÍAS PARA SU ATENCIÓN

Montserrat Vidal Álvarez^{497*} y José Luis Marín Muñiz⁴⁹⁷

Resumen

El agua tiene un valor fundamental para los seres humanos, debido a que constituye uno de los recursos básicos para hacer posible la existencia de vida, además resulta fundamental para el desarrollo socio-económico y el desarrollo sustentable. Sin embargo, la contaminación del agua por descargas de aguas residuales es una de las problemáticas más recurrentes en México a la cual debe ponerse urgente atención, para evitar seguir causando impactos ambientales a los cuerpos de agua, así como daños a la salud pública de los consumidores y problemáticas sociales. El municipio de Huatusco en el estado de Veracruz no está exento de esta situación, ya que, al no contar con planta de tratamiento de aguas residuales, muchas de las descargas domésticas y de actividades productivas contaminan los ríos y cuerpos de agua comprometiendo la disponibilidad del recurso hídrico. Una manera de atender esta situación es a través de diversos proyectos de las Instituciones de Educación Superior. En el presente trabajo se realizó una encuesta de percepción a estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco para conocer la percepción que tenían sobre sus recursos hídricos, así como las posibles biotecnologías para el tratamiento de agua. La formación académica de éstos estudiantes, así como las asignaturas que se imparten en su carrera favorecen la construcción de conocimientos propios para atender una problemática que se vive día a día en su municipio: la contaminación del agua por descargas de agua residuales domésticas, de trapiches, escurrimientos de campos agrícolas, entre otros. El presente estudio, tiene como objetivo que, a través de la percepción de los estudiantes de nivel superior de Huatusco, se encuentren las mejores estrategias de transformación social que impliquen procesos de carácter educativo en la participación, diálogo e interacción para el desarrollo de estrategias para el buen uso del agua, así como sentar las bases respecto a los mejores sistemas de tratamiento de la misma para su futura aplicación y que repercutan en un beneficio comunitario.

⁴⁹⁷ El Colegio de Veracruz. Xalapa, Veracruz, México. monserrat.vidal@gmail.com

Palabras clave: percepción, humedales, biotecnología, educación superior, estudiantes

Introducción

Disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano es una de las demandas básicas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar en general tal es el caso, que en México esta temática se reconoce con urgente atención en los instrumentos rectores de planeación nacionales: el Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018 y el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (CONAGUA, 2014). En la actualidad existen múltiples problemáticas en torno al agua, entre los que destacan la falta de abastecimiento, falta de acceso al agua en calidad y cantidad, altos índices de contaminación y falta de saneamiento o tratamiento de la misma. Asimismo, a nivel mundial se estima que anualmente mueren 2.2 millones de personas por enfermedades relacionadas con el agua de mala calidad, y otros miles padecen una variedad de enfermedades que contribuyen a la desnutrición, relacionadas con el trinomio agua-saneamiento-higiene (Bosch et al., 2007).

En México una de las razones por las que se han incrementado los índices de contaminación del agua se debe al manejo inadecuado de las descargas de aguas residuales y al ineficiente tratamiento que se les da a las mismas, estas problemáticas repercuten de manera importante en la subsistencia de los ecosistemas, en la salud de los habitantes y en las actividades productivas que hacen uso de este vital recurso. Tal es el caso del municipio de Huatusco en el estado de Veracruz, ya que aunado al crecimiento poblacional, al mal uso del agua, las descargas de aguas residuales domésticas y de beneficios de café de la zona, así como la falta de tratamiento de las mismas; la contaminación de los ríos se ha incrementado de manera importante en los últimos años, (Huerta, 2013; Olvera, 2015). En este sentido, es común que se observen notas periodísticas sobre la falta de abastecimiento del agua en algunas partes del municipio; tuberías dañadas y problemas de salud por ingerir agua contaminada (Hernández, 2016; Ambrosio, 2016)

No se puede resolver una problemática si no se conoce a fondo, incluso dar una solución implica que los principales afectados se identifiquen e involucren en establecer alternativas para un beneficio en común, en este caso sobre un mejor uso y aprovechamiento del agua. Zelezny y Schultz (2000) explican que, indiscutiblemente, los problemas ambientales son cuestiones sociales causadas por el comportamiento humano, y su resolución exigirá cambios en la conducta individual y social. Otros autores consideran que es a través del análisis de las experiencias y/o percepciones ambientales, que se puede fomentar en los ciudadanos acciones de educación ambiental (EA), que estén orientadas a generar cambios de actitud y fortalecer la autonomía comunitaria para el cuidado y preservación de sus

recursos y para que las acciones de EA sean exitosas un paso esencial es conocer cómo los individuos conviven e interactúan con ellos a través de sus percepciones (Marín-Muñiz et al., 2016). En ese sentido, es relevante conocer la percepción que tienen las nuevas generaciones respecto a las problemáticas del agua que ocurren en su municipio e involucrarlos en el diseño de estrategias para dar solución a las mismas.

El Instituto Tecnológico Superior de Huatusco (ITSH) es una institución educativa de nivel superior comprometida con el desarrollo económico, político, social y cultural de su entorno, por ello su personal administrativo, docente y directivo, destaca en el empeño con que impulsan el Modelo educativo para el Siglo XXI y las actividades académicas y administrativas que esto con lleva, con particular énfasis en aquellas orientadas a la investigación y el desarrollo tecnológico, la transferencia de ciencia y tecnología, la creación de nuevas empresas y la difusión de la cultura y las artes, con el objeto de dotar a nuestros alumnos y egresados de herramientas que les permitan un desempeño competitivo y exitoso en sus actividades profesionales para el mejor desarrollo del país (Mirón, 2012). Dentro de las carreras que se imparten en el ITSH se encuentra la de Ingeniería Ambiental, la cual tiene como objetivo: Formar profesionistas en Ingeniería Ambiental éticos, analíticos, críticos y creativos con las competencias para identificar, proponer y resolver problemas ambientales de manera multidisciplinaria, asegurando la protección, conservación y mejoramiento del ambiente, bajo un marco legal, buscando el desarrollo sustentable en beneficio de la vida en el planeta. Aprovechando este compromiso y características de la institución, así como de la carrera de ingeniería ambiental para la presente investigación, los sujetos de estudio fueron estudiantes de nivel superior, pues se considera que pueden fungir como principales agentes y promotores de cambio e impulsar activamente la transformación necesaria hacia una cultura de cuidado del agua e implementación de eco-tecnologías para el tratamiento de la misma.

Materiales y métodos

Descripción del sitio de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de Huatusco el cual se encuentra ubicado entre los paralelos 19° 04' y 19° 13' de latitud norte; los meridianos 96° 41' y 97° 04' de longitud oeste; altitud entre 400 y 2,000 m. De acuerdo a información de uso de suelo y vegetación del INEGI (2005), el municipio de Huatusco tiene una superficie continental de 202.5 km², de la cual más del 50% está destinada a la agricultura y a pastizales (106.4 y 52.5 km², respectivamente). Los principales cultivos que se tienen en el municipio son el café cereza, caña de azúcar y maíz grano (SAGARPA, 2013). Cabe señalar que el municipio no

cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que gran parte de esta es descargada directamente a los ríos, contaminando así las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad, generando además problemas sociales y de salud respecto a la calidad del agua, mala imagen de los ríos y el municipio, así como mayores costos para el tratamiento y potabilización del agua. Huatusco pertenece a la subcuenca alta del río Jamapa, por donde atraviesan 11 corrientes de agua, seis ríos perennes (Capula, Chiquito, El Castillo, Jamapa, Seco y Tlilapa) y cinco intermitentes (Aguacapa, Capulapa, Citlalapa, Sonso y Zocapa) (INEGI, 2009). Estos ríos son de suma importancia ya que no sólo abastecen de agua a las comunidades cercanas que la utilizan para consumo humano, sino que también proveen de agua a todas las actividades productivas de la zona como son actividades agropecuarias y agroindustriales.

Encuesta

Como docente del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, formé parte de la academia de la carrera de Ingeniería Ambiental impartiendo las siguientes asignaturas: Fundamentos de Aguas Residuales, Potabilización del Agua, Toxicología Ambiental y Gestión Ambiental, dentro de las cuales surgió la problemática e inquietud de los estudiantes por participar en la resolución de un problema que viven diariamente en el municipio: la contaminación del agua por descargas de aguas residuales. Para atender esta situación el primer paso fue diseñar una encuesta para conocer

Se diseñó una encuesta de 46 reactivos integrada por preguntas abiertas, de escala de Lickert y de opción múltiple. Las preguntas se clasificaron en los siguientes temas:

- Problemáticas ambientales de Huatusco
- Disponibilidad y abastecimiento del agua
- Calidad y contaminación del agua
- Tratamiento del agua
- Uso de Eco-bio-tecnologías para el tratamiento del agua

Cabe señalar que para el presente trabajo únicamente se presentan los resultados de algunas preguntas.

Los datos cualitativos se analizaron mediante un análisis de triangulación y los datos cuantitativos de la escala tipo licker serán analizados con SPSS con el método de consistencia interna basado en el alfa de Cronbach, el cual permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica (datos no mostrados).

Resultados y discusión

Del total de estudiantes encuestados 64 fueron mujeres y 36 hombres. Se les preguntó a los estudiantes cuales consideraban que eran las problemáticas ambientales que identificaban en el municipio e Huatusco, en la figura 1 se puede observar que los estudiantes identificaron cuatro problemáticas principales: la generación de mucha basura, la contaminación del agua, carencia y escasez de agua y la destrucción de cerros y tala de árboles. En el rubro de “otros”, los estudiantes mencionan problemas relacionados con corrupción e inseguridad.

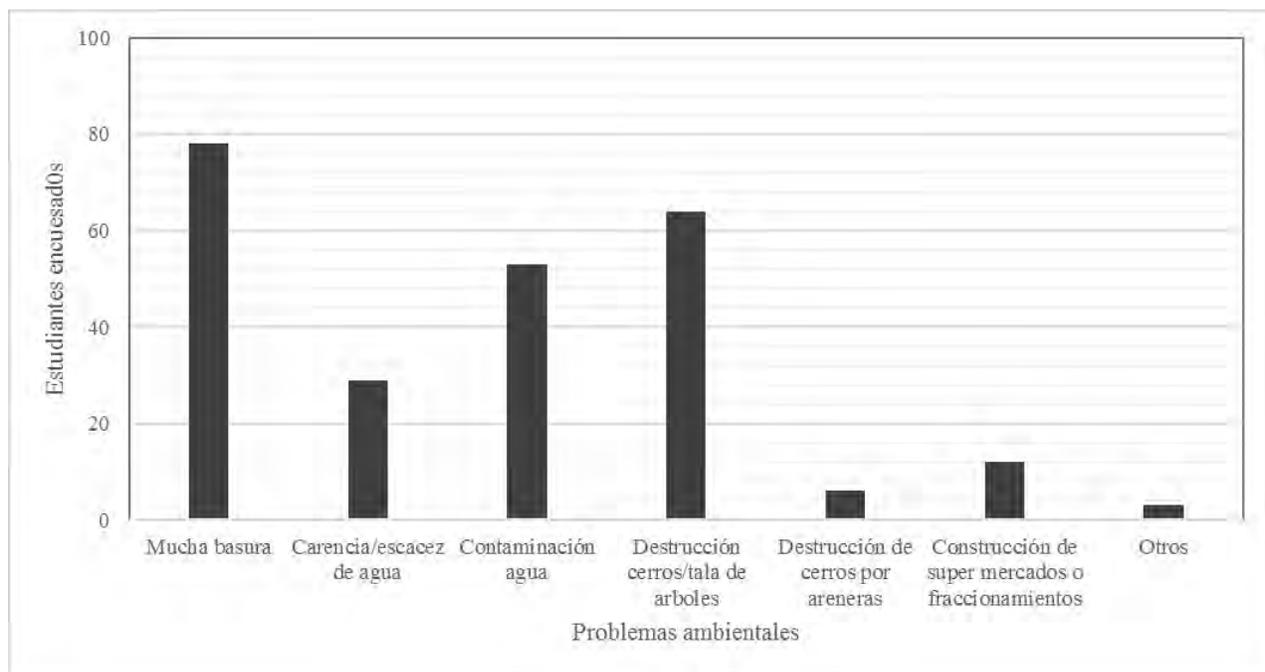


Figura 1. Problemáticas ambientales en el municipio de Huatusco identificadas por los estudiantes del ITSH.

Por otro lado, se les preguntó ¿Cómo consideraban la calidad del agua de consumo? Sesenta de los estudiantes mencionaron que normal, 28 dijeron que la calidad era buena, y 12 que la calidad era muy buena, con estos resultados se puede observar que la percepción que tienen los estudiantes del agua que proviene del servicio público se encuentra en esas tres categorías (normal, buena y muy buena). Respecto a la contaminación del agua, se les pidió a los estudiantes su opinión personal, a continuación, se mencionan las respuestas más recurrentes de los estudiantes:

“Hace falta concientizar más a las personas sobre los problemas de contaminación y tener compromiso en su cuidado”, “Los jóvenes debemos hacernos cargo de difundir los efectos que tiene los problemas del agua”, “Se deben fomentar los tratamientos no costosos del agua contaminada”, “Hace falta más investigación en estos temas”, “No debe haber corrupción”,

“Se deben tomar medidas de prevención”, “Debemos fomentar una cultura de respeto y valorar nuestros recursos naturales”. Se puede observar por las respuestas de los estudiantes que existe una preocupación latente para difundir en su comunidad la importancia del cuidado del agua, así como los impactos que se generan derivados de la contaminación de la misma, además del interés de participar activamente en la solución de las éstas problemáticas. En este mismo sentido se les preguntó si sabían si en el municipio de Huatusco existía una planta de tratamiento de aguas residuales, 70 de los estuiantes respondieron acertadamente ya que no eiste una planta de tratameinto de aguas residuales que se encuentre en operación, el resto de los estudiantes respondieron que no sabían o que sí, este desconocimiento puede deberse a la falta de información (Figura 2).

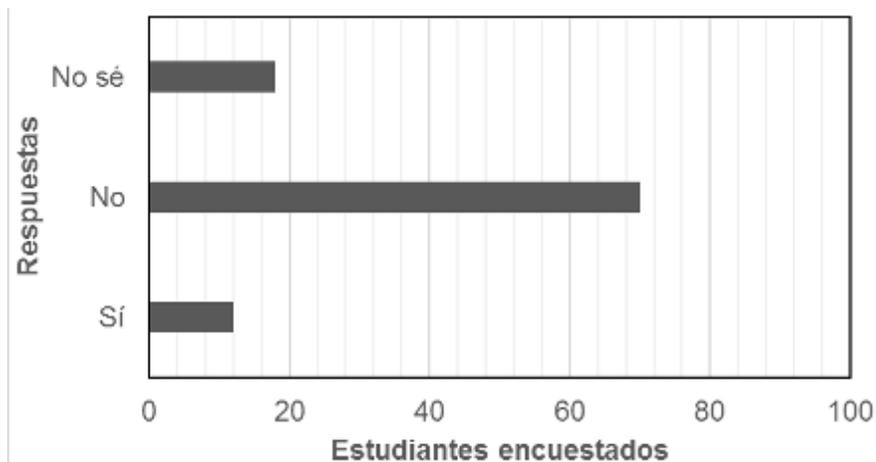


Figura 2. Conocimiento sobre la existencia de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Huatusco.

Otra de las preguntas incluidas en la encuesta fue mencionaran si conocían algún tipo de planta de tratamiento del agua. En la Figura 3 se puede observar que un gran número de estudiantes no respondieron a esta pregunta (30) y 24 respondieron que no conocían ninguno, cabe señalar que las asignaturas de Fundamentos de Aguas Residuales y Potabilización del agua, las cuales son materias en donde se analizan a profundidad éstos temas, se imparten en sexto semestre y la encuesta fue aplicada a estudiantes de segundo, cuarto y sexto semestres. Por otro lado, es interesante observar como los estudiantes sugieren que dentro de las biotecnologías que se deben implementar en el municipio de Huatusco sean aplicadas al tratamiento de aguas residuales y de biorremediación, sin embargo, un alto número de estudiantes no respondieron a esta pregunta o respondieron que no sabían (Figura 4).

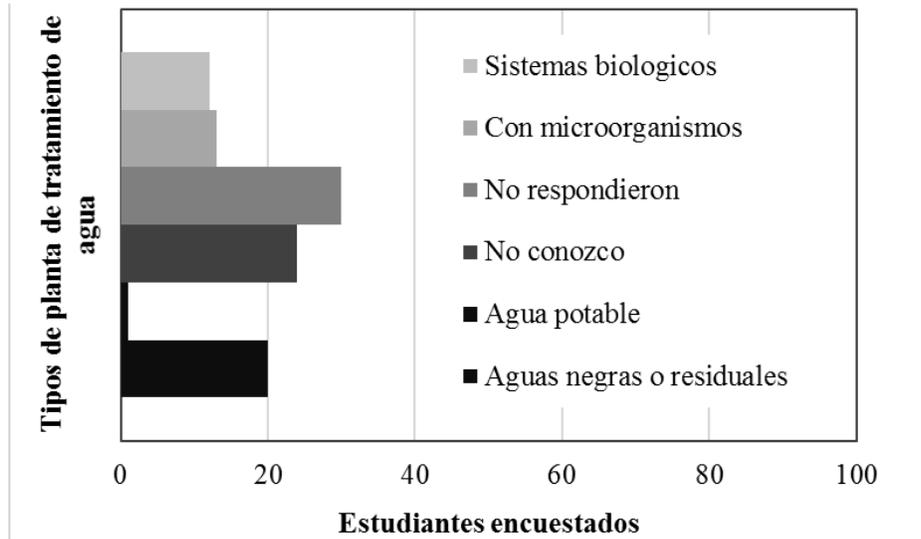


Figura 3. Tipos de plantas de tratamiento de agua que conocen los estudiantes

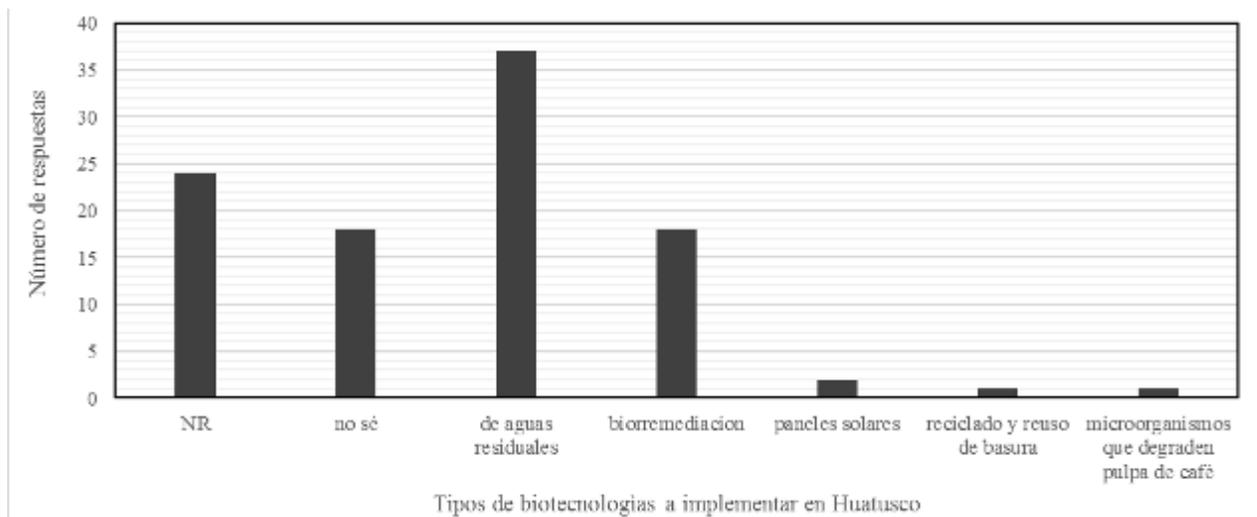


Figura 4. Tipos de biotecnologías que los estudiantes consideran pertinentes a implementarse en el municipio de Huatusco.

Se les pidió a los estudiantes que mencionaran una biotecnología que conocieran que sirviera para el tratamiento de aguas contaminadas, de las respuestas acertadas se encontraron las siguientes: humedales construidos, biodigestores y sistemas de biorremediación.

Conclusiones

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental del ITSH, perciben la contaminación y la escasez del agua como problemáticas ambientales en el municipio de Huatusco urgentes a tratar. Además, muestran un alto interés en la participación para la resolución de dichas problemáticas. Sin embargo, reconocen que les falta adquirir conocimientos teóricos y prácticos para la aplicación de biotecnologías, como son los humedales construidos, los cuales, por sus características de practicidad, economía, fácil aplicación y mantenimiento consideran pertinente implementar en diferentes fuentes de generación de aguas residuales incluso en sus hogares para dar tratamiento a sus descargas de agua residual domésticas. Involucrar a los estudiantes de educación superior en la implementación de sistemas de biotecnologías para el tratamiento de aguas residuales puede favorecer un proceso de transformación social hacia la sustentabilidad ambiental.

Agradecimientos

A los directivos, docentes y alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco quienes autorizaron, aprobaron y participaron en la aplicación de la encuesta.

Al Colegio de Veracruz.

Al Dr. José Luis Marín Muñiz, quien dirige actualmente la tesis doctoral de la cual forma parte el presente estudio y ha apoyado en todo momento mi formación académica.

Literatura citada

Ambrosio Pablo. 2016. Libertad bajo palabra. “Estalla huelga en la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Huatusco”. Recuperado de: <http://libertadbajopalabra.com/2016/06/16/estalla-huelga-la-comision-municipal-agua-poble-saneamiento-huatusco/>

CONAGUA. 2014. Estadísticas del Agua en México. Gobierno Federal.

Hernández P. 2016. AVC Formato Siete. “Carecen de agua en la comunidad de Chalchitepec, Huatusco”. Recuperado de: <http://formato7.com/2016/04/18/carecen-de-agua-en-la-comunidad-de-chalchitepec-huatusco/>

Huerta V. 2013. AVC Noticias. “Cascada los tres chorros destruida por contaminación” Recuperado de: <http://www.avcnoticias.com.mx/resumen.php?idnota=147472>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Uso de suelo y vegetación.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huatusco, Veracruz de Ignacio de la Llave Clave geoestadística 30071.

Marín Muñiz J.L., Hernández Alarcón M.E., Silva Rivera E., Moreno Casasola P. 2016. Percepciones ambientales sobre los servicios ambientales de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. Madera y Bosques. 22:53-69

Mirón Chacón M. J. 2012. ¿Quiénes somos? ITSH. Consultado en: <http://www.itshuatusco.edu.mx/inicio/index.php/nuestra-institucion/quienes-somos>

Olvera Caballero Miguel. 2015. Escribiendo con tinta negra. "Preocupa Contaminación De Trapiches En Huatusco". Recuperado de: <http://escribiendocontintanegra.blogspot.mx/2015/01/preocupa-contaminacion-de-trapiches-en.html>

SAGARPA. 2013. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.

Zelezny, Lynnette y Schultz, Wesley. (2000). Promoting Environmentalism. Journal of Social Issues 3(56):365-377.

ANÁLISIS CUALITATIVO PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN *Posidonia oceánica*

Alma X. Ibarra Gómez⁴⁹⁸, Sonia de J. Morales Colina⁴⁹⁹ y Antonio Sánchez Sánchez⁴⁹⁹

Resumen

Los pastos marinos contienen varios compuestos en su metabolismo donde se encuentran compuestos bioactivos se diferencian de las plantas terrestres y también de otros grupos taxonómicos, algunos de estos compuestos pueden ser de interés para fines comerciales. El objetivo de este estudio fue realizar análisis cualitativos de un extracto acuoso de *Posidonia oceanica* (PO) para determinar compuestos bioactivos que sean potencialmente utilizables en la agricultura. Se obtuvo un extracto acuoso de la planta de PO y se realizaron diversos ensayos cualitativos con el fin de encontrar compuestos bioactivos de interés. Se detectaron nueve tipos de compuestos bioactivos, carbohidratos, glucósidos cardiacos, flavonoides, fenoles, proteínas, azúcares reductores, saponinas, taninos y terpenoides fueron detectados. Los ensayos cualitativos del extracto acuoso mostraron que la planta de *Posidonia oceánica* cuenta con diversas propiedades bioactivas las cuales pueden ser adecuadas para su uso en la agronomía.

Palabras clave: ensayos cualitativos, metabolismo, fertilizante orgánico

Introducción

Las plantas contienen cientos de compuestos bioactivos (fotoquímicos) con interés comercial debido a los diversos beneficios que proveen para la salud y la agricultura moderna. En este contexto se han evaluado múltiples microorganismos, plantas, hongos y bacterias, donde se han aislado y caracterizado químicamente y biológicamente los compuestos bioactivos y se ha estudiado el papel que estos juegan en el control de enfermedades y en las respuestas de defensas (National Research Council (NRC), 2003).

⁴⁹⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta. ibarra.alma@inifap.gob.mx

⁴⁹⁹ Universidad de Alicante, España.

Los pastos marinos contienen varios compuestos bioactivos dentro de su metabolismo el cual se diferencian de las plantas terrestres y de otros grupos taxonómicos (Pepenbrock, 2012). *Posidonia oceanica* es una planta acuática, endémica del Mediterráneo.

Su papel en el ecosistema es importante ya que muchas especies encuentran nutrientes y su hábitat en ella, es un buen indicador de la salud del agua y protege las costas de la erosión formando una barrera ante fenómenos naturales (Dante et al., 2010; Diaz, et al., 2008).

La presencia de PO se limita al Mar Mediterráneo y su distribución se detiene en la línea fronteriza, donde las aguas del Mediterráneo y el Atlántico se mezclan en la parte occidental del Mar Mediterráneo (Borum et al., 2004). *Posidonia oceanica* es la principal gramínea marina de los países mediterráneos (Buia et al., 1992).

Las algas marinas influyen profundamente en los ambientes físicos, químicos y biológicos de las aguas costeras, proporcionando numerosos servicios ecológicos importantes al medio marino (Orth et al., 2016). Seagrasses se utilizan cada vez más como un indicador biológico de la calidad del medio ambiente, debido a sus papeles ecológicos agregados a su amplia distribución, hábito sedentario, y sensibilidad a las modificaciones de la zona litoral (Pergent-Martini et al., 2005).

Una pradera moderadamente ancha (1 km) de PO puede producir 125 kg de materia orgánica seca por metro de costa cada año (sobre todo durante el otoño). Este material se acumula en la playa, desarrollando cojines de hasta 4 metros de altura, que a su vez pueden proveer una compleja red de alimentos a animales invertebrados, proteger la costa contra la erosión, distribuir arena en forma de carbonato y conchas de sílice y viento, actúan como material de siembra para la formación de dunas (Díaz et al., 2008). También se utiliza en el procesamiento de carbón, como compost, o como un sustrato para la agricultura hidropónica y el enriquecimiento de materia orgánica. El caso con el municipio de Santa Pola en Alicante, donde PO y algas son utilizados para sellar vertederos y recuperar áreas verdes. En varios lugares (por ejemplo, las Islas Baleares y la Albufera de Valencia), estos desechos han sido ampliamente utilizados para hacer compost, como es el caso de una planta de reciclaje en Denia, Alicante (Guillén et al., 2014).

Aunado a esto los pastos marinos contienen varios compuestos en su metabolismo secundario en el que se diferencian de las plantas terrestres y también no se conoce de otros grupos taxonómicos. Algunos de estos compuestos pueden ser de interés para propósitos comerciales (Pepenbrock, 2012). Se han llevado a cabo varias investigaciones fitoquímicas de PO, con enfoque diferente. Se han identificado al menos 23 compuestos fenólicos en la planta marina (Agostini et al., 1998). Un total de 51 compuestos bioactivos provenientes de PO se han reportado, incluyendo fenoles, derivados de fenilmetano, derivados de feniletano, derivados de fenilpropano y sus ésteres, calcones, flavonoles, 5 α -colestanes y colest-5-enes. (Heglmeier y Zidom, 2010).

Este proyecto se basó en el estudio y la búsqueda de compuestos bioactivos que se encuentran en el metabolismo de la planta de Posidonia oceánica para determinar su efectividad como un material útil renovable para su aplicación agronómica.

Materiales y métodos

La materia prima de PO fue recolectada de la costa de la ciudad de Santa Pola; siendo acumulada en condiciones ambientales durante unos 5 años. Los residuos de PO se tomaron de varios puntos de la zona de acumulación, se tomó una submuestra y se lavó con agua del grifo aproximadamente. Después de esto se secó por horno a 55°C hasta peso constante. Finalmente, la muestra se trituró con una mezcladora eléctrica hasta tener gránulos muy finos y se mantuvo a temperatura ambiente.

Para la en análisis caritativo se utilizó un extracto acuso de la planta de PO, el cual se obtuvo mediante una extracción líquida mediante un aparato soxhlet. Se extrajo una cantidad de 4 g de la muestra de polvo seco de Posidonia oceanica con 100 ml de agua destilada. El proceso se realizó a 65°C mediante percolación continua durante 12 h. Los extractos se almacenaron en botellas oscuras en el refrigerador a 4°C hasta su uso posterior.

Se realizaron diferentes ensayos cualitativos sobre el extracto acuoso. Usando un procedimiento estándar para identificar las presencias de varios tipos de compuestos bioactivos como describen Berfad y Alnour (2014), Chakraborty et al. (2010), Singh, et al. (2012) y Ajayi et al. (2011). Las antraquinonas se determinaron mediante la reacción de Börntrager, la antraquinona libre por el método descrito por Ajayi et al. (2011), usando cloroformo y solución de amoníaco al 10%. Los alcaloides se determinaron con el reactivo de Mayer (solución potásica de yoduro mercúrico). Los carbohidratos se determinaron mediante el reactivo de Barfoed se añadieron a un tubo de ensayo, se calentaron en un baño de agua, el precipitado rojo mostró la presencia de monosacáridas. Los carotenoides se prepararon con el método sugerido por Ajayi et al. (2011) con cloroformo y 85% de ácido sulfúrico. La presencia de glucósidos cardíacos se determinó en el extracto acuoso añadiendo pocas gotas de reactivos de Molisch, seguido de H₂SO₄ concentrado.

Los flavonoides se determinaron con solución de NaOH al 20% y algunas gotas de H₂SO₄ sobre el extracto acuoso (Ajayi et al., 2011). Se utilizaron cloruros férricos para determinados fenoles. El ensayo de Phlobatannins se llevó a cabo añadiendo HCl al 1% (Berfad y Alnour, 2014). El reactivo de Millon se utilizó para determinar la presencia de proteínas (Chakraborty et al., 2010). La detección de azúcares reductores se realizó con las soluciones de Fehling A y las soluciones de Fehling B (Singh et al., 2012). Se limpió perfectamente un tubo de ensayo y se añadieron 5 mL de extracto acuoso, se agitó vigorosamente durante 10 min, una capa

de 1 cm de espuma indicó la presencia de saponinas (Chakraborty et al., 2010). La presencia de taninos se realizó con etanol en solución al 45% y cloruro férrico al 10% siguiendo el método descrito por Singh et al. (2012). Se utilizó la prueba de Salkowski para indicar la presencia de terpenoide (Singh et al., 2012).

Resultados y discusión

En este estudio se estudiaron 14 tipos diferentes de metabolitos secundarios. El estudio fitoquímico preliminar del extracto acuoso reveló la presencia de un total de nueve compuestos. Los resultados se resumen en el Cuadro 1, que muestra la presencia o ausencia de metabolitos secundarios y el ensayo utilizado para identificarlos.

Cuadro 1: Análisis cualitativo de compuestos bioactivos en el extracto acuoso de *Posidonia oceánica*.

Compuesto bioactivo	Tipo de Test/Material reactivo	Extracto Acuoso
Antraquinonas Libres	Reactivo Börntrager	-
Antraquinonas	Amonio 10%	-
Alcaloides	Solución de ácido pícrico.	-
	Solución tánica al 10%	-
	Reactivo Mayer	-
Carbohidratos	Reactivo Molisch	+
	Reactivo Barfoed	+
	Solución de yodo de Lugol	-
Carotenoides	ácido sulfúrico 85%	-
Glucósidos cardiacos	Test Borntrage	+
Flavonoides	Zinc metálico	-
	hidróxido de sodio 20%	+
Fenols	cloruro férrico 5%	+
Florotaninos	HCl 1%	-
Proteinas	Reactivo Millon	+
Azucares reductores	Solución Fehling	+
Saponinas	Espuma (H ₂ O)	+
Taninos	HCl 36%	+
	cloruro férrico 10%	+
Terpenoides	Test Salkowski	+

+ (Presencia de compuestos bioactivos), - (Ausencia de compuestos bioactivos).

Se utilizó agua como medio extractivo. Sin embargo, es muy importante considerar el material vegetal utilizado para la extracción y los componentes que se quieren aislar. Los disolventes alcohólicos se usan generalmente para extraer muchos constituyentes diferentes (Kokate et al., 2008). En este caso, el agua fue capaz de extraer diferentes componentes solubles en agua tales como glucósidos, taninos y fenoles.

La presencia de carbohidratos se confirmó utilizando el reactivo de Molisch y Barfoed, pero no con la prueba de Lugol, posiblemente porque es una técnica dirigida a determinar los almidones. Los glucósidos cardiacos, flavonoides, fenoles, proteínas, azúcares reductores, saponinas, taninos y terpenoides fueron positivos con su respectivo ensayo.

Compuestos como antraquinonas, antraquinonas libres, alcaloides, carotenoides y florataninos no estaban presentes en el extracto acuoso. Yalkowsky (2003), informado en el Manual de Solubilidad Acuosa Datos sobre la muy baja solubilidad en agua de las antraquinonas, así como Cepeda y Gómez (1989). Kokate (2008) reportó que muchos alcaloides se disuelven pobremente en agua pero se disuelven fácilmente en disolventes orgánicos, tales como éter dietílico, cloroformo o 1,2-dicloroetano. Los carotenos son solubles en grasa e insolubles en agua (Antoshinkiw et al., 1974). Se puede decir que la ausencia de estos metabolitos podría estar relacionada con la baja solubilidad o insolubilidad que estos compuestos tienen con el agua. Por lo tanto, puede no haber sido extraído o extraído a concentraciones muy bajas, resultando en la ausencia de estos compuestos cuando se someten a pruebas cualitativas.

Berfad et al. (2013) realizaron una investigación de cribado de fitoquímicos utilizando extractos acuosos de *Posidonia oceanica*, que informó la presencia de taninos, saponinas, florataninos y terpenoides y la ausencia de flavonoides y glucósidos cardíacos. De la misma forma, Berfad y Alnour (2014) determinaron la composición química de la pastilla de algas marinas utilizando diferentes disolventes (acetato de etilo, cloroformo, etanol, ciclohexano y acetona). El estudio mostró compuesto como alcaloides, flavonoides, fenoles, taninos, saponinas, florataninos, esteroides, proteínas, monosacáridos, polisacáridos y resinas. Además de esto, se han reportado 51 productos naturales de PO, incluyendo fenoles naturales, derivados de fenilmetano, derivados de feniletano, derivados de fenilpropano y sus ésteres, calcones, flavonoides, 5-alfa-colestanos y colest-5-enos.

Muchos de los compuestos reportados para PO no fueron detectados por métodos fitoquímicos apropiados (Heglmeier y Zidorn, 2010). Se identificaron al menos 23 compuestos fenólicos en *Posidonia oceanica* (Agostini et al., 1998). Del mismo modo, Castellano (2011) informó 33 compuestos fenólicos.

Hay que considerar en general que los resultados que presentan algunos de los ensayos cualitativos deben tomarse con precaución porque se elaboran con extractos crudos, que contienen una variedad de compuestos, a menudo muy coloridos. Esto puede interferir con

los resultados de las reacciones indicadas porque el mismo reactivo puede responder a más de un grupo de sustancias, también debe considerarse que generalmente son compuestos polifuncionales, además, los extractos crudos colorantes pueden enmascarar las reacciones de color (Marcano et al., 2002).

El extracto acuoso de *Posidonia* tiene propiedades que indican claramente su uso en la agronomía. Se ha demostrado que algunos compuestos bioactivos tienen un impacto positivo en la agricultura. Taninos y otros compuestos fenólicos suelen entrar en el suelo desde las raíces de las plantas e interactúan con el suelo. En el caso de los taninos, pueden utilizarse para inmovilizar metales como el aluminio, lo que reduce los efectos tóxicos de los metales sobre el crecimiento de las raíces. Además, los fenoles y los taninos también pueden liberar nutrientes como el calcio para el cultivo (Comis, 2010). Algunos informes sugieren que los taninos actúan como agentes antimicrobianos en el suelo. Mientras que otros informes informan que los taninos son utilizados por los microbios del suelo como sustratos para el crecimiento (Schmidt et al., 2012). Correlaciones positivas encontradas en el uso de compuestos fenólicos durante la germinación de cebada y avena (Kruma et al., 2016). Además, se ha encontrado que los contenidos de compuestos fenólicos mejoran la actividad antioxidante de las plantas. Por consiguiente, se ha sugerido que, por ejemplo, la acumulación de flavonoides en plantas reduce el daño oxidativo del aparato fotosintético (Leoponel et al., 1998).

Conclusiones

Se obtuvo un extracto acuoso el cual fue sometido a pruebas cualitativas, con el fin de determinar la presencia de compuestos bioactivos, los resultados arrojaron que de los 14 compuestos que se evaluaron, al menos 9 de ellos se encontraron en el extracto. Los nutrientes que posee, sin duda hacen al extracto acuoso de PO un material apto para su uso en actividades agronómicas. El cual podría aportar compuestos útiles en suelo y aumentar la productividad del cultivo. Por lo cual, se puede clasificar a la *Posidonia oceanica* como una materia prima renovable, la cual es útil para reducir los impactos medioambientales, que se causan por la acumulación sobre las playas, dando una revalorización a estos residuos.

Literatura citada

Agostini, S., Desjobert, J. M., Pergent, G. 1998. Distribution of phenolic compounds in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Phytochemistry* 611–617.

- Agostini-Costa, T.S., Vieira, R., F., Bizzo, H., R., Silveira, D., Gimenes, M. A. 2012. Chromatography and its applications. Cap. 8. Secondary Metabolites. Published by InTech. 234 p.
- Ajayi, I., Ajibade, O., Oderinde, R.A. 2011. Preliminary Phytochemical Analysis of some Plant Seeds. Research Journal of Chemical Sciences, 58-62.
- Antoshkiw, T. M., Cannolonnga, M. A., Koff, A. 1976. Water dispersible carotenoid preparations and processes thereof. Hoffmann-La Roche Inc.
- Auwal, M.S., Saka, S., Mairiga, I. A., Sanda, K. A., Shuaibu, A. 2014. Preliminary phytochemical and elemental analysis of aqueous and fractionated pod extracts of *Acacia nilotica* (Thorn mimosa). Veterinary Research Forum, 95–100.
- Bagur G. M.G., Estepa M. C., Martín P. F., Morales, S. 2011. Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metalloids As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. J. Soil. Sediment, 281-289.
- Bate-Smith, E. 1973. Haemanalysis of tannins: the concept of relative astringency. Phytochemistry, 907–912.
- Bate-Smith, E. 1981. Astringent tannins of the leaves of *Geranium* species. Phytochemistry, 211–216.
- Berfad, M. A. and Alnour, T. M. S. 2014. Phytochemical analysis and Antibacterial activity of the 5 different extract from the seagrasses *Posidonia oceanica*. Journal of Medicinal Plants Studies, 15-18.
- Berfad, M. A., Saed, F. M. A., Kumar, A., Edrah. S. 2013. Preliminary Phytochemical and Antifungal Studies of Sea Grass, *Posidonia oceanica* obtained from Mediterranean Sea of Libya. International Journal of Science and Research (IJSR), 30-33.
- Borum, J., Duarte, C. M., Krause-Jensen, D., Greve, T. M. 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project. 95 p.
- Buia, M. C., Zupo, V., Mazzella, L. 1992. Primary production and growth dynamics in *Posidonia oceanica*. PSZN 1: Mar Ecol, 12-16.
- Chakraborty, D. D., Ravi, V., Chakraborty 2010. Phytochemical evaluation and TLC protocol of various extracts of *Bombax Ceiba* Linn. IJPSR 1:66-73.

- Dante, G. 2010. Development of sustainable strategies for conservation and management of *Posidonia oceanica*, (Linneo) Delile 1813, meadow: a case study within a Site of Community Importance. Thesis. "Universita degli studi della Tuscia di Viterbo". 162 p.
- Díaz, A., Duarte, C. M. 2008. Managment of natura 2000 habitats* *Posidonia* beds (*Posidonion oceanica*) 1120. European Commission. 32p.
- Heglmeier, A; Zidorn, C. 2010. Secondary metabolites of *Posidonia oceanica*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 964–70.
- Kokate, C. K., Purohit, A. P. 2008. *Pharmacognosy*. Edit. Nirali Prakashan.
- Marcano, D., Hasegawa, M. 2002. *Fitoquímica Orgánica*. Universidad Central de Venezuel. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.
- National Research Council (NRC). 2003. www.item.ba.crr.it/biopesti.htm. (Consultado el 20 de junio de 2017).
- Orth, R. J., Carruthers, T. J., B., Dennison, W. C., Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., et. al., 2006. A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *BioScience*, 987-996.
- Pepenbrock, J. 2012. Highlights in Seagrasses' Phylogeny, Physiology, and Metabolism: What Makes Them Special? *ISRN Botany*, 15 p.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F. 1995. Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualite du milieu littoral en Mediterranee: Etat des connaissances. *Mesogee*, 3–27.
- Singh, D., Singh, P., Gupta, A., Sollanki, S., Sharma, E., Nema, R. 2012. Qualitative Estimation of the Presence of Bioactive Compound in *Centella Asiatica*: An Important Medicinal Plant. *International Journal of Life Science and Medical Science*, 5-7.
- Yalkowsky, S.H., He, Yan. 2003. *Handbook of Aqueous Solubility Data: An Extensive compilation of aqueous solubility data for organic compounds extracted from the AQUASOL dATABASE*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL. 940 p.

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE *Posidonia oceanica* PARA SU USO COMO ABONO ORGÁNICO

Alma X. Ibarra Gómez⁵⁰⁰, Sonia de J. Morales Colina⁵⁰¹ y Antonio Sánchez Sánchez⁵⁰¹

Resumen

Posidonia oceanica (PO) es una planta acuática, endémica del Mediterráneo. Su papel en el ecosistema es importante ya que muchas especies encuentran nutrientes y su hábitat en ella, es un buen indicador de la salud del agua y protege las costas de la erosión formando una barrera ante fenómenos naturales. El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad que tiene la *Posidonia oceanica* acumulada en las costas Alicantinas, para determinar su efectividad como un material renovable para aplicaciones agronómicas. Se realizaron diversas pruebas fisicoquímicas para evaluar su potencial; determinaciones analíticas, mediciones de macro y micro nutrientes y análisis termogravimétrico se efectuaron para la obtener la caracterización de la planta. El análisis fisicoquímico mostro niveles adecuados de nutrientes como N, P y K, calidad en su materia orgánica y bajos niveles de metales pesados, lo cual hace que la planta de *Posidonia oceanica* cuente con diversas propiedades, las cuales pueden ser adecuadas para su uso como abono orgánico.

Palabras clave: planta acuática, materia prima renovable, revalorización, nutrientes

Introducción

Posidonia oceanica (L.) Delile (PO) es una especie endémica del mar Mediterráneo. Se localiza en aguas limpias, en extensas praderas submarinas que crecen sobre rocas y fondos arenosos, cuyas capas cubren entre 25.000 y 50.000 km² de las zonas costeras correspondientes al 25% del mar a una profundidad de 0 metros a más de 40 metros (Dante et al., 2010; Diaz et al., 2008).

⁵⁰⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta. ibarra.alma@inifap.gob.mx

⁵⁰¹ Universidad de Alicante, España.

Los prados de PO se identifican como un tipo de hábitat prioritario para la conservación en la Directiva Hábitats (Dir 92/43 / CEE). Las actividades humanas han perturbado la estabilidad y la conservación del medio marino costero. A lo largo de las últimas décadas, el aumento de la urbanización y la industrialización en la costa, muchas praderas de pastos marinos de PO se han alterado o incluso desaparecido. Alrededor del 46% de los prados submarinos del Mediterráneo han experimentado alguna reducción en su alcance, densidad y/o cobertura (Díaz et al., 2008).

La PO tiene una gran importancia en el ecosistema marino. Tienen una alta productividad primaria y proporcionan carbono orgánico y nutriente a todos los océanos. Crea un refugio para muchas especies marinas y es la base alimentaria de muchas redes marinas, son una importante fuente de alimento para los megaherbívoros, como las tortugas marinas, el manatí y el dugong (Buchet, 2014). Los prados PO son ecosistemas clave dentro del Mar Mediterráneo. La alta producción de la planta ($0.25 \pm 3 \text{ kg (peso seco) m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) se debe principalmente al crecimiento anual de las hojas ya la abundancia de epífitas (que pueden alcanzar hasta 20-30% de la biomasa de las hojas). Aunque el carbono almacenado en la vegetación costera (carbono azul) no se tiene en cuenta en el Protocolo de Kyoto, varios estudios apuntan al papel principal que desempeñan estos sumideros en el secuestro de carbono (Nellmann et al., 2009).

Hay evidencia de varios usos de *Posidonia oceanica*, anualmente se recogen toneladas y toneladas de residuos de la playa, siendo destinados a la incineración, debido a que los residuos mostraron valores de calefacción cercanos a otros biocombustibles, lo que sugiere una posible utilización como fuente de energía (Cozza et al., 2011). Las hojas muertas se utilizan en colchones y almohadas. En algunos lugares, las algas marinas y otros elementos vegetales se secan y posteriormente se utilizan como fertilizantes. También se utiliza en el procesamiento de carbón, como compost, como un sustrato para la agricultura hidropónica y el enriquecimiento orgánico, y para el aislamiento del techo (Pergent et al., 2016; Calderan, 2012).

A pesar de todas las características positivas que PO posee, esta representa un problema para la población debido al desconocimiento de su funcionamiento en el ecosistema. *Posidonia* genera residuos fibrosos que son materiales secos en forma de bola y se encuentran a lo largo de las costas mediterráneas. Esto se acumula en una época del año y se retiran grandes cantidades de la playa durante el verano. Estas extracciones son motivadas por el gran número de usuarios, turistas y residentes, que interpretan la presencia de plantas como suciedad e incomodidad (Roig, 2001). La eliminación sistemática de estas acumulaciones genera impactos a corto y medio plazo sobre la costa y la gran acumulación de materia prima. Por eso es muy importante, encontrar opciones útiles para el uso apropiado de *Posidonia*, dando una solución a la destrucción del medio ambiente y la

explotación de este recurso natural. El objetivo de este trabajo fue realizar una composición físico química completa de la planta de *Posidonia oceanica*, el cual mostrará como resultados su potencial para ser empleada como un abono orgánico.

Materiales y métodos

La materia prima de PO fue recolectada de la costa de la ciudad de Santa Pola; siendo acumulada en condiciones ambientales durante unos 5 años en la planta de tratamiento de residuos Urbaser (latitud: 38°13'18.0 "N, longitud: 0°33'28.3" W). Los residuos de PO se tomaron de varios puntos de esta zona de acumulación y se transportaron al laboratorio. Se tomó una submuestra y se lavó con agua del grifo aproximadamente cinco veces con el fin de eliminar la sal. Después de esto, con agua destilada y se secó por horno a 55°C hasta peso constante. Una vez secada, la maleza se tamizó mediante diferentes tamaños de poro (2.0 mm a 0.05 mm), prestando atención para retirar los materiales inorgánicos junto con los residuos vegetales. Finalmente, la muestra se trituró con una mezcladora eléctrica hasta tener gránulos muy finos y se mantuvo a temperatura ambiente en una botella oscura hasta su procesamiento en el laboratorio.

Para las determinaciones analíticas en la muestra PO, se midió pH y conductividad eléctrica (EC) utilizando la metodología propuesta por Coccoza et al. (2011), se midió el pH usando un medidor de pH SevenMulti Metler Toledo y un condómetro SevenMulti Metler Toledo. El Método ASTM Norma Número E1755-01 determinó el contenido de cenizas, expresado como un porcentaje del peso seco inicial. El extracto etéreo (EE) se realizó mediante el aparato de extracción de grasa Goldfish de acuerdo con los métodos prescritos por AOAC (1990). El carbono orgánico (CO) se determinó mediante el contenido del método Walkley-Black con oxidación de dicromato de potasio y posteriormente se evaluó con sal de Morh. La materia orgánica total (MOT) se determinó por pérdida de ignición a 540 ° C. El fósforo se determinó mediante colorimetría y se midió en el espectrómetro a 460 nm (Kitson y Mellon, 1944), después de digestión con ácido húmedo del material. El contenido de nitrógeno se determinó mediante el método Kjeldahl y el digestor se colocó en el destilador Kjeltex 2300 (AOAC, 1990). El análisis elemental (N, C, H, S) se analizó con un microanalizador elemental con el sistema de micro detección TruSpec

El análisis cuantitativo de los elementos traza, se ha llevado a cabo mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado por inducción con configuración de plasma axial (ICP-OES Agilent Technologies 720 series) con una digestión previamente húmeda en microondas usando un Milestone Start D (Milestone srl, Sorisole). El procedimiento de digestión de la muestra se realizó de acuerdo con el procedimiento establecido por el fabricante para digerir

las hojas (HPR-EN-06). Se empleó una estrategia de calibración de la matriz para cuantificar la composición elemental utilizando una solución multielemento (ICP Multi-element standard IV Merck Millipore, Darmstadt, Alemania). Un analizador automático de mercurio (DMA-80, Milestone) determinó la concentración de Hg total.

El análisis termogravimétrico se realizó por el método descrito por Mico et al. (2011). Las muestras sólidas se analizaron con equipo TGA / SDTA851e / SF / 1100. La metodología se basa en la identificación de la curva DTG para separar claramente los picos correspondientes a los contenidos de humedad, materia volátil, carbono fijo y degradación de los tres polímeros naturales contenidos en la biomasa (celulosa, hemicelulosa y lignina). Se utilizaron muestras pequeñas (0,5 mg), se sometieron a una velocidad de calentamiento lineal de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$, y se aplicó para todas las pruebas térmicas dentro del intervalo de temperatura de 25-600°C.

Resultados y discusión

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos en este estudio se presentan en el Cuadro 1. Los valores de pH de la muestra u valor de 8.4 siendo moderadamente alcalinos según la clasificación proporcionada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Este valor es también comparable a los reportados por Grassi et al. (2014), Shams et al. (2014) y Coccozza et al. (2014), es decir, 8.2, 8.0 y 8.1, respectivamente. La medida de la conductividad eléctrica (EC) fue de 4.64 dS m^{-1} , que es significativamente inferior a los reportados por Grassi et al. (2014) y Coccozza et al. (2014) (alrededor de $12,5 \text{ dS m}^{-1}$). El contenido de cenizas obtenido en este trabajo es de 11.5%, que es comparable al valor reportado por Khiari et al. (2010) (12%). Este valor es significativamente menor que los reportados por Cozza et al. (2011) para fibras (18%) y hojas (29%) de *Posidonia oceanica*. La cantidad presente en toda la planta es menor que en ambas materias primas estudiadas.

La muestra PO contiene 36% de carbono orgánico (CO). Este resultado está de acuerdo con Grassi et al. (2015), que reportaron 35.5% de CO en hojas y 27% en composta de *Posidonia oceanica*. En cuanto a la materia orgánica y la materia orgánica total los valores fueron del 63% y 92%, respectivamente. El porcentaje de fósforo es cercano al 0.1%, mientras que el análisis elemental muestra una concentración de N, C, H de 0.47%, 44.2% y 5.41%, respectivamente. Alcovero et al. (2000) reportaron concentraciones de 42% (C), 2.25% (N), 0.0243% (P), en hojas de *Posidonia oceanica*; 8.6% (C), 0.65% (N) y 0.0027% (P) en tallos; 11% (C), 1.56% (N) y 0.0009% (P) en rizomas; así como 4.95% (C), 0.065% (N), 0.0011% (P) en raíces de *P. oceanica*. Asimismo, Romero et al. (1998) obtuvieron valores promedio de 36.77% C, 0.86% N y 0.052% P en toda la planta, que son similares a los obtenidos en el

presente trabajo. Además, los resultados de este estudio indican que la muestra no contiene azufre, mientras que la concentración de mercurio es de 0.287 mg/kg. Estas concentraciones (Hg) fueron inferiores al máximo permitido por el Real Decreto Español 506/2013 sobre fertilizantes. El contenido total de nitrógeno en la planta entera, la fibra y las hojas fueron 0.6, 0.3 y 0.9%, respectivamente. Los valores obtenidos coinciden con los reportados por Coccozza et al. (2011) (0.57% en fibras y 1.01% en hojas). Grassi et al. (2015) reportan un contenido total de nitrógeno del 1.2% en hojas, cercano al obtenido en este trabajo.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de Posidonia oceánica.

Parámetro	Unidad	Valor	Método
pH		8.40 ± 0.05	Potenciométrico
E.C	dS/m	4.64 ± 0.07	Conductividad
Ash	%	11.5 ± 0.6	Calcinación
OC	%	37 ± 4	Factor de conversión
OM	%	63 ± 6	Walkley-Black
TOM	%	92 ± 3	Calcinación
P	%	0.095 ± 0.007	Kitson and Mellon
N	%	0.5 ± 0.1	Análisis elemental
C	%	44.2 ± 0.9	
H	%	5.00 ± 0.1	
S	%	0	
Hg	mg/kg	0.287 ± 0.003	Analizador de mercurio
N-planta	%	0.6 ± 0.1	Kjeldhal
N-fibra	%	0.3 ± 0.1	
N-hoja	%	0.9 ± 0.1	

Las concentraciones de los elementos que se encuentran en la planta completa de Posidonia oceanica se presentan en el Cuadro 2. Este cuadro presenta los datos reportados en la literatura y los resultados se listan según los niveles de concentración obtenidos: elementos principales, con concentraciones de aproximadamente 10000 a 1000 ppm, elementos menores, el orden de 100 ppm, y finalmente oligoelementos, con valores de concentración del orden de 10 ppm o menos. En general, se observa que los valores obtenidos en este estudio son similares a los reportados en otros estudios. El calcio, el magnesio, el hierro y el boro son los elementos con mayor concentración presentes en Posidonia oceanica (planta completa). Masoud et al. (2006) observó mayores concentraciones de calcio y magnesio y una menor concentración de hierro. La concentración de Magnesio reportada por Masoud et

al. (2006) es casi el doble que la presentada en este trabajo, en contraste con Sawidis et al. (2001) que reportaron niveles de Mg mucho más bajos. Sin embargo, Cocozza et. al., (2011), Grassi et al. (2015), Khiari et al. (2010), Nihal et al. (2013), Gosselin et al. (2006) reportan una concentración mayor que la obtenida en este trabajo, pero en el mismo orden de magnitud. Sin embargo, es notable que las concentraciones más altas se producen principalmente en las hojas que la planta entera y las fibras. Existen varias razones posibles para tales diferencias, por ejemplo, la biomasa de *P. oceanica* puede tener una concentración de elementos muy diferente según la parte de la planta (Sanz-Lazaro et al., 2002). Otro factor a considerar es el hecho de que la cantidad de la mayoría de los elementos difiere dependiendo de la ubicación del muestreo (Copat et al., 2012).

Cuadro 2. Concentraciones mayores y de oligoelementos (valores medios \pm intervalos de confianza al 95%, n = 3) en *Posidonia oceanica* (planta entera).

Elementos mg kg ⁻¹	Presente Estudio	Masoud et al. (2006)	Sawidis et al. (2001)	Copat et al. (2011)
Ca	2800 \pm 700	35270	s.d	s.d
Mg	7470 \pm 30	16760	530	s.d
Fe	4740 \pm 30	263	s.d	s.d
B	3820 \pm 60	s.d	s.d	s.d
Na	630 \pm 10	s.d	s.d	s.d
K	420 \pm 9	s.d	s.d	s.d
Mn	19.0 \pm 0.3	57	s.d	s.d
Zn	15.0 \pm 1.4	86	119	5
Pb	19.0 \pm 0.4	s.d	0.02	1
Cu	15.00 \pm 0.07	7	9	16
Ni	12.00 \pm 0.06	16	s.d	14
Cr	7.0 \pm 0.9	s.d	s.d	6
Co	< LODs	4	s.d	0.4
Cd	< LODs	2	12	1

Los resultados del análisis termogravimétrico del proceso de pirólisis de hojas, fibra y planta entera en PO se muestran en la Figura 1 como la derivación de la masa con respecto a la temperatura (DTG). La biomasa vegetal se compone principalmente de celulosa (polímero largo de glucosa sin ramas), hemicelulosa (sacáridos con varias ramas) y lignina, junto con cantidades más pequeñas de pectina, proteína, extractivos y cenizas. La composición de estos constituyentes puede variar de una especie a otra.

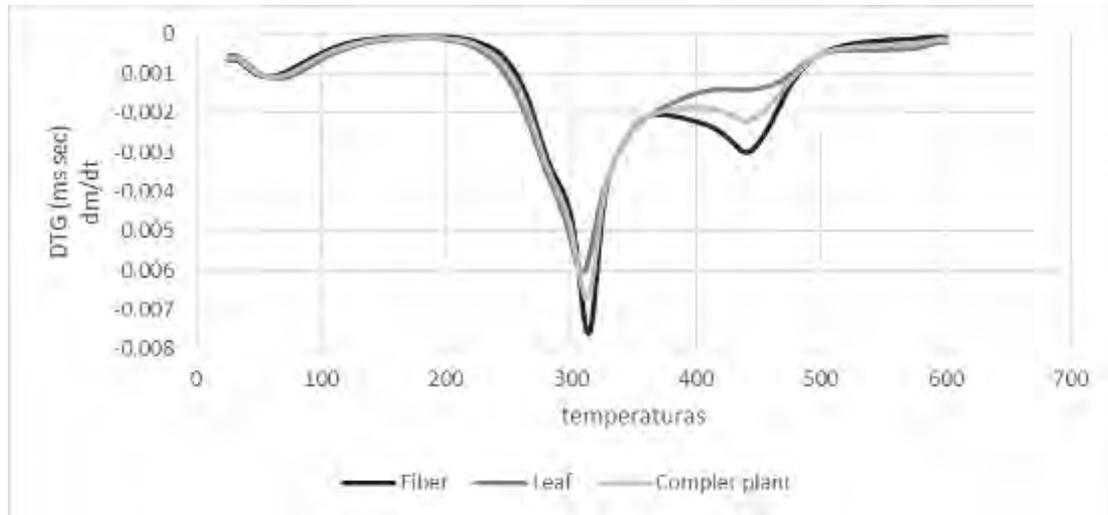


Figura 1: Curvas termogravimétricas (DTG-Mass) de Posidonia oceanica.

La degradación térmica muestra varias etapas, lo que indica la presencia de numerosos compuestos, que se descomponen como aumento de la temperatura. No obstante, lo anterior, se puede dividir en tres etapas principales, en los siguientes rangos de temperatura. En la figura 1 se puede apreciar que existe una clara tendencia descendente entre los picos correspondientes a las fibras > planta entera > hojas. Generalmente, la primera etapa se produce entre 38°C y 147°C, con el valor máximo de DTG ocurriendo a 60.33°C, y da como resultado una evolución de la humedad con una pérdida de masa del 4.2%. Según Chadlia et al. (2010), se ha establecido que no hay degradación hasta 160°C, donde se produce la descomposición. La segunda etapa se produce entre 172.66°C y 400°C, con el DTG máximo a 313.66°C. En esta etapa, la pérdida de masa asciende a 22.52% a la descomposición de holocelulosa (hemicelulosa y celulosa), siendo este el componente principal con un 76.48%, aproximadamente. El TG muestra una descomposición de hemicelulosa alrededor de 270°C a 320°C en fibra, hojas y planta entera, representando 36%, 38%, respectivamente. La degradación de la celulosa ocurrió alrededor de 320-370°C, representando 42% en peso en fibra y 36% en hojas. El último pico corresponde a la degradación de la lignina que se produce entre 400-480°C, con el valor máximo de DTG que se produce a 440°C. En esta etapa, la descomposición de la lignina contribuye a una pérdida de masa de 25% en fibra y 18% en hojas.

Conclusiones

Se realizó una caracterización físico química de la planta de Posidonia oceanica, la cual indicó que la planta de PO tiene niveles adecuados de nutrientes como P, K y N, la cantidad de materia orgánica y minerales que posee puede ser útil para el suelo, así como, los bajos

niveles de metales pesados con los que cuenta que no son perjudiciales ni para la planta ni para el suelo. Sin duda hacen a la PO un material apto para su uso en actividades agronómicas. El cual podría abastecer deficiencias de nutrientes en el suelo y aumentar la productividad del cultivo, dando como resultado una agricultura sostenible.

Literatura citada

Alcovero, T. M. 2000. Nutrient mass balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of nutrient retranslocation. *Marine Ecology Progress*, 13-21.

Buchet, V. 2014. Impact assessment of invasive flora species in *Posidonia oceanica* meadows on fish assemblage: an influence on local fisheries? The case study of Lipsi Island, Greece. Master's thesis, University of Akureyri, 99p.

Calderan, D. 2012. Photosynthetic activity and bacterial association in seeds of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thesis of University of Murcia. 139 p.

Campanella, L., Conti, M.E., Cubadda, F., Sucapane, C. 2001. Trace metals in seagrass, algae and molluscs from an uncontaminated area in the Mediterranean. *Environmental Pollution*, 117-126.

Copat, C., Maggiore, R., Arena, G., Lanzafame, S., Fallico, S., Ferrante, M. 2011. Evaluation of a temporal trend heavy metals contamination in *Posidonia oceanica* (L.) Delile, (1813) along the western coastline of Sicily (Italy). *Journal of Environmental Monitoring*, 187-192.

Cozza, C., Parente, A., Zaccone, C., Mininni P. S., Miano T. 2011. Comparative management of offshore *Posidonia* residue: Composting vs. energy recovery. *Waste Management*, 78-84.

Cozza, C., Parente, A., Zaccone, C., Mininni P. S., Miano T. 2011. Chemical, physical and spectroscopic characterization of *Posidonia oceanica* (L.) Del. residues and their possible recycle. *Biomass and Bioenergy*, 799-807.

Dante, G. 2010. Development of sustainable strategies for conservation and management of *Posidonia oceanica*, (Linneo) Delile 1813, meadow: a case study within a Site of Community Importance. Thesis of University of "Universita degli studi della Tuscia di Viterbo". 162 p.

Di Leo, A., Chiarico, C., Cardellicchio, N., Spada, L., Giandomenico, S. 2013. Trace metal distributions in *Posidonia oceanica* and sediments from Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). *Mediterranean Marine Science*, 204-213.

Díaz, A., Duarte, C. M. 2008. Management of natura 2000 habitats* Posidonia beds (Posidonia oceanica) 1120. European Commission. 32p.

Gosselin, M., Bouquegneau, M-J., Lefebvre, F., Lepoint, G., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Gobert, S. 2006. Trace metal concentrations in Posidonia oceanica of North Corsica (northwestern Mediterranean Sea): use as a biological monitor? BMC Ecology, 1-19.

Grassi, F., Masytorilli, M., Mininni, C., Parente, A., Santino A., Scarcella, M., Santamaia P. 2015). Posidonia residues can be used as organic mulch and soil amendment for lettuce and tomato production. Agronomy Sustainable Development, 679-689.

Khiari, R., Mhenni, M.F., Belgacem, M.N., Mauret. E. 2010. Chemical composition and pulping of date palm rachis and Posidonia oceanica – A comparison with other wood and non-wood fibre sources. Bioresource Technology 775–780.

Masoud, M.S., El-Sarraf, W. M., Harfouush, A., El-Said, G.H. 2006. The Effect of Fluoride and Other Ions on Algae and Fish of Coastal Water of Mediterranean Sea, Egypt. American Journal of Environmental Sciences, 49-59.

Masoud, M.S., El-Sarraf, W. M., Harfouush, A., El-Said, G.H. 2006. The Effect of Fluoride and Other Ions on Algae and Fish of Coastal Water of Mediterranean Sea, Egypt. American Journal of Environmental Sciences, 49-59.

National Research Council (NRC). 2003. www.item.ba.crr.it/biopesti.htm. (Consultado el 20 de junio del 2017).

Nellemann C., Corcoran E., Duarte C.M., Valdés L., De Young C., Fonseca L., Grimsditch G., (2009). Blue Carbon – A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal

Pergent, G., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F. 1995. Utilisation de l'herbier a Posidonia oceanica comme indicateur biologique de la qualite du milieu littoral en Mediterranee: Etat des connaissances. Mesogee, 3–27.

Roig i, M. F.X. 2001. El conocimiento de la Posidonia oceánica y sus funciones ecológicas como herramienta de gestión litoral. La realización de encuestas a los usuarios de playas y calas de la isla de Menorca. Papeles de Geografía, 34, 271-280 p.

Sanz-Lázaro, C., Malea, P., Apostolaki, E. T., Kalantzi, I., Marín, A., Karakassis, I. 2012. The role of the seagrass Posidonia oceanica in the cycling of trace elements. Biogeosciences, 2497–2507.

Sawidis, T., Brown, M.T., Zachariadis, G., Satis, I. 2001. Trace metal concentrations in marine macroalgae from different biotopes in the Aegean Sea. *Environment International*, 43.47.

Shams El Din, N. G., El-Sherif, Z. M. 2013. Nutritional value of *Cymodocea nodosa* and *Posidonia oceanica* along the western Egyptian Mediterranean coast. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 153–165.

EL POTENCIAL DE LAS RIZOBACTERIAS COMO AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

Mariela Benítez Noyola^{502*}, Juan José Almaraz Suarez⁵⁰³, Jorge Romero Rodríguez⁵⁰² y Yohana Pérez
Mendoza⁵⁰²

Resumen

La producción del cultivo de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) es afectada por la pudrición de raíz, comúnmente denominada secadera, generada por organismos patógenos cuya detección tradicional es tardada, laboriosa e imprecisa, el manejo más utilizado es con agroquímicos, los cuales generan resistencia sistémica y contaminación del medio ambiente, una de las alternativas sería el uso de rizobacterias, las cuales tienen la capacidad de suprimir patógenos a través de la secreción de metabolitos secundarios, cualidad que permite su aplicación biotecnológica en el biocontrol de enfermedades vegetales al inhibir el crecimiento de los agentes causales. Lo cual puede ser una alternativa al control fúngico y al uso indiscriminado de agroquímicos que dañan al medio ambiente y por ende incide en el incremento de los costos de producción. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad antagonista de tres cepas de rizobacterias (P61, A46 y R44) contra *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, en pruebas de cultivo in vitro, se establecieron cultivos duales en los que se inocularon los hongos mencionados en un medio de agar-papa-dextrosa (PDA), obteniendo los siguientes resultados: las cepas P61 y A46 fueron las que presentaron las características de inhibir al micelio de los hongos *Fusarium oxysporum* en un 49.36% mientras que para *Rhizoctonia solani* en un 47.60% la cepa A46 inhibió en un 46.20% el crecimiento de *Fusarium oxysporum* y en un 44.38% *Rhizoctonia solani*, la cepa R44 no presentó la característica de inhibir a ningún patógeno, por lo que indica que P61 y A46 estas dos cepas tienen potencial en el control de hongos patógenos, en cultivos de importancia económica, sin embargo se necesita de ensayos ex situ para probar su efectividad, al interactuar con los factores bióticos y abióticos.

Palabras clave: Hongos patógenos, *Fusarium*, sostenibilidad, impacto ambiental

⁵⁰² Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria; Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 255 de Calpan, Puebla. *Autor de correspondencia: bnmariela@hotmail.com

⁵⁰³ Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Introducción

En México el consumo de chile constituye una tradición cultural, en el estado de Puebla el chile poblano (*Capsicum annum* L.) es un cultivo importante, por su gran tradición en la alimentación regional por la generación de empleos para muchas familias campesinas y generación de ingresos derivados de su comercialización (Huerta et al., 2007); sin embargo, la producción del cultivo de chile poblano enfrenta problemas que van desde la disminución en un 26% de la superficie sembrada, la reducción del 35% en la producción, así como la disminución de un 27% en los rendimientos por hectárea (SAGARPA, 2016), pérdidas que son ocasionadas por microorganismos patógenos que provocan daños fitosanitarios al cultivo, hoy en día a pesar de que se utilizan muchas otras técnicas en el control de microorganismos patógenos, el control químico es el método comúnmente utilizado y el cual se aplica en cantidades inadecuadas en diversos cultivos que presentan las mismas sintomatología de enfermedades, causando riesgos ecotoxicológicos al medio ambiente, el control de hongos patógenos del suelo por productos químicos es cada vez más difícil por la aparición de nuevas razas del patógeno provocando la resistencia del hospedante, generando resistencia a los plaguicidas, fungicidas y otros (Kang et al., 2009); además provoca deterioro en la salud de los mismos productores y consumidores; por lo tanto, el control biológico de enfermedades en plantas con agentes microbianos es una posibilidad, si se tiene en cuenta que los costos respecto al uso de otras prácticas de control pueden resultar menores y de mayor eficiencia, para ello, las rizobacterias se caracterizan por colonizar rápidamente la rizósfera, y reprimir el crecimiento de hongos patógenos (Maleki et al., 2010), debido a la producción de metabolitos secundarios como antibióticos, sideróforos y enzimas (quitinasas y glucanasas) (Schuhegger et al., 2006); o a través de la inducción sistémica de la planta, también son capaces de aportar sustancias nutritivas que estimulan el crecimiento radical y la absorción de nutrientes (Heidari et al., 2011); esto debido a los mecanismos de acción que desarrollan, los cuales puede ser directo e indirecto; en el caso del mecanismo directo, producen metabolitos inhibitorios del crecimiento de fitopatógenos, liberando fitohormonas estimulantes del crecimiento (auxinas, giberelinas, citocininas), y pueden secuestrar compuestos tóxicos existentes en el medio como son metales pesados (Choudhary et al., 2009).

El mecanismo indirecto, se encuentra orientado básicamente a la solubilización de nutrientes como los compuestos fosfatados, que son transformados por las rizobacterias a formas solubles y asimilables por las plantas y ejercer un biocontrol en la rizósfera del suelo (Tsavkelova et al., 2007).

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del centro de bachillerato tecnológico agropecuario 255 (C.B.T.A. 255), en el municipio de Calpan, Puebla, en mayo del año 2016. Material microbiológico; en el laboratorio polifuncional se realizó la prueba de antagonismo de tres cepas de rizobacterias; las cuales pertenecen al cepario del área de microbiología de suelos del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, las cepas correspondieron a *Pseudomona tolaasii* (A46), *P. tolaasii* (P61), *Bacillus pumilus* (R44), las cuales se reactivaron en medio agar nutritivo (AN), se procedió tomando una asada del cultivo bacteriano y se colocó en botellas que contenían 30 mL de caldo nutritivo, dejando incubar el material en un agitador (marca New Brunswick S Cientific co. Edison, N.J., U.S.A. Modelo G-25), a 24°C por 72 h a 180 revoluciones por min. La concentración del inóculo se determinó por la técnica de diluciones y cuenta viable en placa, hasta obtener una concentración de 1×10^9 UFC mL⁻¹. Las cepas de los hongos fitopatógenos usados correspondieron a *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici*; los cuales se aislaron de plantas de chile poblano con sintomatología de enfermedad recolectadas en la comunidad de San Andrés Calpan, en el estado de Puebla. Ensayos in vitro, para determinar la inhibición antagónica del micelio in vitro, se llevó a cabo usando la técnica de cultivos duales descrita por Abdel-Fattah et al. (2007); donde cada uno de los hongos antagonistas fue colocado por triplicado en un extremo de la caja Petri con un disco de 5 mm de agar-papa-dextrosa (PDA) con crecimiento fúngico activo, en el extremo opuesto de la caja Petri se colocó otro disco de agar de 5 mm con el hongo patógeno a confrontar, los cultivos fúngicos fueron incubados a 28°C por 48 h, transcurrido este periodo se colocaron 150 µL de inóculo de una cepa bacteriana en puntos equidistantes correspondientes al hongo, después los cultivos fueron incubados a 29°C por 7 d, el testigo se realizó siguiendo el mismo procedimiento pero sin inóculo bacteriano. El experimento se estableció en un diseño experimental completamente al azar y cada tratamiento contó con tres repeticiones considerando tres cajas Petri por repetición. El porcentaje de inhibición del crecimiento se transformaron con la fórmula $\arcseno(\sqrt{x/100})$ y se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad antagónica de tres cepas de rizobacterias in vitro contra *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* mediante pruebas de cultivo dual.

Resultados y discusión

De las tres cepas evaluadas solo dos presentaron la capacidad de inhibir significativamente el crecimiento de hongos fitopatológicos, para el caso de *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, las cepas A46 y P61 que corresponden a *Pseudomonas tolaasii* fueron las que mejor inhibieron el crecimiento fúngico en un 48% para *Fusarium oxysporum* y con un 45% para *Rhizoctonia solani* (Figura 1), mientras que para *Phytophthora capsici*, estas mismas cepas inhibieron en un 31.45%, la cepa R44, no presento características para utilizarla como microorganismo capaz de inhibir a los hongos fitopatógenos su porcentaje alcanzo un promedio de 8.55%. Las cepas que presentaron la capacidad de inhibir el micelio pertenecen al género *Pseudomonas* (Cuadro 1), existen reportes de este generó de rizobacterias que han sido estudiadas por su capacidad de inhibir algunos hongos fitopatógenos, así como de promover el crecimiento de plantas a través de la producción de sideroforos y antibióticos (Ji et al., 2010).

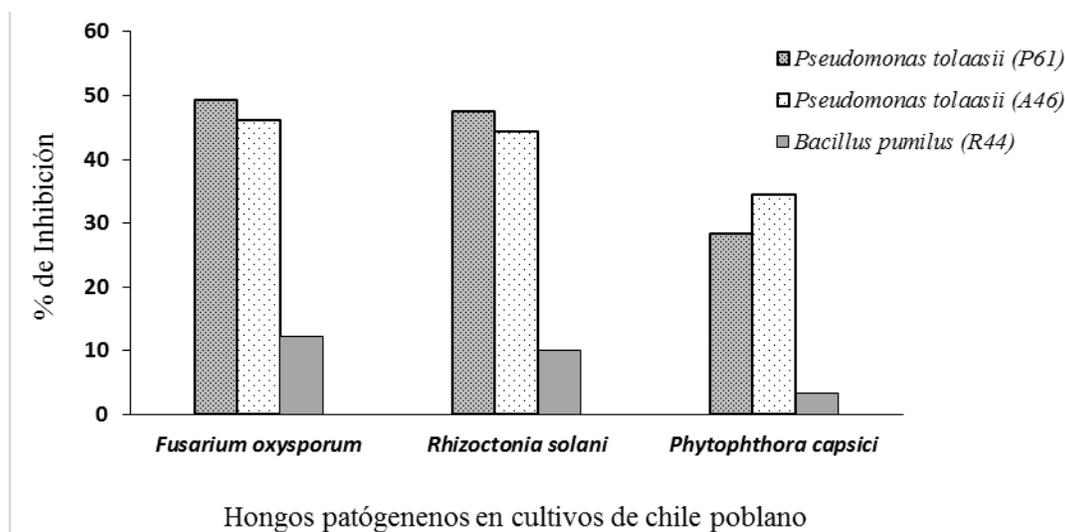


Figura 1. Porcentaje de inhibición de hongos patógenos por rizobacterias.

Cuadro 1. Inhibición del crecimiento del micelio de *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* in vitro causada por tres cepas de rizobacterias, después de 7 días.

Cepa	Inhibición fúngica (%)		
	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Phytophthora capsici</i>
<i>Pseudomonas tolaasii</i> (P61)	49.36 a	47.60 a	28.34 b
<i>Pseudomonas tolaasii</i> (A46)	46.20 a	44.38 a	34.56 a
<i>Bacillus pumilus</i> (R44)	12.24 c	10.08 c	3.34 c

* Medidas con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). $n=3$.

La inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, con las rizobacterias *Pseudomonas tolaasii* (P61 y A46), estas cepas aplicadas como inoculante en almacigo, así como en campo al momento del trasplante pueden disminuir los daños por los hongos, además pueden ser una alternativa de biocontrol sustentable para el medio ambiente sin producir alteraciones tanto en la genética de las plantas, como en la rizosfera del cultivo (Compat et al., 2005), la cepa R44 (*Bacillus pumilus*), no presento actividad antagonica, una de las características de esta rizobacteria es que no libera metabolitos secundarios que inhiban el crecimiento de los hongos, los datos de esta investigación reflejan que el uso de rizobacteria inhibe el desarrollo de *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, siendo las cepas que mejor respuesta positiva presentaron (P61 y A46), no obstante sería necesario probarlas en condiciones de campo y evaluar el efecto a inhibitorio interactuando con factores bióticos y abióticos.

Conclusiones

El control biológico mediante la aplicación de rizobacterias es una alternativa sustentable, a la aplicación de agroquímicos por ser amigables con el medio ambiente y no crean resistencia fúngica.

Las cepas de *Pseudomonas tolaasii* (P61 y A46) tienen la capacidad antagonica de inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* en el cultivo de chile poblano, por lo que es necesario su validación en campo para comparar su efectividad.

Agradecimientos

Al área de microbiología de suelos del colegio de postgraduados por las facilidades otorgadas

A la Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico (COSDAC) por financiar dicha investigación.

Literatura citada

Abdel-Fattah, G. M.; M. Shabana; A. E. Ismail; Y. M. Rashad. 2007. *Trichoderma harzianum*: a biocontrol agent against *bipolaris oryzae*. *Mycopathologia* 164:81-89.

Chaiharn, M, Chunhaleuchanon S, Lumyong S. 2009. Screening siderophore producing bacteria as potential biological control agent for fungal rice pathogens in Thailand. *World J Microbiol Biotechnol.* 25:1919-1928.

Compant, S. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl. Environ. Microbiol.* 71:4951-4959.

Devendra, K. Chaudhary, Bhaudish, N. Johri. 2009. Interaction of *Bacillus* spp. And plants-with special refeence to induced systemic resistance. *Microbiology Research* 164:493-513.

Elena, A. Tsavkelova, Tatiana A. Cgerdyntseva, Svetlana G. Botina, Alexander I. Netrusov. 2007. Bacteria associated with orchid roots and microbial Production of auxin. *Microbial Research* 162:69-79.

Huerta, P. A., Fernández R. S., F. I. Ocampo. 2007. Manual de chile poblano, importancia económica y sociocultural. Puebla-México, Campus Puebla-Colegio de Postgraduados.

Ji, X., G. Lu., Y. Gai., H. Gao, B. Lu, L. Kong and Z. Mu. 2010. Colonization of *Morus alba* L. by the plant growth promoting and antagonistic bacterium *Burkholderia cepacia* strain Lu10-1. *BMC. Microbiology* 10:1-12.

Kang, S. H. 2009. Two bacterial entophytes eliciting both plant growth promotion and plant defense on pepper (*Capsicum annuum* L.) *Journal of Microbiology and Biotechnology.* 17: 1:96.

Maleki, M., S. Mostafae, L. Mokhtarnejad and M. Farzaneh. 2010. Characterization of *Pseudomonas fluorescens* strain CV6 isolated from cucumber rhizosphere in Varamin as a potential biocontrol agent. *Australian Journal of Crop Science* 4:676-683.

Mostafa Heidari¹, Sayed Mohsen Mousavinik¹ and Amir Golpayegan. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) effect on Physiological parameters and mineral uptake in Brasil (*Ociumum basilicm* L.) Under Water Strees. *Journal of Agricultural and Biological Science* 32:1029-1036.

SAS Statistical Analysis System for Windows 9.0. 2004. SAS/STAT User's guide. Versión 8. SAS Institute, Cary, NC., USA.

Schuhegger, R., A. Ihrinh, S. Ganther, G. Bahnweg, C. Knappe, G. Vogg, P. Hutzler. Schmid, F. Van Breusegem, L. Elberl, A. Hartmann and C. Langebartels. 2006. Induction of systemic resistance in tomato by N-acyl-Lhomoserine lactone-producing rhizosphere bacteria. *Plant Cell and Enviroment* 29:909-918.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. <http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/default.aspx>. [Consultado el 17 de julio del 2017].

ESTANDARIZACIÓN DE PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE DNA DE POLEN EN MIEL Y DETECCIÓN MOLECULAR

Sherell Zamora-Juárez^{504*} y Joel Lara-Reyna⁵⁰⁴

Resumen

La literatura presenta una gran variedad de métodos para recuperar polen a partir de miel, principalmente para estudios de tipo palinológicos. En la península de Yucatán, específicamente en Campeche, se ha manifestado la preocupación de poder identificar el material transgénico en miel, proveniente de la soya sembrada en el estado (evento MON-04032-6). Diversos protocolos se han publicado para la extracción de DNA de polen contenido en miel, para el posterior diagnóstico de la presencia de material transgénico. Sin embargo, los métodos han sido difíciles de replicar, por lo que no hay uno solo recomendado por la Unión Europea. En este trabajo se obtuvo la estandarización de un protocolo de extracción de DNA de polen a partir de miel, el cual se utilizó en la detección de polen de soya transgénica MON-04032-6. La concentración de granos de polen/ml para cada muestra de campo, se cuantificó mediante un hematocitómetro; al mismo tiempo se determinó si las muestras de miel era de origen monofloral, o multifloral. La extracción de DNA total de las diferentes muestras de miel se logró con un volumen mínimo de 2 mL de miel. Para verificar la calidad del DNA, se amplificó por PCR un fragmento de la región 18s del RNA ribosomal con iniciadores universales. Los iniciadores específicos para amplificar diversas regiones del transgen se validaron directamente sobre el DNA del material transgénico obtenido de siembras comerciales. Se recuperaron seis muestras de miel de apiarios ubicados dentro de las zonas comerciales de producción de soya transgénica. El DNA de polen de tres muestras fueron positivas al evento MON-04032-6, con el protocolo de extracción que aquí se propone.

Palabras clave: soya transgénica, transgen, Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

Introducción

La miel es un producto natural producido por la abeja *Apis mellifera*. Está compuesta por azúcares, sales minerales, vitaminas, y aminoácidos. El color de la miel varía de casi incoloro

⁵⁰⁴ Colegio de Postgraduados Campus Campeche. s13_gaara@hotmail.com

a pardo oscuro dependiendo de su origen floral. El sabor y el aroma varían, pero derivan de la planta de origen. Su importancia económica es muy alta en México y en particular en la Península de Yucatán. En el año 2011, los productores de miel de abeja mexicana lograron ventas de aproximadamente 100 t. Campeche fue el primer lugar a nivel nacional en la producción de miel, con una producción de 5000 a 8000 t al año en los años 2009 a 2012 (SAGARPA, 2012).

En el año 2005 se reportó la presencia de ADN de polen de maíz transgénico (MON 810) en la miel de un apicultor de Baviera, Alemania, lo que dio origen a una demanda promovida por el apicultor, la cual finalizó en el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE). En septiembre de 2011 el TJUE determinó que el polen de la miel es un ingrediente y no un componente de la misma. Como resultado, si el polen representa más del 0.9% del polen total, la miel puede comercializarse, pero en la etiqueta debe especificar que contiene ingredientes transgénicos. De esta manera, la siembra de transgénicos representa dos situaciones de riesgo, ya que, si es un cultivo transgénico no autorizado para consumo humano, la miel no puede comercializarse en la Unión Europea.

En el 2011, la Unión Europea detectó la posible presencia de polen de soya transgénica MON-04032-6 en la miel exportada del estado de Campeche. Esto desató un evento mediático. Lo anterior impuso la necesidad de generar un protocolo que permitiera la detección in situ de material transgénico en miel, que permitiera establecer estrategias de seguridad por una posible coexistencia futura de las dos actividades. En este trabajo se presenta el establecimiento de un protocolo de extracción de DNA de polen a partir de miel, para la detección de organismos transgénicos en este producto natural. Se obtuvieron resultados positivos para tres de las seis muestras de campo, ubicadas a una distancia de 100, 1500 y 1500 m del cultivo de soya transgénica, respectivamente. Las muestras de 1500 m estaban ubicadas dentro del rango de pecoreo de 3 km reportado en la literatura (SAGARPA, 2011).

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Biología Molecular del Campus Campeche, Colegio de Postgraduados. Se usaron plantas de soya transgénica (MON-04032-6), soya convencional (HUASTECA 300) y la miel como matriz. Se evaluaron muestras de miel de diferentes zonas del estado de Campeche.

El protocolo de extracción de DNA a partir de polen contenido en la miel se modificó a partir de los protocolos de Cheng et al. (2007), Longhi et al. (2009) y Doyle y Doyle (1987). Se toman 2.5 mL de la muestra de miel y se agregan 500 µl de agua destilada estéril (ADE) al tubo Falcón. Se mezclan durante 5 min a 60°C, se agregan al tubo 3 mL de buffer PBS (NaCl, 138 mM; KCL, 2.7 mM; Na₂HPO₄, 10 mM; NaH₂PO₄, 1.8 mM; pH 7.4). Se mezcla

durante 10 min a 60°C. Se divide la muestra a volúmenes iguales en tubos eppendorf. Se centrifuga a 11,000 g durante 10 min, se desecha el sobrenadante y se resuspenden todas las pastillas con 1 mL de ADE; se adiciona a la suspensión 1 mL de PBS, se centrifuga a 11,000 g durante 10 min y se elimina el sobrenadante. Se resuspende la pastilla de polen en 200 µl de buffer de extracción (NaCl 1.4 mM; EDTA 20 mM; Tris-HCL100 mM (pH 8.0); β-mercaptoetanol 0.2%); se adicionan 100 µl de SDS al 20%, y 60 µl de proteínasa K (0.3 mg/mL) por cada 5 mL. Se mantiene en agitación constante durante 1 h a 60°C. Para la precipitación se agregan 162.5 µl de cloroformo-alcohol isoamílico (proporción 24:1), se centrifuga a 11,000 g durante 10 min. Se recupera la fase acuosa en un tubo eppendorf nuevo y se agregan 162.5 µl de cloroformo alcohol-isoamílico. Nuevamente la fase acuosa se recupera y se agregan 0.1 partes de acetato de amonio 7.5 M y 0.7 partes de isopropanol absoluto enfriado a -20 °C. Se almacena durante 30 min a 4°C para favorecer la precipitación del DNA; posteriormente se centrifuga a 11,000 g durante 10 min, la pastilla se lava dos veces con etanol al 75% y se seca en la incubadora de 37°C (Doyle y Doyle, 1987).

La selección de iniciadores para detección de soya MON-04032-6 que amplifican cada una de las regiones que fueron introducidas durante la construcción del vector PV-GMGT04 que da resistencia a glifosato, se muestra en la Figura 1.

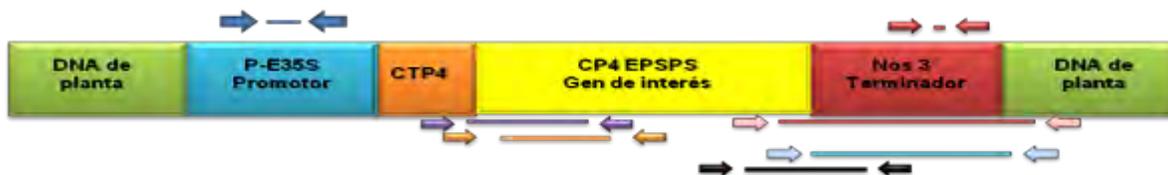


Figura 1. Localización de los iniciadores insertados en soya MON-04032-6. Promotor ■ 35S1-195 pb, terminador ■ NOS1-180 pb, Gen de interés ■ CP4-EPSPS2- 338 pb, ■ CP4-EPSPS3-498 pb, ■ CP4-EPSPS4 281 pb, ■ CP4-EPSPS5-319 pb, ■ CP4-EPSPS6-350 pb. (Tzu-Ming Pan and Tsung-Wei Shih 2003 y Honghong Wu, et al., 2012.).

Los iniciadores utilizados en este trabajo se muestran en el Cuadro 1. Mediante un PCR virtual (in silico) con la aplicación BLAST, se verificó que los iniciadores amplificaran el segmento correspondiente al gen para la 5-enol-pyruvylshikimato-3-fosfato sintasa (Cp4-epsps, soya transgénica, evento MON-04032-6) e identificaran la localización de los iniciadores sobre el transgen.

Cuadro1. Iniciadores para detección de soya MON-04032-6, que amplifican cada una de las regiones que fueron introducidas durante la construcción del vector PV-GMGT04.

Nombre	Iniciadores 5'- 3'	Tamaño esperado de Pares de bases	Temperatura (°C)
35S1-F	GCTCCTACAAATGCCATCA	195 pb	50°C
35S1-R	GATAGTGGGATTGTGCGTCA		
NOS1-F	GAATCCTGTTGCCGGTCTTG	180 pb	50°C
NOS1-R	TTATCCTAGTTTGC GCGCTA		
CP4-EPSPS2-F	CTTCACGGTGCAAGCAGC	338 pb	53°C
CP4-EPSPS2-R	TCGTAGACCCCGACGAGG		
CP4-EPSPS3-F	CCTTCATGTTCCGGCGGTCTCG	498 pb	53°C
CP4-EPSPS3-R	ACGTCATGATCGGCTCGATG		
CP4-EPSPS4-F	CGGGGTCTACGATTTCTGA	281 pb	50°C
CP4-EPSPS4-R	GCCCTGCAGCATCTTTTC		
CP4-EPSPS5-F	TGCGATCATA CGGAAAAG	319 pb	46°C
CP4-EPSPS5-R	CAGCGTGGAGGAGCGAAC		
CP4-EPSPS6-F	TCGCTCCTCCACGCTGAA	350 pb	53°C
CP4-EPSPS6-R	CCGTGACAGGGTTTTCCG		

Mediante un PCR virtual (in silico) con la aplicación BLAST, se verificó que los iniciadores amplificaran el segmento correspondiente al gen para la 5-enol-pyruvylshikimato-3-fosfato sintasa (Cp4-epsps, soya transgénica, evento MON-04032-6) e identificaran la localización de los iniciadores sobre el transgen.

Como control positivo, se utilizó el DNA obtenido de soya transgénica MON-03204-6 colectado en campo. Para las reacciones de amplificación por PCR se ajustaron todas las reacciones a un volumen final de 16 µl. A cada reacción se le agregaron 20 ng de DNA, y 20 pmol de cada uno de los oligonucleótidos iniciadores. Como control positivo se utilizó soya evento MON-03240-6 y como control negativo la variedad HUASTECA 300.

Resultados y Discusión

Extracción de DNA de polen a partir de muestras de miel

Los métodos de extracción de DNA a partir de polen en miel evaluados mostraron variabilidad tanto en el rendimiento como en la calidad del DNA obtenido. Si bien la mayoría de los métodos de extracción sugieren iniciar de una cantidad entre 10 y 15 mL, el método

propuesto permitió realizar extracciones a partir de volúmenes pequeños (2.5 mL de miel). Este protocolo es una conjunción de tres métodos de extracción previamente reportados (Cheng et al., 2007; Longhi et al., 2009; Doyle y Doyle, 1987) y presentó reproducibilidad en las extracciones de DNA en diferentes muestras de miel. Se obtuvo DNA genómico en buen estado físico con la cantidad y pureza suficiente para la amplificación por reacción en cadena de la polimerasa. No se observó degradación durante la realización del procedimiento, o hasta varios meses después de su aislamiento. En la Figura 2 se muestra el estado físico de DNA obtenido a partir de 10 muestras de miel de localidades del Estado de Campeche.

En el caso del protocolo propuesto, se obtuvo DNA con la calidad suficiente para visualizarlo en el gel y para realizar una reacción de PCR utilizando en este caso los iniciadores universales 18s para plantas.

En la Figura 2 se puede observar que todas las amplificaciones tuvieron un nivel de amplificación similar. La diferencia más marcada frente a otros métodos de extracción es, sin duda, la cantidad inicial de miel a partir de la que se realiza el procedimiento (2.5 ml), frente a los 25 mL o más recomendados en los otros protocolos. Si fuera necesario procesar un número considerable de muestras, el bajo volumen recomendado facilitaría manipular un número mayor.

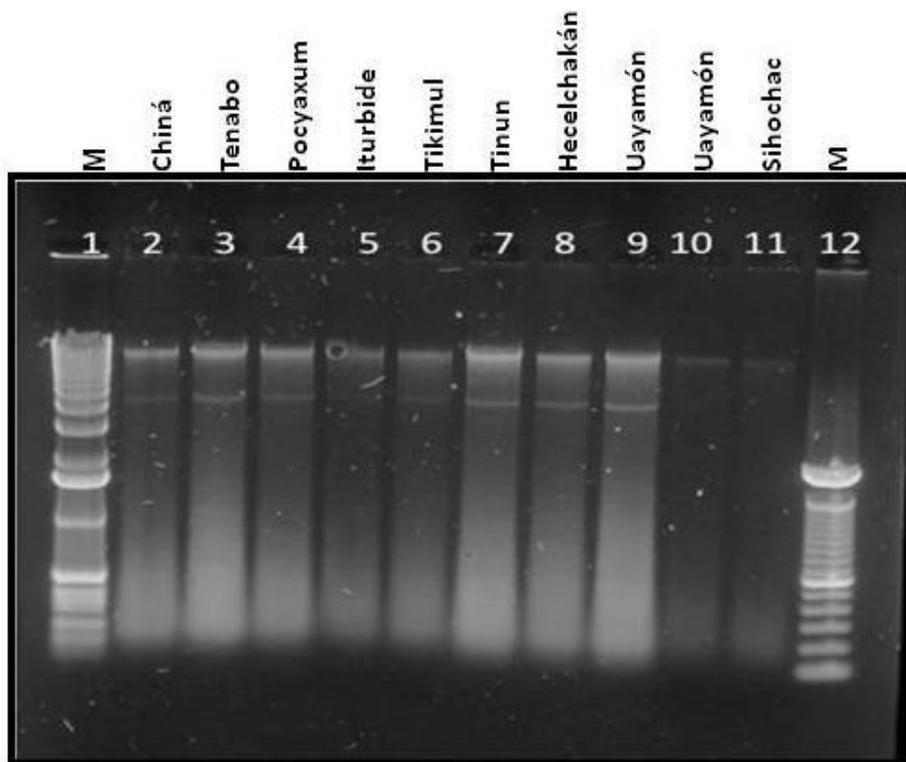


Figura 2. DNA genómico extraído a partir de muestras de miel de diferentes localidades del estado de Campeche. Carril 1 marcador de peso molecular de 1 Kb LadderTM, InvitrogeneTM (MPM); carril 2-11 muestras de miel. Gel de agarosa al 0.8%. Condiciones de corrida: TAE 1X a 80 volts por 40 min.

Validación de Iniciadores para detección de soya MON-04032-6

Se validaron los iniciadores previamente reportados para detección del material soya evento MON-04032-6 (Tzu-Ming y Tsung-Wei, 2003; Honghong et al., 2012) indicados en la Figura 1 y el Cuadro 1. Todas las reacciones de amplificación generaron el tamaño esperado (Figura 3). Las cantidades de componentes del PCR en la amplificación se ajustaron a un volumen final de 25 μ l, utilizando el kit comercial pre-mezclado PCR Supermix® (High Fidelity). El tubo de reacción contenía 20 ng/ μ l de DNA de hoja de soya evento MON-04032-6, 20 pmol de cada uno de los oligonucleótidos y mezcla de reacción SuperMix (dNTPs; Taq DNA polimerasa; MgCl₂).

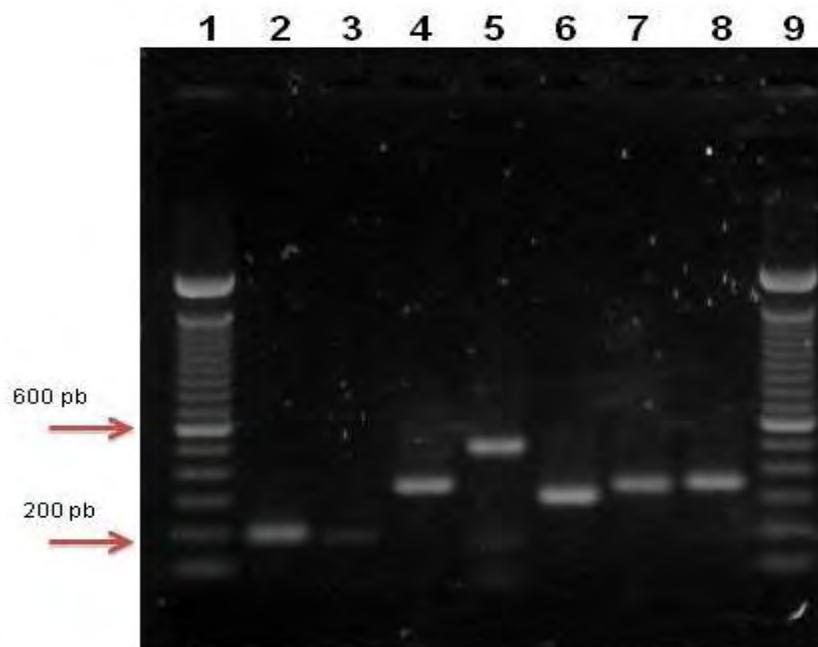


Figura 3. PCR para la amplificación de iniciadores específicos para detección de plantas de soya evento MON-04032-6. Carril 1 y 9, marcador (100 Pb ladder™, Invitrogen™); carril 2, 35S1-195 pb; carril 3, NOS1-180 pb; carril 4, CP4-EPSPS2- 338 pb; carril 5, CP4-EPSPS3-498 pb; carril 6, CP4-EPSPS4 281 pb; carril 7, CP4-EPSPS5-319 pb; carril 8, CP4-EPSPS6-350 pb (Tzu-Ming y Tsung-Wei Shih, 2003; Honghong Wu et al., 2012). Gel de agarosa al 1.5%, corrido 1 h en TAE 1X a 100 volts.

Los iniciadores utilizados para la detección de material transgénico en miel (soya MON-04032-6), permitieron amplificar los tamaños esperados, con excepción de un par de iniciadores (CP4-EPSPS4). En la Figura 3 se muestra el gel con las amplificaciones obtenidas para cada uno de los fragmentos esperados, al ser evaluados sobre el control positivo (DNA de soya MON-04032-6). No hubo amplificación alguna sobre el control negativo (soya Huasteca 300), por lo que estos resultados validan la aplicación de los iniciadores para su uso diagnóstico. Antes de ser utilizados en las muestras finales, se realizó una prueba para determinar el nivel de detección en una mezcla de DNA no blanco. Para esto, se mezclaron diluciones del DNA de soya MON-04032-6 con DNA extraído de polen de

una muestra de campo (multifloral). El resultado demostró la capacidad de obtener amplificación hasta con 7 ng de DNA.

Extracción de DNA de polen a partir de miel obtenida de apiarios ubicados en las cercanías de cultivo de soya MON-04032-6.

Debido al recelo que presentaron los apicultores a que les pudieran rechazar su miel para compra, no permitieron coleccionar miel directamente de sus panales, y pidieron que fuera respetado el anonimato de sus nombres y el lugar de cosecha. Por esta razón no se presenta la georeferencia ni el nombre del dueño de los apiarios donde se cosechó la miel. Se utilizó el protocolo propuesto. En la Figura 4 se presentan las extracciones de DNA de polen.

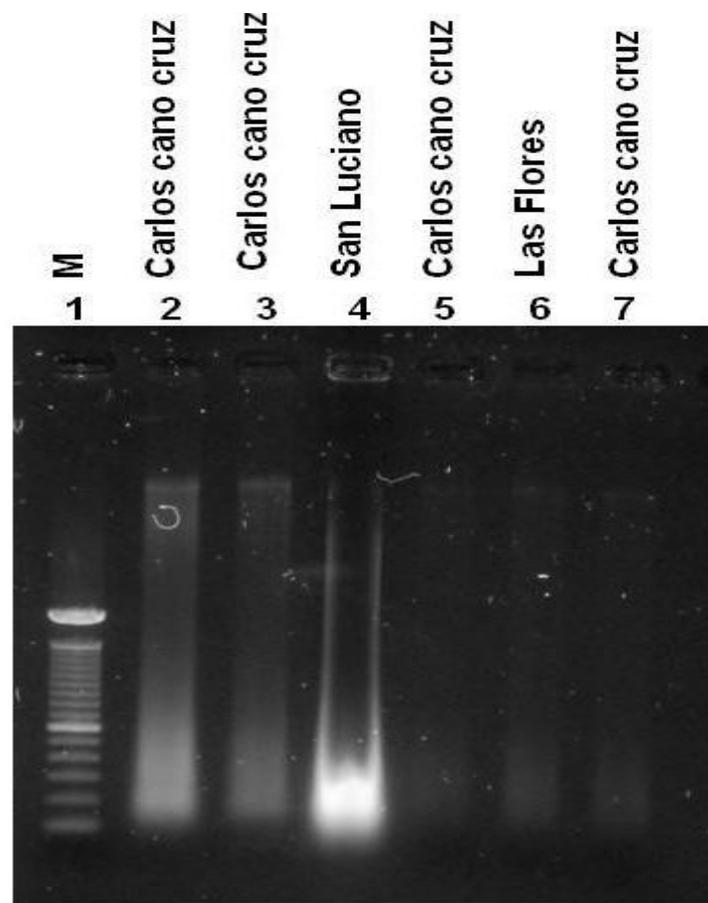


Figura 4. DNA genómico extraído a partir de muestras de miel obtenidas de campo cercanos a cultivos de soya transgénica. Carril 1 Marcador (100 pb LadderTM, InvitrogeneTM); carril 2-7 muestras de miel, se observa la intensidad de las bandas en el gel debido a la concentración del ADN (La concentración ver en el cuadro 13) las tres primeras son más intensas por una mayor concentración de DNA. Gel de agarosa al 0.8%, condiciones de corrida: TAE 1X a 80 volts por 40 min.

Se obtuvieron resultados positivos para tres de las seis muestras de campo, ubicadas a una distancia de 100, 1500 y 1500 m del cultivo de soya transgénica, respectivamente. Las

muestras de 1500 m estaban ubicadas dentro del rango de pecoreo de 3 km reportado en la literatura (SAGARPA, 2011).

Conclusiones

Se propone un protocolo de extracción de DNA de polen a partir de 2.5 mL de miel.

Se validaron los iniciadores ya reportados para la detección por PCR del transgen que codifica para el gen sintasa 5-enolpiruvilsiquimato-3-fosfato (EPSPS sobre soya transgénica y miel extraídas de colmenas localizadas en campo, los cuales se encontraran cercanos a cultivos de soya. Se propone hasta 7 ng de DNA blanco como límite para la detección por PCR del transgen CP4-EPSPS en el laboratorio.

Bibliografía

Cheng, HS, Kim, NH, Parque, MJ, Lim, SK, Kim, Carolina del Sur, Kim, JY, Kim, JA, Oh, HY, Lee, CH, Huh, K., Jeong, TC y Nam, DH. 2007. La sintasa de 5-enolpiruvilsiquimato-3-fosfato de soja tolerante a glifosato expresó en *Escherichia coli* no muestra alergenicidad severa. *Moléculas y Células* 15(1):20-26.

Doyle JJ, Doyle JL. 1987. A rapid DNA Isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem Bull.* 19:11-15.

Honghong Wu, Yu Zhang, Changqing Zhu, Xiao Xiao, Xinghu Zhou, Sheng Xu, Wenbiao Shen, and Ming Huang. 2012. Presence of CP4-EPSPS Component in Roundup Ready Soybean-Derived Food Products. *Int. J. Mol. Sci.* 13, 1919-1932; doi:10.3390/ijms13021919.

Tzu-Ming Pan and Tsung-Wei Shih. 2002. Detection of Genetically Modified Soybeans in Miso by Polymerase Chain Reaction and Nested Polymerase Chain Reaction. *Journal of Food and Drug Analysis* 11(2):154-158.

Longhi Antonella Cristofori, Pamela Gatto, Fabiana Cristofolini, Maria Stella Grando and Elena Gottardini. 2009. Biomolecular identification of allergenic pollen: A new perspective for aerobiological monitoring? *103:508-514.*

EVALUACIÓN DE DOS RECUBRIMIENTOS DURANTE LA POSTCOSECHA DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* T.) EN DOS HUERTAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Janette Álvarez Luján⁵⁰⁵, Anabell Rodríguez Vázquez⁵⁰⁵, Román Morales Pablo⁵⁰⁵, Alfredo Nava Zamora⁵⁰⁵, Francisco Hernández Lorenzo⁵⁰⁵, Elier Ekberg Neri Torres⁵⁰⁵ y Javier De La Cruz Medina⁵⁰⁶

Resumen

Se evaluaron frutos de la variedad limón persa, obtenidos de dos huertas comerciales en los municipios de Manlio Fabio Altamirano y Martínez de la Torre, ubicados en el estado de Veracruz, México. Los objetivos fueron evaluar dos recubrimientos: uno comercial y uno sintético, comparándolo contra un tratamiento control (testigo) durante su almacenamiento a refrigeración, realizando determinación de las características fisiológicas del limón persa (firmeza, color, peso y relación sólidos solubles/acidez titulable). Los frutos se almacenaron por 30 d a una temperatura de refrigeración que osciló entre $10 \pm 2^\circ\text{C}$. Se determinaron las variables: color externo, pérdida de peso, firmeza y relación sólidos solubles/acidez titulable. Por lo que se establecieron 2 tratamientos: Recubrimiento Sintético (RS) y Recubrimiento Comercial (RC). La unidad experimental fue de un fruto y se realizaron tres repeticiones para la determinación de cada variable. Para el análisis de resultados se realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias (Tukey, $P \leq 0.05$), empleando el software Minitab, versión 16. En la totalidad de los frutos las pérdidas de firmeza, color y peso mediante la aplicación de un RC durante el mes de almacenamiento a refrigeración fueron menores (8% en peso, un índice de color de -6.18, verde más intenso y firmeza mas homogénea) con la aplicación de un RC. La relación de sólidos solubles/acidez titulable que oscilo en el intervalo de 1.30 a 1.40, indican que este tipo frutos y con la aplicación de un recubrimiento comercial en los tiempos fisiológicos adecuados proporcionaran al productor un excelente calidad de fruta y un rendimiento en jugo adecuado, mismos que son parámetros importantes de cosecha y comercialización.

Palabras clave: características fisiológicas, recubrimiento, refrigeración.

⁵⁰⁵ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre. Email: alimentarias@tecmartinez.edu.mx

⁵⁰⁶ Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos

Introducción

El limón persa (*Citrus latifolia* T.) es una de las frutas que más se produce en México, según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO: acrónimo (en inglés) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) logrando ocupar el cuarto lugar a nivel mundial. A nivel nacional uno de los estados con mayor producción es Veracruz. Entre los municipios que aportar mayor proporción a nivel estado y nacional se encuentra dos municipios; Martínez de la Torre y Manlio Fabio Altamirano, el primero caracterizándose por contar con la mayor cantidad de empacadoras y buena calidad en limón persa, y el segundo por tener excelentes rendimientos.

Entre las etapas más importantes para obtener un fruto de excelente calidad, la maduración, es de las más sensibles, debido a que en los frutos están implicadas diversas moléculas, enzimas y hormonas que favorecen o inhiben este proceso. En el caso del limón persa nos referimos a un fruto no climatérico que madura gradual y constantemente, sin mostrar un aumento significativo de la actividad respiratoria ni de la producción de etileno al inicio de la maduración, esto quiere decir que no acelera su maduración y crecimiento después de haber sido cortado de la planta. En la actualidad están surgiendo nuevas técnicas que permiten retardar el proceso de maduración de frutas como alternativa de la eliminación de pérdidas ocasionadas por la cadena de suministro. El fundamento de estos métodos consiste en retardar las reacciones bioquímicas naturales que se generen en el vegetal, especialmente relacionadas con la respiración. Los métodos más comúnmente usados son: el envasado en atmósferas controladas, modificadas o al vacío, refrigeración y uno de los más utilizados en la regiones productoras de Veracruz, son los recubrimientos con ceras o parafinas.

Durante la pre y postcosecha las características que deben cumplir los productos hortofrutícolas como los cítricos en mercado nacional como en el europeo, son frutos con el flavedo en color verde. Una forma de conservar la vida útil postcosecha de frutas es cubriéndolas con barreras comestibles semipermeables a gases y vapor de agua. Los recubrimientos comestibles son una opción para reducir el deterioro causado por el procesamiento mínimo de frutas frescas y para extender la vida útil, debido a que forman una barrera semipermeable formada de O_2 , CO_2 , humedad y movimientos de solutos que sirve para reducir el índice de respiración, la pérdida de peso y reacciones de óxido-reducción. En este sentido se han realizado investigaciones relacionadas con el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles funcionales que podrían reemplazar a las películas sintéticas, satisfaciendo la preferencia de los consumidores por productos sanos y naturales en lugar de los productos derivados del petróleo. En limones se ha empleado la cera de candelilla para prolongar su vida postcosecha, siendo una efectiva barrera contra la humedad y altamente permeable al oxígeno y el dióxido de carbono, lo cual ha permitido reducir el ritmo de

envejecimiento y pudriciones, aumentando de este modo su vida de anaquel (Cabello et al., 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial comparativo de dos recubrimientos: uno comercial y uno sintético durante su almacenamiento a refrigeración, realizando determinación de las características fisiológicas del limón persa (firmeza, color, peso y relación sólidos solubles/acidez titulable) en el comportamiento de cada uno de estos componentes de la calidad de los frutos.

Materiales y métodos

Origen de las muestras

Las muestras fueron colectadas de dos huertas de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* T.) en el estado de Veracruz. El huerto 1 tiene un suelo arcilloso, en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, situada en la zona centro del Estado, en las coordenadas 19°06' de latitud Norte y 96°20' de longitud Oeste, a una altura de 67 metros sobre el nivel del mar. Su clima es cálido-seco-regular con una temperatura promedio de 25.2°C; su precipitación pluvial media anual es de 909 milímetros. Se presenta un suelo tipo Phaeozem con una capa superficial oscura, gruesa, rica en materia orgánica y nutriente. Son suelos que toleran exceso de agua, con drenaje, de fertilidad moderada.

Por otro lado, el huerto 2 se ubica en la comunidad de Arroyo del Potrero, situada en Martínez de la Torre, Ver., en la zona Norte del estado, en las coordenadas 20°04' de latitud norte y 97° 04' de longitud oeste, a una altura de 151 metros sobre el nivel del mar. Su clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 23.7°C; su precipitación pluvial media anual es de 1,293.6 mL. Con varios tipos de suelo, identificándose en mayor proporción Phaeozem, seguido del tipo Regosol, Vertisol y otros en menor cantidad como el Luvisol y Fluvisol.

Materia prima

Los frutos de limón que se utilizaron para el presente estudio, fueron proporcionados por productores pertenecientes al municipio de Manlio Fabio Altamirano (Huerta 1) y Martínez de la Torre (Huerta 2) en el estado de Veracruz. El tiempo que tarda el limón desde que inicia la floración hasta el corte es de 90 a 120 d. Los frutos se cosecharon en etapa de madurez fisiológica, considerando color y tamaño adecuado y se desecharon aquellos con daños mecánicos e infestación.

Caracterización fisiológica

Para esta fase se tomaron dos grupos de 120 limones cada uno, para analizar el comportamiento de los frutos con diferentes recubrimientos, en el primer grupo se trabajó con un Recubrimiento Sintético (RS), mientras que en el segundo grupo se trabajó con un Recubrimiento Comercial (RC). Los frutos fueron divididos en lotes para la aplicación de los tratamientos respectivos.

En este sentido se obtuvieron 60 frutos de la huerta 1 y 60 de la huerta 2. Posteriormente se sometieron los cuatro lotes a un lavado en una tina de inmersión durante 2 min aproximadamente a una concentración de 200 ppm de cloro libre en un rango de pH de 6.5 a 7.5 según las especificaciones del Consejo Estatal Citrícola A. C., enseguida se dejaron secar a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 1 h, para el primer grupo (RS), se le aplicó directamente el recubrimiento por aspersion mientras que para el segundo grupo (RC) se realizó la aspersion en una relación 1 L/ton de acuerdo a especificaciones de la etiqueta y se dejaron secar a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante media hora, una vez que el recubrimiento se secó completamente se procedió a realizar el rotulado de los todos los lotes para su fácil identificación, posteriormente se almacenaron en una cámara de refrigeración a una temperatura de $9 \pm 2^\circ\text{C}$ según especificaciones del CODEX ALIMENTARIUS.

La temperatura de almacenamiento es un factor decisivo en cuanto a calidad de los frutos y esta depende de muchos factores entre ellos se encuentra, la variedad y especie de los frutos, área de producción, condiciones físicas, grado de madurez, entre otras. En este caso la temperatura osciló entre $9 \pm 2^\circ\text{C}$, debido que es la temperatura óptima para limones calidad Europa y Japón. El almacenamiento se realizó por 30 d para los cuatro tratamientos (Tratamiento A con RC, Tratamiento B sin RC, Tratamiento C con RS y Tratamiento D sin RS), estableciendo el muestreo cada tercer día y evaluando 2 frutos por tratamiento.

Diseño experimental

La unidad experimental fue de un fruto y se realizaron tres repeticiones. Las variables respuesta evaluadas son pérdida de peso, índice de color (luminosidad, Hue, croma), firmeza de la cáscara, relación sólidos solubles totales y acidez titulable.

Pérdida fisiológica de peso (PFP). Para evaluar esta variable se marcaron 30 frutos por tratamiento, a los cuales una vez almacenados se les midió el peso cada tercer día con una balanza granataria marca OHAUS. Considerando el peso inicial, se calculó la diferencia de peso para reportar el porcentaje de la pérdida de peso por cada día de almacenamiento de acuerdo a la NMX-F-083-1986.

Índice de color. Esta variable se determinó utilizando un espectrofotómetro MiniScan, Hunter Lab, USA. Se aplicó la escala CIEL*a*b, el cual indica la lectura para determinar los tres atributos de color que son: Luminosidad (L^*), croma (b^*) y el ángulo de tono (a^*), que es

la proporción de rojo, amarillo, respectivamente; correspondiendo el 0° al rojo, 90° al amarillo, 180° al verde y 270° al azul. Se tomó lectura en tres secciones (ápice, centro y base), con los datos obtenidos del espectrofotómetro se calculó el índice de Color (IC) para cítricos $(1000 \cdot a) / (b \cdot L)$ propuesto por Hernández (2014).

Firmeza. La medición se realizó en tres diferentes partes del fruto donde se aplicó una fuerza de compresión con una punta cónica de 6 mm de diámetro, utilizando un penetrómetro de frutos, con capacidad de lectura de 0-10 KgF (WIFT20, Wagner, USA). El valor se expresó como la fuerza (kg) requerida para que la punta cónica del penetrómetro se introduzca en la cáscara (NMX-FF-014-1982).

Sólidos solubles totales (°Brix). De acuerdo a lo establecido a la NMX-FF-015-1982 (productos alimenticios no industrializados, para uso humano. fruta fresca). En las frutas jugosas, el jugo se obtiene por compresión de éstas después de haberlas partido. Se determinaron los sólidos solubles con la extracción del jugo de la fruta mediante un refractómetro digital (ABBE LEICA MARK II, USA). Se realizó la calibración del equipo antes de realizar las mediciones la cual se lleva a cabo colocando unas gotas de agua destilada en la base y observar la escala de éste y, en caso necesario, se ajustó a cero girando el tornillo hacia la derecha o hacia la izquierda, hasta que la división entre al campo oscuro y el campo iluminado coincida con el cero de la escala. Una vez calibrado el refractómetro, el prisma y la base se limpiaron con un algodón o con un papel suave.

Para realizar la medición se colocaron una o dos gotas de jugo obtenido de la muestra, en la base inmediatamente después unir la base con el prisma y leer la muestra. Los resultados obtenidos directamente del refractómetro se reportaron como (%) de sólidos solubles totales o °Brix a 20°C. (AOAC, 1995).

Acidez titulable (% ácido cítrico). Se determinó como (%) del ácido predominante (ácido cítrico) por gramo de jugo de limón. Se realizó por titulación con NaOH 0.1 N de acuerdo con el método (AOAC, 1995). Para esto, se tomó una muestra de 1 mL de jugo a los que se le adicionaron 2 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con (NaOH) 0.1 N. para la obtención del contenido de ácido cítrico (%).

Análisis estadístico aplicado a los datos

El diseño experimental que se utilizó factorial $2 \times 2 \times 15$, donde los factores y niveles fueron: huerta (Veracruz, Martínez), recubrimiento (con cera, sin cera), tiempo (0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27 días). Se realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias (Tukey, $P \leq 0.05$), empleando el software Minitab, versión 16.

Resultados y discusión

Pérdida de peso

De acuerdo con los resultados obtenidos de la variable pérdida de peso, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el comportamiento de los frutos después de la aplicación de los dos recubrimientos (sintético y comercial). Para el tratamiento A la pérdida de peso inicial y la final fue de 13.58%, para C de 15.10% en comparación a los tratamientos sin RS, ya que para B fue de 20.32% y para D 21.65% tras 30 días de almacenamiento a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 1a). Para el segundo experimento con la aplicación de RC, para el tratamiento B alcanzaron 1.22% y 8.52% al día uno y veintisiete, respectivamente. En el tratamiento C fue de 1.29% y 7.75%, en los mismos días. Para los frutos sin RC la pérdida de peso inicial y la final fue de 1.76% y 12.54% en el tratamiento A y para el tratamiento D fue de 1.72% y 10.84% (Figura 1b).

Según Muñoz (2014), un límite crítico para presentar síntomas de marchitamiento es una pérdida de 5-6%, lo que sugiere que con fines de calidad en cuanto a apariencia externa, los frutos no deben almacenarse por más de 5 d, en comparación con los tratamientos con recubrimientos.

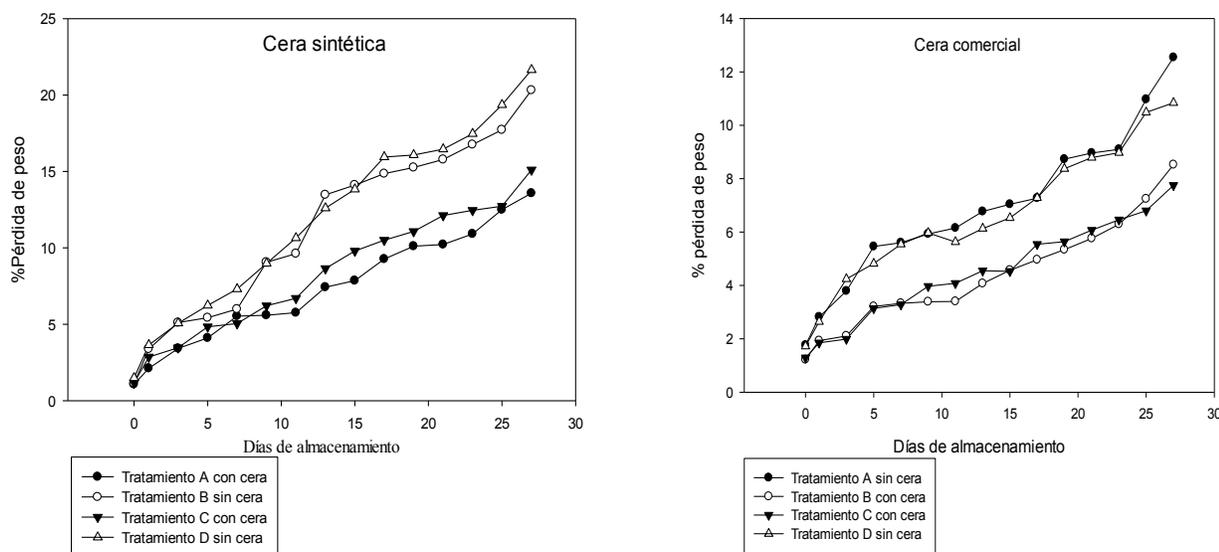


Figura 1a y 1b. Pérdida de peso durante el almacenamiento a refrigeración durante 30 d.

Al respecto, Ariza et al. (2010), mencionan que las menores pérdidas de peso en limón persa se deben a la ausencia de daños fisiológicos, lo que mejora su calidad física y le permite un mejor comportamiento postcosecha. Resultados similares obtuvo Robles et al. (2010), donde obtuvieron que el factor que influye en la pérdida de peso se debe al tamaño de los frutos y al

grosor de la cascara, lo que promueve una transpiración del fruto. Adicionalmente, Wills et al. (2016) coincide que este tipo de factores favorecen las pérdidas de agua por transpiración.

Índice de color

De acuerdo con los valores reportados de luminosidad, °Hue y croma se realizó un análisis del índice de color de los frutos para ambos experimentos, el cual no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) al momento de la cosecha, debido a que la mayoría de los frutos presentaban una coloración con mayor tonalidad de verde. Álvarez (2007) indica que esto se debe a un efecto de retardo en la evolución de la senescencia y en consecuencia la degradación de la clorofila.

Durante el almacenamiento del primer experimento con aplicación de RS, se obtuvo un índice de color de -6.21 para el tratamiento B y -6.15 para el tratamiento C, los cuales se encuentran en el rango de tonalidad amarilla. Para los tratamientos de los frutos sin RC los valores alcanzados fueron de -5.51 para A y -5.54 para D, los cuales son de tonalidad más amarillenta (Figura 2a y 2b).

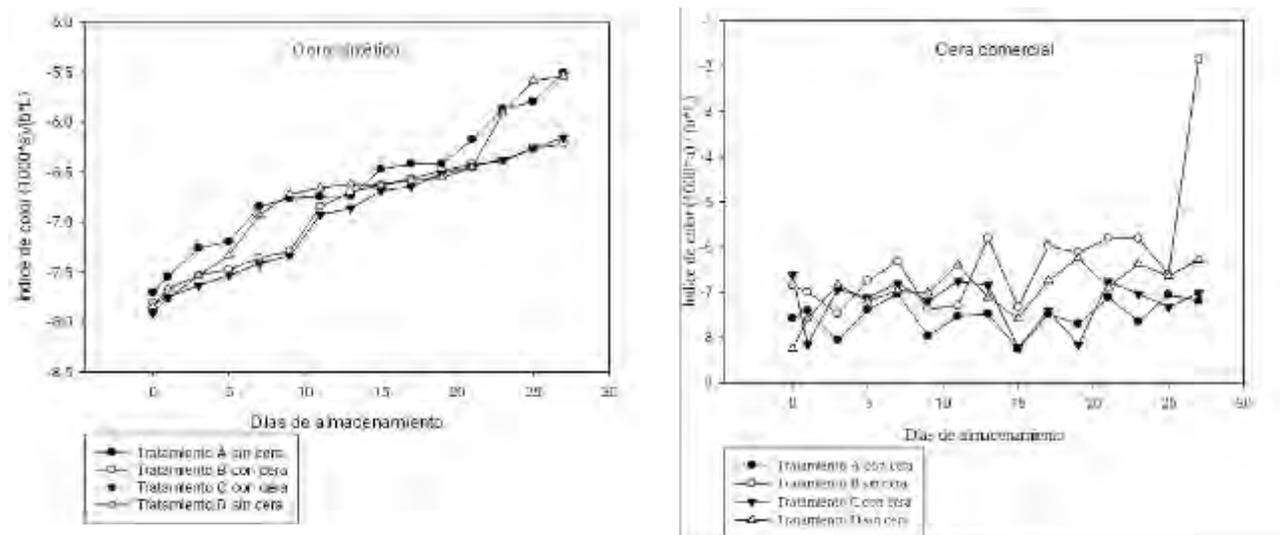


Figura 2a y 2b. Índice de color durante el almacenamiento a refrigeración durante 30 d.

Los tratamientos que se les aplicó el RC presentaron valores estadísticamente significativos de índice color más negativos con -7.19 (verdes intenso) para el tratamiento A y -7.01 (verdes) para el tratamiento C; en tanto que los frutos de los tratamientos RC (B y C) presentaron el índice de color menos negativos tras treinta días de almacenamiento, siendo por consiguiente de tonalidad más amarilla, con valores de -6.59 para el tratamiento B y -6.27 para D. Muñoz et al. (2011), en su estudio de la evaluación de la calidad y tiempo de almacenamiento del fruto de tres variedades de limón mexicano, obtuvieron una disminución

significativa en el índice de color, principalmente durante el periodo de conservación a condiciones de refrigeración, tanto a 2 como a 4 semanas, situación que implicó una importante pérdida de color verde inicial. Así mismo, Ariza et al. (2010) indicaron que las bajas temperaturas promueven la síntesis de carotenoides, lo que provoca que en algunos cítricos dulces este efecto sea deseable.

Firmeza

Una característica importante en el comportamiento fisiológico de estos frutos es su alta actividad respiratoria en la cáscara, en relación al resto de los tejidos. La Figura 3a y 3b presenta los resultados del análisis de firmeza para los frutos control con RC. Los tratamientos tanto con RC y sin RC presentaron similitudes en cuanto a su comportamiento. Con los datos obtenidos de firmeza, se realizó un análisis de varianza, donde se observan diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) de firmeza. En el primer experimento con RS las dos variables significativas fueron el tipo de recubrimiento y el tiempo (número de días) de almacenamiento, las cuales por sí solas afectan de manera directa los resultados mostrados de firmeza en los cuatro tratamientos.

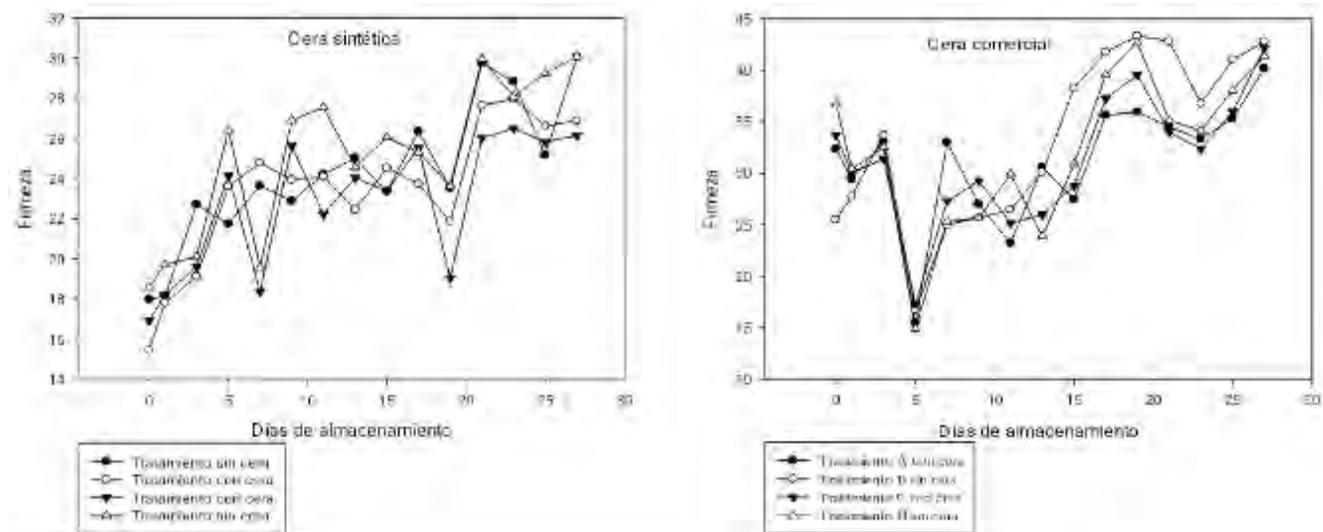


Figura 3a y 3b. Pérdida de firmeza durante el almacenamiento a refrigeración durante 30 d.

Shamloo et al. (2015) durante la evaluación de atributos de calidad en frutos de naranja valencia de (*Citrus sinensis*) variando el período de almacenamiento y recubrimientos comestibles, encontraron que había diferencias significativas en la firmeza de la fruta después de 3 meses de almacenamiento. Por lo que el parámetro de firmeza en una fruta es un indicador confiable de que estos frutos serán más resistentes a la infestación por hongos.

Relación Sólidos solubles/Acidez titulable

En el primer experimento con RS los valores obtenidos para el tratamiento B fue de 1.25 y para C de 1.27, los cuales son más altos en comparación de los frutos sin RS. Para el tratamiento A se obtuvieron valores de 1.19 y para D de 1.18, como se puede observar en la Figura 4a y 4b. En la literatura se reportan valores desde 1.10 hasta 1.40 como adecuados para la comercialización de limón persa (Ariza et al., 2010). Considerando la Norma Mexicana NMX-FF-077-1996 se tiene un valor de 0.97 de relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable.

Las evaluaciones realizadas durante los 30 días de almacenamiento con la aplicación de RC, mostraron variaciones constantes entre los tratamientos, pero al final los tratamientos con RC tuvieron un incremento con 1.31 para A y 1.34 para C, en comparación con los tratamientos sin RC, con 1.23 para B y 1.24 con D. (Figura 4 y 4b). Estos valores coinciden con reportes con cítricos donde la relación % sólidos solubles/ %ácido cítrico aumenta en postcosecha, siendo el límite su estado de senescencia (Muñoz, 2011).

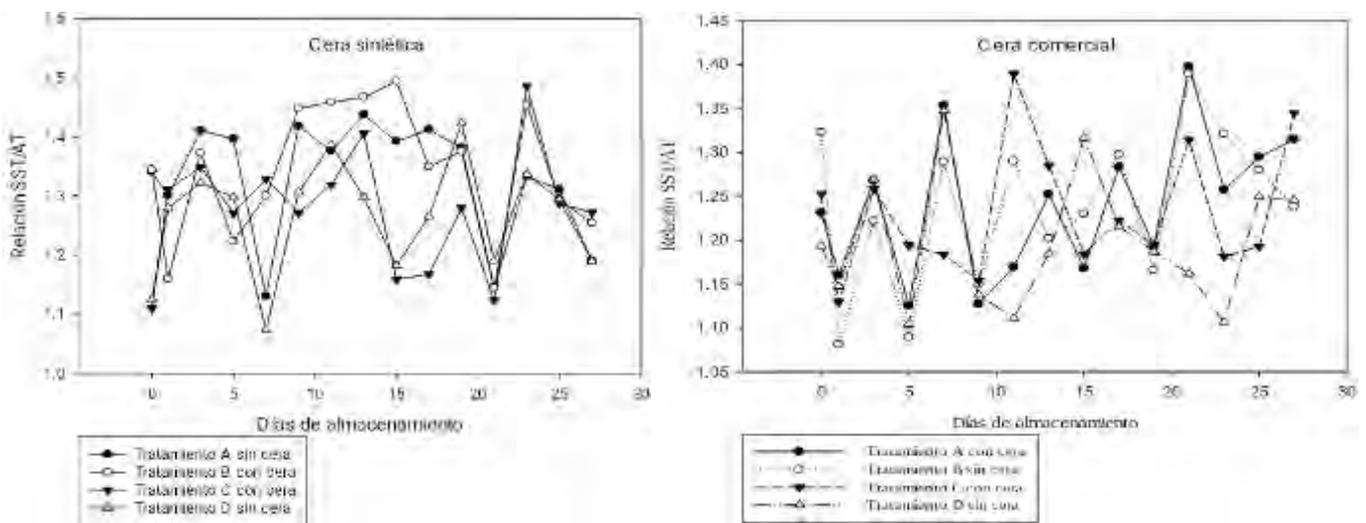


Figura 4a y 4b. Relación de sólidos solubles/acidez titulable durante el almacenamiento a refrigeración durante 30 d.

Resultados similares reportan Castellano et al. (2016) con valores de 1.21 hasta 1.33, indicando que a medida que la temperatura aumenta, la concentración de sólidos solubles se incrementa, en donde la concentración de los azúcares en los jugos se incrementa por efectos de la degradación de los polisacáridos de las membranas celulares. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ariza et al. (2010), donde mencionan que la relación SST:AT, cumplen satisfactoriamente con los estándares mínimos de cosecha de otros países y en México. Indicando que las características de sólidos solubles y acidez titulable fueron suficientes, mientras que el tamaño y peso del fruto son bajos de las indicadas para su comercialización en mercados internacionales, pero aceptables a nivel nacional.

Conclusiones

En la totalidad de los frutos las pérdidas de firmeza, color y peso mediante la aplicación de un RC durante el mes de almacenamiento a refrigeración fueron menores (8% en peso, un índice de color de -6.18, verde más intenso y firmeza mas homogénea) con la aplicación de un RC. La relación de solidos solubles/acidez titulable que oscilo en el intervalo de 1.30 a 1.40, indican que este tipo frutos y con la aplicación de un recubrimiento comercial en los tiempos fisiológicos adecuados proporcionaran al productor un excelente calidad de fruta y un rendimiento en jugo adecuado, mismos que son parámetros importantes de cosecha y comercialización. Así mismo estos valores de relación de solidos solubles/acidez titulable obtenidos en las pruebas con el recubrimiento comercial se encuentran en el rango y límites permisibles por las Normas que son utilizadas para su exportación comercial.

Literatura citada

Álvarez, A, R., Saucedo V, C., Chávez F, S., Medina U, V., Colinas L, M. T., & Báez S, R. 2010. Aplicación de ácido giberélico en precosecha y cera en postcosecha a frutos de limón mexicano. *Revista Mexicana en Ciencias Agrícolas*, 1(1):95-100.

A.O.A.C. 1995. *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemist*. Washinton, D.C., EE.UU.

Ariza, F, R., Tejacal I, A., Beltrán M, N., Ambriz C, R., Lugo A, A., Barrios A, A., Barbosa M, F. 2010. Calidad de los frutos de naranja 'Valencia' en Morelos, México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 11(2):148-153.

Cabello, A, C, J., Sáenz G, A., Barajas B, L., Pérez B, C., Ávila O, Carlos., Valdés G, J, A. 2013. Cera de Candelilla y sus aplicaciones. *Avances en Química*, 8(2):105-110.

Castellano, G., Ramírez, R., Sindoni V., María J.; Hidalgo L., Pablo R.; Burgos, M.E., Marín R, C., Núñez C, K., Martínez L. 2016. Efecto de la temperatura de almacenaje sobre las características organolépticas de frutos de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17(1):8-14.

CODEX STAN 213-1999. Norma del Codex para lima-limón. *Codex Alimentarius*. Normas Internacionales de los Alimentos.

Muñoz, L, A.A., Saucedo V, C., García O, C., Robles, G, M. 2011. Evaluación de la calidad y tiempo de almacenamiento del fruto de tres variedades de limón mexicano. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 12(2):156-163.

NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

NMX-FF-014-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de la resistencia a la penetración. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

NMX-FF-015-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.

Shamloo, M. M., Sharifani M., Garmakhany A. D. y Seifi E. 2015. Alternation of secondary metabolites and quality attributes in Valencia Orange fruit (*Citrus sinensis*) as influenced by storage period and edible covers. *J Food Sci Technol*. 52(4):1936–1947.

SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Limón persa: <http://www.siap.gob.mx/limon-persa/>

Wills, R and Golding. 2016. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. CABI; 6th Edition.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LIPOXIGENASA DURANTE LA MADURACIÓN Y SENESCENCIA DE FRUTOS DE CHAYOTE (*Sechium edule* Jacq. Sw. var. 'virens levis')

Oscar Andrés Del Ángel Coronel^{507*}

Resumen

La actividad de la enzima lipoxigenasa (LOX, linoleato:oxígeno reductasa, E.C.1.13.11.12) fue investigada durante la vida poscosecha de frutos de chayote, así como sus posibles asociaciones con algunos parámetros de frutos relacionados al deterioro propio de la maduración senescencia que reducen la calidad comercial y la vida de anaquel, evitando su venta en los mercados, especialmente distantes, por presentar síntomas tales como la deshidratación, pérdida de peso, marchitamiento y aparición de brote vegetativo. Hasta el momento, la evaluación del efecto de enzimas como LOX en frutos no climatéricos como el chayote, aún no ha sido evaluada, por lo que este estudio provee el primer paso para explorar el rol de dicha enzima sobre variables fisiológicas y bioquímicas de maduración de fruto. Al respecto, se observó una fuerte correlación entre la actividad de LOX y variables como contenido de ácido linoleico y linolenico, pérdida de peso, producción de CO₂ y etileno. La actividad de la enzima mostró una tendencia decreciente en función de los días de evaluación, particularmente entre los días 1 al 13 de vida poscosecha. La menor actividad coincidió con la aparición de brotes germinativos en los frutos de chayote, indicando un posible estado de transición entre la maduración y los primeros síntomas de senescencia, caracterizada por el proceso degenerativo en la calidad comercial del fruto. Este trabajo concuerda con la hipótesis de que la actividad enzimática de lipoxigenasa puede estar relacionada o incluso inducir varios efectos degradativos en frutos de chayote durante la vida poscosecha, por lo que la presente información podría ser de utilidad para la industria del empaque o procesamiento de alimentos, al aplicar estrategias que permitan aumentar la vida de anaquel del producto y por tanto la satisfacción de los consumidores.

Palabras clave: LOX, actividad enzimática, poscosecha, frutos no climatéricos

⁵⁰⁷División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100 Col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver. México. C.P. 94100. *Correo-e: oscardelangel.coronel@hotmail.com

Introducción

Las lipoxigenasas (LOX, linoleato:oxígeno reductasa, E.C.1.13.11.12) son enzimas que están ampliamente expresadas en muchas plantas y animales, así como en algunos hongos y bacterias (Baysal y Demirdöven, 2007). En plantas, los ácidos linoleico y lenolenico son los principales sustratos para LOX conllevó a la formación de hidroperóxidos (Porta y Rocha, 2002). En el proceso de maduración de frutos, LOX es una enzima degenerativa, genero malos olores, sabores, perdidas de color, abultamiento, entre otros (Baysal y Demirdöven, 2007; Zhang et al., 2009). El producto derivado de la peroxidación de los lípidos por LOX puede ser posteriormente metabolizado, ya sea química o enzimáticamente a otro grupo de compuestos biológicamente activos conocidos como oxilipinas, las cuales pueden participar en la regulación del proceso de maduración y senescencia en varios frutos climatéricos (Lv et al., 2014), resultó en el rompimiento de la membrana celular y en la pérdida de la acción selectiva de la misma (Zhang et al., 2009). Tanto la actividad de LOX como los factores de calidad de fruto (tales como pérdida de agua, fuga de electrolitos, peroxidación de lípidos y daños a la membrana) están bien estudiados en frutos climatéricos, sin embargo, en frutos no climatéricos como el chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw. var. 'virens levis'), este enfoque ha sido pobremente investigado.

El chayote es un fruto de exportación que pertenece a la familia Cucurbitaceae. La planta es nutricionalmente importante en la dieta humana y por sus múltiples usos en la medicina tradicional, pero solo el fruto tiene importancia económica en varios países generando una fuente importante de divisas (Abdelnour y Rocha, 2008). En México, la aceptabilidad comercial está regulada por la norma NMX-FF-SCFI-2003 donde los síntomas de deshidratación, pulpa fibrosa o rígida, germinación de brotes y el marchitamiento del fruto, se mencionan como las principales causas que reducen la calidad comercial y causan el rechazo del producto en los mercados. Para evitar estos problemas, se han reportado algunos tratamientos como ceras comestibles, bolsa plástica, refrigeración, atmosferas modificadas, etc., como barreras físicas para reducir la pérdida de agua (Alvarado et al., 1989; Valverde et al., 1989; Aung et al., 1996; Demerutis, 2010). Estos enfoques han sido exitosos para reducir el metabolismo y mantener una actividad enzimática baja logrando extender la vida de anaquel del chayote, pero aún no se ha elucidado cuales enzimas están activas y juegan un papel fisiológico importante durante la maduración y senescencia. El posible rol de LOX en la maduración de chayote fue sugerido por Flick et al. (1977, 1978) y Brunette y Flick (1977), quienes reportaron que no había actividad aparente de la enzima en frutos de chayote, aunque en este sentido, los autores reportaron que el método analítico usado tal vez no fue lo suficientemente sensible para detectar ninguna actividad enzimática. Desde la publicación de estos trabajos hace 40 años a la fecha, esta hipótesis no ha sido

estudiada nuevamente. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad de la enzima LOX en relación al cambio en variables fisiológicas y fisicoquímicas durante un periodo largo de vida poscosecha en chayote.

Materiales y métodos

Material vegetal

Un total de 40 frutos de chayote fueron cosechados en su madurez hortícola de consumo (alrededor de los 18 a 22 d post-antesis) en un huerto comercial en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. Cada fruto fue lavado con agua y detergente previamente a la aclimatación a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Las evaluaciones fisiológicas comenzaron 24 h después de la cosecha (día uno) y se evaluó subsecuentemente cada cuatro días (1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29 día poscosecha), hasta que los frutos se observaron sobre madurados y totalmente inaceptables para el mercado o los consumidores.

Pérdida de peso y volumen

El peso fue medido en balanza electrónica (Sartorius™ BL310) cada cuatro días como se señaló arriba. Mientras que el volumen se determinó por inmersión del fruto en agua, midiendo la diferencia del volumen desplazado en una cantidad de agua conocida. Ambos resultados se expresan porcentaje.

Firmeza de fruto

La firmeza fue definida como la cantidad de fuerza requerida para penetrar el fruto mediante punción en dos puntos ecuatoriales con un penetrómetro Wagner® (FDK10 y FDK20) ajustado con una sonda cónica de 4x11 mm. La firmeza se reporta en Newtons (N) para cada fruto.

Medición objetiva de color

Fue determinada en dos regiones ecuatoriales de cada fruto con un colorímetro HunterLab MiniScan™ XE-Plux, calibrado con una trampa de luz y una teja blanca como estándares para negro y blanco respectivamente. Se usó la fuente iluminante D65 y un ángulo de observador de 10° . Las mediciones fueron reportadas usando el sistema CIE L, a^* , b^* (McGuire, 1992), donde L representa el porcentaje de luminosidad (desde 100%= blanco, hasta 0%= negro), mientras que los valores de a^* y b^* fueron convertidos en unidades de ángulo Hue [$h^{\circ} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$] y Croma [$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$].

Contenido de sólidos solubles totales (SST o °Brix)

Para la determinación de sólidos solubles totales se extrajo jugo del mesocarpio de fruto y este fue medido con un refractómetro Abbe Digital™. Los resultados se expresan en porcentaje de SST o °Brix.

Acidez titulable

Un mililitro de jugo de mesocarpio de chayote fue añadido a 50 mL de agua destilada desionizada con tres gotas de fenolftaleína al 1% como indicador, posteriormente la mezcla fue titulada con hidróxido de sodio 0.01 N. Los resultados de acidez titulables fueron expresados como mili-equivalentes de ácido cítrico anhidro de acuerdo a la norma mexicana NMX-FF-011-1982.

Extracción de aceites totales

El contenido de aceites totales fue obtenido de acuerdo al método descrito por Olaeta et al. (1999). El mesocarpio del fruto fue homogenizado y 3 g fueron usados para la extracción del aceite, luego 15 mL de cloroformo se añadieron y se mezclaron en un agitador orbital por 5 minutos. Seguidamente se añadieron 30 mL de metanol y la mezcla se agitó nuevamente por otros 5 minutos. Finalmente, se añadieron otros 15 mL de cloroformo y una vez más la mezcla fue agitada otros 5 minutos. Posterior a la agitación, la mezcla fue centrifugada a 4000 rpm durante 10 min y se extrajo todo el sobrenadante para ser evaporado en rotavapor Büchi™. El contenido total de lípidos fue cuantificado y expresado como porcentaje con respecto al peso de la muestra.

Perfil de ácidos grasos

Después de la extracción de aceite se realizó la metilación de los ácidos grasos de acuerdo al procedimiento descrito por Ortega et al. (2004). Una alícuota de 100 µL de lípido fue mezclada con 1 mL de HCL-metanólico 0.5 N para metilar los residuos de ácido graso. Esta mezcla se calentó a 60°C por 3 h y posteriormente se añadieron 200 µL de agua destilada desionizada para detener la reacción de metilación. La mezcla resultante fue extraída con 2 mL de hexano y centrifugada por 2 min a 4000 g y luego 1 µL del metil-éster fue inyectado en un cromatógrafo de gases Hewlet-Packard™ modelo 6890 serie II, acoplado con una columna Agilent INNOWax (60 m x 250 µm x 0.25 µm). El detector de ionización de flama (FID) y de temperatura fue ajustado a 220°C y 230°C, respectivamente.

Tasa de producción de etileno y CO₂

La tasa de respiración y producción de etileno fue calculada de acuerdo al método reportado por Salveit y Sharaf's (1992). Dos frutos fueron colocados en contenedores de 4±0.015 L

herméticamente cerrados durante 2 h. La concentración del gas acumulado en el espacio cabeza fue muestreado a través de una septa de goma con una jeringa de precisión (Valco™ Serie A-2) e inyectado en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7820 GC System, acoplado a una columna Agilent PoraPLOT-Q (30m x 530µm x 20µm). Las condiciones de temperatura de horno fueron constantes a 80°C, FID a 250°C, TCD a 250°C. La cantidad de etileno y CO₂ fue registrada como mg·kg⁻¹·h⁻¹.

Preparación del extracto crudo enzimático

Para la extracción de la enzima se homogenizaron 10 g de mesocarpio de fruto con 50 mL de agua destilada desionizada. Posteriormente fue centrifugado a 14,000 rpm y 4°C por 20 min y el sobrenadante que contenía el extracto crudo de LOX fue filtrado con una micromembrana Millipore™ de 0.22 µm para su uso inmediato o para su almacenamiento en ultracongelación a -70°C hasta su uso.

Actividad enzimática de lipoxigenasa

La actividad de la enzima lipoxigenasa fue evaluada de acuerdo al método de Gökmen et al. (2002) usando ácido linoleico como sustrato (93% de pureza, Sigma™). La solución sustrato fue preparada con 157.2 µL de ácido linoleico con 157.2 µL de Tween™ 20 y 10 mL de buffer fosfato de sodio 0.1 M pH 7.0. Para los ensayos, 1.32 mL de solución fueron colocados en celdas de cuarzo junto con 680 µL de solución buffer fosfato de sodio 0.1 M pH 7.0 y 20 µL de extracto crudo. La muestra blanco fue similar, pero sin el extracto crudo. La actividad de LOX fue medida por el incremento en la absorbancia a 234 nm durante 10 min a 30°C con un espectrofotómetro Beckman™. Una unidad de actividad enzimática fue definida como un incremento en la absorbancia de 0.001 min⁻¹·mg⁻¹ de proteína a 234 nm. Adicionalmente los datos fueron transformados a actividad relativa expresada en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\text{Relative activity (\%)} = \frac{\text{lowest activity}}{\text{highest activity}} * 100$$

Diseño experimental y análisis de datos

Todas las evaluaciones fueron hechas usando 40 frutos en total. La unidad experimental fue un fruto individual con cinco repeticiones de cada unidad. El experimento completo se ajustó a un diseño experimental completamente al azar y todos los datos fueron sometidos a análisis de varianza de una vía, prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05) y análisis de correlación usando el software estadístico de computo Minitab™ v.16 y Sigma Plot™ v.10 para realizar los gráficos.

Resultados y discusión

Actividad de lipoxigenasa en chayote

Los ensayos espectrofotométricos de actividad de LOX en el extracto crudo revelaron un máximo de actividad a las 24 h después del corte (100% de actividad relativa de LOX). Este máximo fue seguido por una reducción estadísticamente significativa en los días subsecuentes conforme avanzó la madurez del fruto (60.8 ± 7 y $14.7 \pm 3.4\%$ entre los días 5 y 9 en poscosecha). Finalmente, la actividad se mantuvo constante entre el resto de los días de maduración y senescencia (Figura 1).

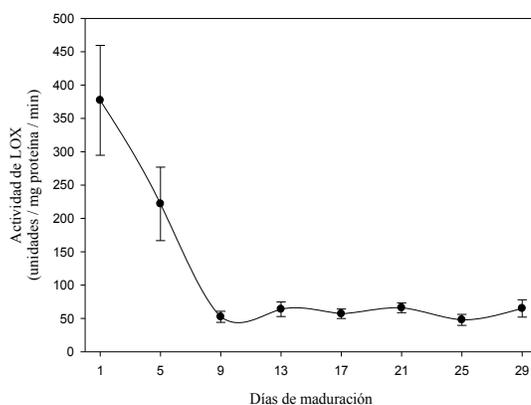


Figura 1. Actividad enzimática de lipoxigenasa en la vida poscosecha de frutos de chayote.

Se ha observado en frutos climatéricos –como el kiwi o el jitomate– que el patrón de expresión, así como el aumento de la actividad enzimática de LOX generalmente precede a un incremento en la producción endógena de etileno y está asociado con el arribo del pico climatérico (Zhang et al., 2009), sin embargo, en frutos no climatéricos –como el chayote– el patrón de actividad enzimática de LOX no sigue el mismo comportamiento. Por ejemplo, en este trabajo la actividad de LOX en chayote mostró el máximo 24 h después del corte y fue acompañada de una drástica reducción en su actividad en los días subsecuentes, mientras que en frutos de fresa, el máximo de actividad fue registrado en la etapa media de maduración –tanto en fruto inmaduro y en estado cambiante–, para finalizar con un ligero pico observado al final cuyo las fresas estaban totalmente maduras (Leone et al., 2006). Y contradictoriamente frutos de olivo Palmieri et al. (2009) detectaron actividad de LOX durante todo el desarrollo de fruto, alcanzando el máximo valor al final, en el estado senescente.

Actividad de LOX y contenido de ácidos grasos libres

Los ácidos grasos libres identificados en frutos chayote se exhiben en el Cuadro 1, donde el mayor contenido corresponde al ácido palmítico (39.6%), seguido del linolenico (18%), esteárico (16.8%), oleico (11.2%), linoleico (8.87%) y palmitoleico (3.15%). Mientras que la

evolución del total de ácidos grasos (como contenido de aceites totales) promedió desde 1.4% en el día uno, hasta un máximo de 5.3% en el día 13, coincidiendo con el momento en el que la actividad de LOX y del linoleico alcanzó su mínimo estado constante. Los contenidos de linoleico y linolenico decrecieron entre el día uno y el día 13 (Cuadro 1). En este mismo evento, la actividad enzimática de LOX mantuvo una disminución altamente significativa ($P \leq 0.001$) desde el 100% de actividad relativa en el día uno hasta un $18.2 \pm 4.4\%$ a mitad del periodo evaluado (día 13).

Cuadro 1. Contenido de ácidos grasos libres identificados en frutos de chayote.

DIA	ACIDOS GRASOS LIBRES (%) ^{*1}					
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6c	C18:3n3
1	35.9 ^{bcd}	1.44 ^{bc}	5.82 ^c	5.21 ^d	17.9 ^a	33.6 ^a
5	30.9 ^d	2.56 ^{bc}	10.7 ^{bc}	10.2 ^{bcd}	12.3 ^{ab}	24.9 ^{ab}
9	37.4 ^{bcd}	2.94 ^{bc}	21.6 ^a	13.5 ^{abc}	8.17 ^{bc}	13.1 ^d
13	57.9 ^a	2.97 ^{bc}	22.1 ^a	6.24 ^d	4.84 ^c	3.39 ^e
17	35.7 ^{cd}	3.91 ^b	21.4 ^a	8.49 ^{cd}	7.86 ^{bc}	22.5 ^{bc}
21	34.1 ^d	9.05 ^a	17.0 ^{ab}	18.7 ^a	5.03 ^c	16.0 ^d
25	44.1 ^b	1.27 ^c	19.6 ^a	13.3 ^{abc}	6.88 ^c	14.7 ^d
29	41.5 ^{bc}	1.07 ^c	16.6 ^{ab}	14.5 ^{ab}	8.05 ^{bc}	16.1 ^{cd}

*Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales a $P \leq 0.001$.

¹Nota: C16:0=Palmitico; C16:1=Palmitoleico; C18:0=Stearico; C18:1n9c=Oleico; C18:2n6c=Linoleico; C18:3n3= α -Linolenico.

El máximo de actividad enzimática mostró un coeficiente de correlación de Pearson positivo con respecto al máximo contenido de linoleico y linolenico (Figura 2) en mesocarpio de fruto ($r=0.85$ y $r=0.87$, respectivamente). El hecho de que LOX esté más activa en la madurez hortícola del fruto de chayote, más que en la maduración o senescencia, puede estar relacionado a que los ácidos linoleico y linolenico en estado libre son los principales substratos de la enzima para la peroxidación de lípidos. Esta hipótesis está soportada por los numerosos reportes que sugieren que múltiples isoformas específicas de LOX que oxigenan estos ácidos grasos poliinsaturados justo después de que son liberados por las fosfolipasas, disparando así una serie de estresores químicos que conllevan a la disrupción de la membrana celular (Porta y Rocha, 2002; Baysal y Demirdöven, 2007).

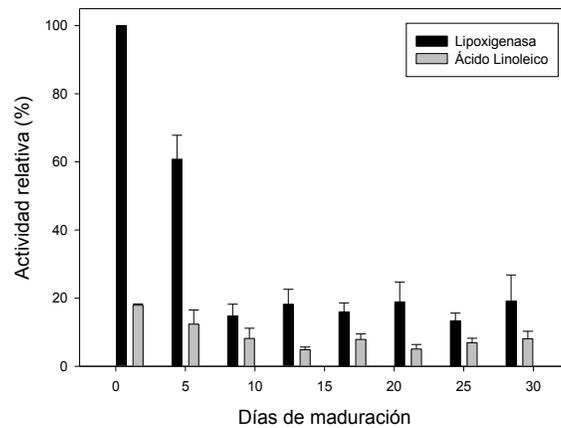


Figura 2. Actividad relativa de lipoxigenasa y contenido de ácido linoleico en frutos de chayote durante la vida postcosecha.

Actividad de LOX y pérdida de peso y volumen

La tasa de pérdida de peso de fruto observada durante la maduración fue continua con un promedio de $3.39 \pm 1.5 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ ($0.98 \pm 0.3\%$ diario). Entre los días de evaluación para esta variable se registraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.001$), así como un coeficiente de correlación moderado pero altamente significativo ($r = 0.635$, $P \leq 0.001$). La mayor pérdida de peso fue de $28.7 \pm 8.9\%$ registrada al día 29 (Figura 3), observando una calidad comercial de chayote totalmente inaceptable, debido a severos síntomas de deshidratación y marchitamiento del fruto. Estos daños se vieron incrementados a partir del día 17 al 21. Los primeros eventos de germinación de fruto fueron registrados con una pérdida de peso en un rango entre 7.53% y 11.29% en los días 9 y 13 respectivamente, siendo este parámetro un posible inductor del comportamiento vivíparo del chayote. Los reportes existentes en *Sechium edule* muestran pérdidas de peso que oscilan entre el 11% y 40% , lo cual concuerda con nuestros datos (Alvarado et al., 1989; Valverde et al., 1989; Aung et al., 1996). Para la pérdida de volumen (Figura 3), el máximo fue cuantificado con un valor de $29.6 \pm 8.8\%$ al día 29, con una tasa de decremento de volumen continuo de $1.02 \pm 0.3\%$ diario.

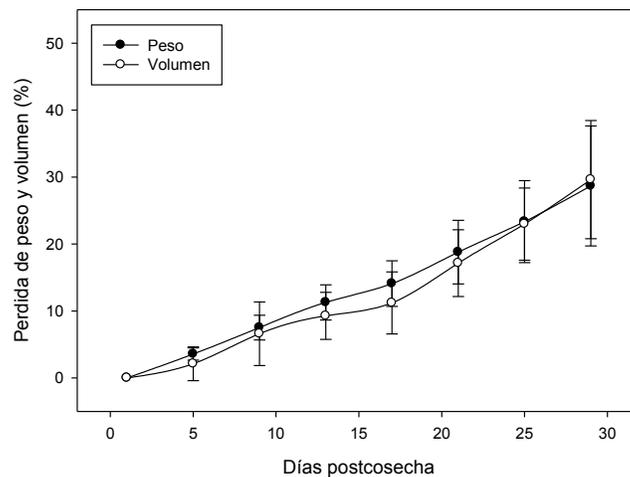


Figura 3. Pérdida de peso y volumen de frutos de chayote en poscosecha.

Actividad de LOX y tasa de respiración y producción de etileno

La tasa de respiración y producción de etileno fue muy baja y aparentemente permaneció en estado constante durante todo el periodo de evaluación, lo cual es consistente con el patrón de maduración de los frutos no climatéricos. No obstante, el análisis de varianza detectó diferencias significativas en los primeros cinco días de evaluación, exhibiendo un ligero incremento en la tasa de producción de estas dos variables, desde el estado inicial de maduración ($0.195 \text{ mg of C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y $0.365 \text{ mg of CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) hasta el día cinco cuyo ambas producciones alcanzaron un estado constante de biosíntesis ($0.394 \text{ mg of C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y $0.736 \text{ mg of CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) que perduró al día 13, donde un nuevo aumento fue registrado para alcanzar la producción constante final ($0.461 \text{ mg of C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y $0.861 \text{ mg of CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Estas variables aparentemente no promueven el deterioro del tejido durante la vida poscosecha de los frutos de chayote. Adicionalmente, la producción de etileno y CO_2 mostraron una correlación negativa con la actividad enzimática de LOX ($r=0.71$ y $r=0.708$ respectivamente).

Medición objetiva de color

Se observaron diferencias significativas principalmente para los atributos de Hue y Cromo, pero no así para luminosidad de fruto (Figura 4), siendo probablemente el valor de Hue el que más contribuye a la decoloración de fruto en los estados tardíos del desarrollo. Sin embargo, las diferencias de color detectadas por el análisis de varianza son muy pequeñas, detectables para los estándares de medición del colorímetro, pero difícilmente apreciables visualmente por el ojo humano, por tanto, la pérdida de color en frutos de chayote no deberá

ser considerada como un parámetro de importancia a evaluar, además de que ningún atributo de color mostró correlación con la actividad de LOX.

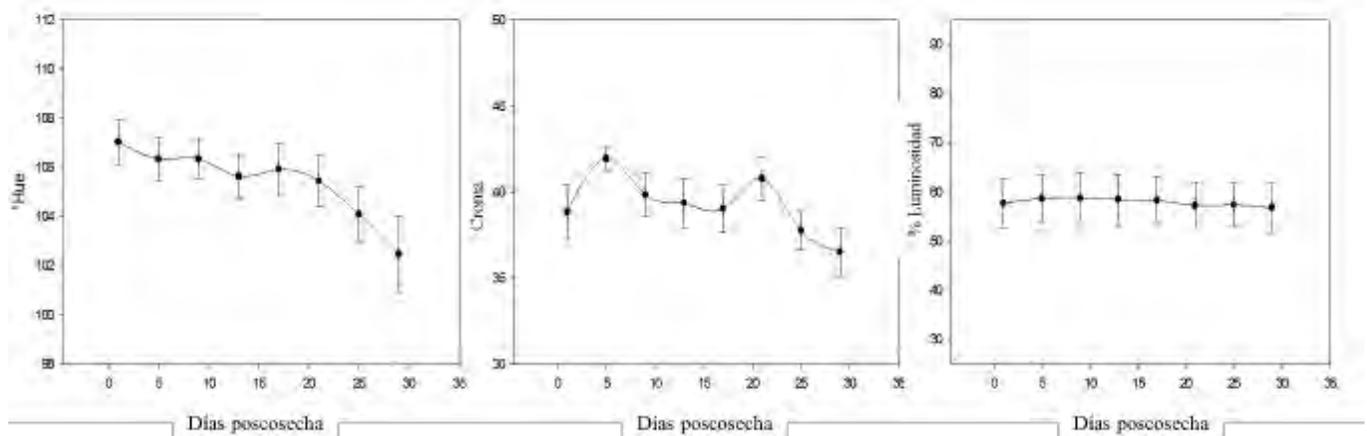


Figura 4. Cambios en los atributos de color de frutos de chayote durante la vida poscosecha.

Sólidos solubles totales, firmeza de fruto y acidez titulable

Para sólidos solubles totales se observó una disminución significativa desde el día uno ($4.66 \pm 0.55\%$) hasta el día 17 ($3.72 \pm 0.17\%$) y posteriormente mantuvo un promedio de $4.48 \pm 0.49\%$ hasta el final del experimento (Figura 5). Por otra parte, la firmeza de la pulpa mostró una tendencia a incrementar desde un valor mínimo de 50.3 ± 2.5 N en el día uno hasta 68.7 ± 8.6 N en el día 17 manteniéndose sin cambios estadísticamente significativos (Figura 5).

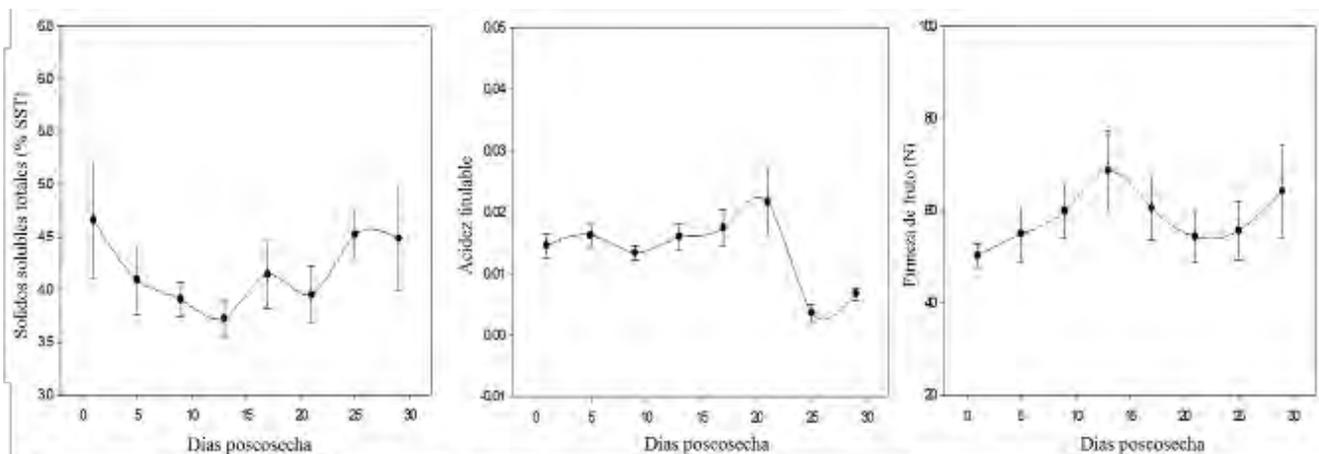


Figura 5. Porcentaje de sólidos solubles totales, acidez titulable y firmeza del fruto de chayote durante la vida poscosecha.

Este comportamiento es considerado como normal en frutos de chayote, ya que el aumento en la firmeza está asociado a la deshidratación y marchitamiento del fruto a lo largo de la maduración y senescencia, lo cual es un factor de rechazo en los mercados de acuerdo a lo

estipulado por la norma mexicana NMX-FF-047-SCFI-2003 y el CODEX STAN-216 1999. Nuestros resultados fueron más altos que los reportados por Aung et al. (1996), quienes reportan valores de 22.1 ± 2.7 N en cascara y de 14.3 ± 0.8 N en pulpa de frutos de chayote. Por otra parte, la variable acidez titulable permaneció sin cambios significativos durante los primeros 21 d, promediando valores entre 0.012 a 0.03% (Figura 5). Sin embargo, después del día 21 se observó una drástica reducción de este parámetro alcanzando valores mínimos de $0.005 \pm 0.002\%$. Este comportamiento puede sugerir una reducción de la actividad metabólica en el fruto, probablemente causada por un mecanismo autófago que use las reservas orgánicas para alimentar el desarrollo del brote vegetativo en etapas senescentes del fruto. Al respecto, Lombardi et al. (2007) han observado este tipo de comportamiento en tejido embrionario de chayote. Estos autores sugieren que durante el desarrollo del embrión, el tejido maternal o nucela alimenta al embrión y al endospermo, pasyo por un proceso degenerativo tan pronto como ocurre la fertilización del ovulo. Conforme el endospermo se expye y acumula reservas a expensas del tejido nucelar, este último se elimina por completo cuyo la semilla llega a su madurez, por lo que esta degradación puede ocurrir como un medio de muerte celular programada durante la formación y desarrollo de la semilla. Es posible que después de que el tejido nucelar agota sus reservas, la semilla madura tienda a alimentarse de las reservas del fruto mismo para inducir el crecimiento del brote germinativo.

Conclusiones

En este trabajo se reporta la actividad de la enzima lipoxigenasa por vez primera en frutos de chayote, así como su patrón de comportamiento a lo largo de la maduración y senescencia del fruto. Fueron observadas correlaciones altas entre la actividad de LOX y los ácidos grasos linoleico y linolenico, sugiriendo que estos ácidos grasos pueden ser los principales sustratos de LOX en chayote. Así mismo correlaciones moderadas fueron observadas entre LOX y las variables la pérdida de peso, la tasa de respiración y producción de etileno. Una posible asociación entre la pérdida de peso y la germinación de fruto es sugerida. Las variables como color, solidos solubles, acidez titulable y firmeza de fruto no presentaron ninguna correlación con la actividad enzimática de LOX. Sin embargo, estos parámetros de sólidos solubles y acidez titulable sugieren una posible relación con el desarrollo del brote germinado como parte de un mecanismo autofago que permite el comportamiento vivíparo de la especie. No obstante, se requerirán posteriores trabajos para aportar más evidencia que soporte esta hipótesis.

Literatura citada

- Abdelnour, A., y O. J. Rocha. 2008. Genetic characterization of a collection of chayote, *Sechium edule* (Jacq.) Swartz, in Costa Rica by using isozyme markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55:163-170.
- Alvarado, S., M. V. Sáenz, y E. Valverde. 1989. Evaluación de tratamientos poscosecha para la preservación de los frutos de chayote (*Sechium edule*). *Agron. Costar.* 13:35-43.
- Aung, L. H., C. M. Harris, R.E. Rij y J.W. Brown. 1996. Postharvest storage temperature y film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 71:297-304.
- Baysal, T., y A. Demirdöven. 2007. Lipoxygenase in fruit y vegetables: a review. *Enz. Microb. Technol.* 40:491-496.
- Demerutis, P. C. 2010. Requerimientos de calidad y seguridad en la exportación de frutas y verduras tropicales hacia los mercados mundiales. *Rev. Iberoam. Tecnol. Postcos.* 11:1-7.
- Flick Jr, G. J., L.H. Aung, R.L. Ory, y A.J. St. Angelo. 1977. Nutrient composition y selected enzyme activities in *Sechium edule*, Sw, the mirliton. *J. Food Sci.* 42:11-13.
- Flick Jr., G. J., F.S. Burnette, L.H. Aung, R.L. Ory, y A.J. St. Angelo. 1978. Chemical composition y biochemical properties of mirlitons (*Sechium edule*) y purple, green y white eggplants (*Solanum melongena*). *J. Agric. Food Chem.* 26:1000-1005.
- Gökmen, V., S. Bahçeci y J. Acar. 2002. Characterization of crude lipoxygenase extract from green pea using a modified spectrophotometric method. *Eur. Food Res. Technol.* 215:42-45.
- Leone, A., Z.T. Bleve, C. Gerardi, M.T. Melillo, L. Leo y G. Zacheo. 2006. Lipoxygenase involvement in ripening strawberry. *J. Agric. Food Chem.* 54:6835-6844.
- Lombardi, L., S. Casani, N. Ceccarelli, L. Galleschi, P. Picciarelli y R. Lorenzi. 2007. Programed cell death of the nucellus during *Sechium edule* Sw. Seed development is associated with activation of caspase-like protease. *J. Exp. Bot.* 58:2949-2958.
- Lv, J., J. Rao, Y. Zhu, X. Chang, Y. Hou, y Q. Zhu. 2014. Cloning y expression of lipoxygenase genes y enzyme activity in ripening persimmon fruit in response to GA y ABA treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 92:54-61.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortSci.* 27:1254-1255.

- Olaeta, J. A., P. Undurraga, y M. Schwarts. 1999. Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. Fuerte y Hass cultivados en Chile. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 5:117-122.
- Ortega, J., H.A. López, H. Garcia y C.G Hill Jr. 2004. Lipase-mediated acidolysis of fully hydrogenated soybean oil with conjugated linoleic acid. *J. Food Sci.* 69, E1-E6.
- Palmieri, T. C., S. Cannan, V. Brunini, V. Lorenzi, F. Tomi, J.L. Desseyn, U. Gerscha, E.H. Oliw, L. Berti y J. Maury. 2009. A lipoxygenase with dual positional specificity is expressed in olives (*Olea europea* L.) during ripening. *Biochim. Biophys. Acta* 1791:339-346.
- Porta, H., y S.M. Rocha. 2002. Plant lipoxygenases. Physiology y molecular features. *Plant Physiol.* 130:15-21.
- Salveit Jr, M. E. y A.R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:793-798.
- Valverde, E., M.V. Sáenz y E. Vargas. 1989. Estudios preliminares sobre la conservación de la fruta de chayote (*Sechium edule*) después de la cosecha. *Agron. Costar.* 13:25-33.
- Zhang, B., X.R. Yin, X. Li, S.L. Yang, I.B. Ferguson y K.S. Chen. 2009. Lipoxygenase gene expression in ripening kiwifruit in relation to ethylene y aroma production. *J. Agric. Food Chem.* 57:2875-2881.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SOLUCIONES HOMEOPÁTICAS PARA EL MANEJO DE LA ROYA ANARANJADA (*Hemileia vastatrix* Berk. Y Br.) EN EL ÁREA CAFETALERA DEL CENTRO DE VERACRUZ

Francisco Javier Toledo Martínez^{508*}, Esteban Escamilla Prado⁵⁰⁹, Cesáreo Rodríguez Hernández C⁵¹⁰, Sabino Honorio Martínez⁵¹⁰ y Felipe de Jesús Ruiz Espinoza⁵¹¹

Resumen

La roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) es la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que disminuye la producción y aumenta los costos de manejo del cultivo, ante la necesidad de proteger al cultivo se ha buscado alternativas ecológicas para su manejo. Es por ello que la siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos preparados agrohomeopáticos: Xico 10, 30, 60 y 200C y Hua 10, 30, 60, y 200C, en el manejo de la roya del cafeto a nivel de vivero y en laboratorio en Huatusco, Veracruz. La aplicación de los productos agrohomeopáticos en laboratorio se realizó durante tres días con aspersiones cada 24 horas y a nivel de vivero se realizó semanalmente durante un periodo de dos meses comprendiendo Marzo y Abril del 2015. Adicionalmente a esto se evaluó el efecto de los productos homeopáticos sobre el desarrollo de la planta.

Una vez realizada el análisis de varianza con la prueba paramétrica y no paramétrica Tukey y Kruskal Wallis respectivamente con el programa estadístico InfoStat. Los resultados muestran que los tratamientos que reducen la pústula desde la segunda aplicación (48 h) y que propician mayor desarrollo foliar son Xico 30 C y Xico 60 C, además que este último reduce en campo el diámetro de la pústula significativamente. Esto refleja la acción de la homeopatía, la cual permite proteger al cultivo de café, no centrándose en matar al patógeno, sino en activar los mecanismos de defensa de la planta.

Palabras clave: Agrohomeopatía, *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix* y Nosodes.

⁵⁰⁸ Unidad Regional Universitaria Sursureste. *Autor por correspondencia: toledo.mfj@gmail.com

⁵⁰⁹ Centro Regional Universitario del Oriente. Universidad Autónoma Chapingo

⁵¹⁰ Colegio de Postgraduados Campus Montecillos

⁵¹¹ Centro Regional Universitario del Anáhuac, Universidad Autónoma Chapingo

Introducción

El café es un producto subtropical que se cultiva en las zonas montañosas, es de los cultivos más importantes no solo para los 56 países productores, también para Estados Unidos, Europa y Japón, que consumen el 80% de la producción. Además de ser económicamente importante, para el caso de México, el 40% de la superficie donde se produce, corresponde a áreas con selvas altas y bosques de niebla, además de que los cafetales coinciden con regiones muy ricas en biodiversidad, esto lo hace ambientalmente amigable al contribuir a la conservación de los recursos naturales (Toledo y Moguel, 1996).

La problemática de la cafecultura mexicana radica en los problemas de productividad que se han presentado en las últimas tres décadas, está relacionada con cafetales viejos, con reducidos manejos, presencia de plagas y enfermedades, aunado a ello la crisis económica que prevalece en el sector y la falta de financiamiento para mejorar la cadena productiva (beneficio y comercialización, etc.)

La Roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) es la enfermedad más perjudicial del café y la de mayor importancia económica a nivel mundial debido a que es causante de la caída prematura de las hojas, provocando la reducción de la capacidad fotosintética, así como, el debilitamiento de árboles enfermos y en severas afectaciones en las ramas e incluso la muerte.

Para el control de la roya del café se han desarrollado una serie de estrategias como el control químico, resistencia genética, control cultural y manejo integrado, además del control biológico. Los resultados con el control químico han tenido un importante efecto protector y curativo, Sin embargo, la contaminación al ambiente, los altos costos de las aplicaciones y el riesgo a crear resistencia son las razones para no considerarla como una solución al problema (Barquero, 2013).

Hoy en día la protección ambiental en el sector agrícola implica el uso de productos biocidas, lo que ha provocado que en los últimos tiempos se genere una corriente de investigación orientada a nuevas alternativas de producción amigables con el ambiente.

Es conveniente recurrir a alternativas tecnológicas viables en la producción de cultivos agrícolas libres de pesticidas y de alta calidad que sustituyan o que trasciendan los tratamientos convencionales, es por ello que el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la aspersión de dos preparados agrohombóticos, Xico y Hua a la 10C, 30C, 60C y 200C, en el manejo de la roya del café a nivel de laboratorio y vivero en Huatusco, Veracruz.

Metodología

El presente trabajo se realizó en el predio del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo en Huatusco de Chicuellar, Veracruz ubicado a 19°09' latitud norte, 96°57' longitud oeste, a una altura de 1344 msnm, con un clima Cm(w")bi'g, presenta una temperatura media anual de 17.2°C y una precipitación media anual de 164 mm, con una duración de 2 meses comprendiendo marzo y abril de 2015.

Homeopáticos utilizados

Se utilizó el preparado homeopático elaborado por el Dr. Felipe de Jesús Ruiz Espinoza, profesor-investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Este se obtuvo utilizando como base el hongo *H. vastatrix*, colectado de hojas de café con presencia de pústulas en el mes de octubre de 2013 en Xicotepec de Juárez, Puebla, México, se utilizó con las siguientes potencias de 10, 30, 60, y 200C.

Para este experimento se realizó un nosode de roya del café con hojas obtenidas de una plantación comercial de cafetos en etapa productiva de la variedad garnica, las hojas presentaban alto índice de infestación de roya anaranjada *H. vastatrix*.

Tratamientos

Para la fase de laboratorio se utilizaron los ocho tratamientos más el testigo y cinco repeticiones por tratamiento, y tomando una hoja como unidad experimental se requirió de un total de 45 hojas las cuales deberían tener el mismo porcentaje de severidad, las hojas seleccionadas presentaban entre un 6 y 20% de daño, es decir se encontraban en la clase 2 de la escala diagramática propuesta por SENASICA, la selección de ese grado de daño fue necesario para poder apreciar la disminución del diámetro de la pústula.

En vivero se utilizaron nueve tratamientos, dos productos homeopáticos con las siguientes potencias Xico 10, 30, 60 y 200C y Hua 10, 30, 60 y 200C.

Diseño experimental

En la fase de laboratorio el diseño experimental fue completamente al azar, se contó con cinco repeticiones por tratamiento y se tomó una hoja como unidad experimental.

Para la fase de vivero fue completamente al azar, con cuatro repeticiones, de las cuales cada repetición tuvo cuatro plantas como unidad experimental.

VARIABLES A EVALUAR

Medición longitudinal y transversal de la pústula; número de pústulas por planta; número de pústulas por hoja; crecimiento vegetativo; altura de la planta; diámetro del tallo; número de cruces; Número de hojas; área foliar; desarrollo radical; peso total de la planta; peso fresco de la raíz; peso seco de la raíz; peso fresco de la parte aérea; peso seco de la parte aérea.

Resultados y Discusión

En laboratorio, la aspersion de los preparados homeopáticos no incrementan ni reducen el diámetro de la pústula de la roya del café *H. vastatrix* después de tres aspersiones realizadas cada 24 h, en contraste cuando los homeopáticos se asperjan-absorben, que aunque a las 24 h no hay efecto, a las 48 h destacan Xico 10C y Xico 30C y a las 72 h Xico 10C por reducir el diámetro de la pústula (Cuadro 1).

Cuadro 1. Reducción de diámetro de la pústula de la roya del café *H. vastatrix* a 1, 2 y 3 d después de la aspersion y absorción de homeopáticos en laboratorio.

Tratamiento	Reducción 1 ^T (24 h)	Reducción 2 ^K (48 h)	Reducción 3 ^K (72 h)
Testigo	3.72* a	(7.67)*15.4** a	(0.89)13.7 a
Hua 200C	14.2 a	(19.29)16.5 a	(20.17)14.8 a
Hua 10C	11.41 a	(29.99)24.3 ab	(24.3)19.9 ab
Hua 60C	2.26 a	(19.96)16.4 a	(26.29)20.1 ab
Xico 60C	15.02 a	(16.63)22.6 ab	(16.32)21.8 ab
Xico 200C	26.69 a	(46.59)27.5 ab	(47.15)27.5 ab
Hua 30C	10.44 a	(6.64)15.8 a	(37.11)28.4 ab
Xico 30C	25.32 a	(44.51)32.9 b	(41.32)29.1 ab
Xico 10C	27.97 a	(58.31)35.6 b	(38.76)31.7 b

Medias con una letra común dentro las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey^T y Kruskal Wallis^K. * Media de los tratamientos en porcentaje. ** Media de rangos.

De manera general la aplicación de los homeopáticos por 2 meses en vivero afecta las medidas y el número de pústulas (Cuadros 2, 3 y 4); a) Xico 200C reduce en 91.75% la medida longitudinal de la pústula a las ocho aplicaciones semanales, b) Xico 60C y Xico 200C disminuyen en 31.62 y 90.48% la medida transversal de la pústula a las dos y ocho

aplicaciones semanales, c) los productos homeopáticos no reducen ni incrementan el número de pústulas totales de la roya del café, y d) Xico 60C y Xico 200C reducen en 54.09 y 46.03% el número de pústulas por hoja después de dos aplicaciones semanales.

Cuadro 2. Reducción de la medida longitudinal de la pústula de la roya del café *H. vastatrix* después de la aplicación de los homeopáticos en vivero.

Tratamiento	Reducción 1 ^K	Reducción 2 ^K	Reducción 7 ^K
Hua 60C	(10.35)*19.38** ab	(-1.54)*9.63** a	(49.42)*11.8** a
Testigo	(7.7)21.13 ab	(23.74)19.63 ab	(-13.59)12.9 a
Hua 30C	(-64.5)10.25 a	(-28.86)17.88 ab	(58.33)15 a
Xico 10C	(-4.98)14.75 ab	(32.6)22 ab	(64.57)16.8 ab
Xico 30C	(24.54)25.13 b	(47.12)27.63 b	(64.78)17.1 ab
Xico 60C	(25.83)24 ab	(32.36)23.25 ab	(64.31)19 ab
Hua 200C	(6.75)15.63 ab	(12.56)16.13 ab	(77.21)22.5 ab
Hua 10C	(11.2)19.75 ab	(-4.61)13.50 ab	(38.86)22.5 ab
Xico 200C	(3.17)16.5 ab	(22.5)16.88 ab	(91.75)29 b

Medias con una letra común dentro las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) de acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis^K. * Media de los tratamientos en porcentaje. ** Media de rangos. Reducción: Disminución del diámetro de la pústula en cada semana, respecto al valor inicial.

Cuadro 3. Reducción de la medida transversal de la pústula de la roya del café *H. vastatrix* después de la aplicación de los homeopáticos en vivero.

Tratamiento	Reducción 1 ^K	Reducción 7 ^K
Hua 60C	(4.76)*13.88** ab	(50.98)*11.13** a
Xico 10C	(14.14)23.38 ab	(55.61)13 ab
Testigo	(-28.39)11.63 a	(55.94)13.38 ab
Xico 30C	(3.61)14.13 ab	(58.54)14.5 ab
Hua 30C	(18.97)21.63 ab	(64.57)17 abc
Xico 60C	(31.62)27.63 b	(72.5)20.25 abc
Hua 10C	(12.63)18 ab	(45.85)21.75 abc
Hua 200C	(16.48)21 ab	(86.05)26.25 bc
Xico 200C	(-12.98)15.25 ab	(90.48)29.25 c

Medias con una letra común dentro las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) de acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis^K. * Media de los tratamientos en porcentaje. ** Media de rangos. Reducción: Disminución del diámetro de la pústula en cada semana, respecto al valor inicial.

En vivero la aplicación de la mezcla de Xico 60C y Xico 200C reducirá la medida longitudinal de la pústula a los 2 meses, la medida transversal de la pústula a 0.5 y 2 meses, y el número de pústulas por hoja a 0.5 y 2 meses.

Cuadro 4. Reducción del número de pústulas de la roya del café *H. vastatrix*, por hoja, después de la aplicación de los homeopáticos en vivero.

Tratamiento	Reducción 1 ^K	Reducción 7 ^K
Hua 60C	(-3.14)*11.25** a	(28.78)*7.75** a
Hua 30C	(-52.06)14 ab	(62.28)14 ab
Testigo	(-22.36)10.25 a	(43.43)16.25 ab
Xico 10C	(20.22)19.5 abc	(74.37)17.5 ab
Xico 30C	(31.16)22 abc	(73.46)19.25 ab
Hua 10C	(7.07)20 abc	(70.28)19.75 ab
Xico 200C	(46.03)27.5 bc	(76.62)23.25 ab
Hua 200C	(-15.3)10.75 a	(86.3)24.25 ab
Xico 60C	(54.09)31.25 c	(88.23)24.5 b

Medias con una letra común dentro las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) de acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis ^K. * Media de los tratamientos en porcentaje. ** Media de rangos. Reducción: Disminución del diámetro de la pústula en cada semana, respecto al valor inicial.

Los resultados de las variables de crecimiento (Cuadro 5), como altura, tallo, cruces y hojas, medidas en los cafetos, muestran que no hay diferencias en altura de planta, diámetro de tallo ni en el número de cruces entre los diferentes tipos ni potencias de los homeopáticos, en contraste con el número de hojas totales donde destacan significativamente Xico 10C, Xico 60C y Xico 200C por tener más hojas y con la área foliar, donde Xico 30C tuvo significativamente mayor área foliar; los primeros propician hojas angostas y el último homeopático induce la formación de hojas más anchas, por lo tanto habrá mayor área fotosintética.

Cuadro 5. Crecimiento de la planta de café después de la aplicación de los preparados homeopáticos en vivero.

Tratamiento	No. hojas totales ^K	Área foliar (cm ²) ^K
Testigo	(42)*32.55** ab	(29.26)*41** a
Xico 10C	(54.8)61.15 d	(30.66)48.8 ab
Xico 30C	(47.1)45.3 abcd	(46.07)66.4 b
Xico 60C	(50.8)55.6 cd	(29.85)46.3 ab
Xico 200C	(52.1)59.25 d	(27.98)41.1 a
Hua 10C	(46.8)42 abcd	(27.89)42.4 a
Hua 30C	(42.7)35.45 abc	(30.94)46.3 ab

Hua 60C	(51.1)53.2	bcd	(22.32)30.7	a
Hua 200C	(39.2)25	a	(29.35)46.5	ab

Medias con una letra común dentro las columnas no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) de acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis^K. * Media de los tratamientos en porcentaje. ** Media de rangos.

Existen homeopáticos con resultados similares a los encontrados en este trabajo, donde después de la aplicación de Silicea, Sulful y Arsenicum álbum a la 6C y el nosode de la roya anaranjada H. vastatrix 30C se observa claramente la diferencia en la inhibición del hongo en las hojas. Rodríguez et al. (2014) reportan que desde la segunda aplicación, a un mes de iniciado el experimento, se observa que el nosode de la roya H. vastatrix a la 204C y Kalium iodide a la 200C inhiben significativamente en 17.6 y 18.79% el crecimiento de la pústula de roya.

El mismo efecto se observa en varios reportes donde se demuestra que la homeopatía es una alternativa de manejo, prevención y control de Colletotrichum lindemuthianum, logrando prevenir el aumento y la incidencia del hongo. Así mismo, los productos homeopáticos inhiben o propician diferentes crecimientos in vitro del micelio del hongo Phytophthora capsici, el homeopático que inhibió totalmente el crecimiento del micelio fue Thuja occidentalis 30C seguido por phosphorus 30C, sulfur 200C y arsenicum álbum 30C. Por otra parte existen trabajos en los que reportan que los preparados homeopáticos no inhiben el desarrollo de la enfermedad, tal es el caso de Ramos (2016), donde el desarrollo normal de la enfermedad observada en el testigo llegando a los 84.12% a los 60 d, no presenta diferencia significativa con los tratamientos de caldo bordelés al 0.5%, nosode de roya H vastatrix a la 200C, polifarmaco de café a la 200C y polifármaco de planta 12C, los cuales presentaron similar intensidad de roya.

Como recomendación y basado en la experiencia, Rodríguez et al (2014) señalan que a pesar de que el nosode de la roya de una región funcione, es indispensable que cada zona cafetalera elabore su propio homeopático, y que cada 3 años por lo menos se esté activando el preparado con un nuevo inóculo.

Tal parece que existe una mejor acción por parte de los productos homeopáticos cuando estos se encuentran mezclados con otros nosodes, Ramos (2016) menciona que la aplicación de la mezcla de homeopáticos cada 8 d, durante 60 d, disminuye la severidad de la roya anaranjada H. vastatrix, observándose un menor daño en las hojas, reduce la infestación ya que el nuevo follaje se encuentra libre de pústulas anaranjadas. Rodríguez et al. (2014) señalan que la combinación de Kalium iodide a la 200C, Apis mellifica a la 200C, nosodes de la roya H. vastatrix a la 200 y 204C, sulfur a la 200C inhibe significativamente el crecimiento de la pústula de la roya. También menciona que la mezcla de potencias es mejor que una sola, así mismos afirma que la mezcla del nosode de la roya del café a la 3C con

otros homeopáticos ha mostrado efecto contra plagas, como broca *H. hampei* 3C, y natrum sulphuricum 3C para controlar roya y broca.

Los resultados negativos que se obtuvieron no son motivos para afirmar que los nosodes no funcionan, Ramos (2016) señala que es importante considerar una serie de factores como las prácticas realizadas en la parcela donde se obtuvo la muestra para la elaboración del homeopático, haber seleccionado hojas con algún tratamiento previo o con la presencia de algún microorganismo benéfico que pudiera parasitar a la pústula, el nosode pudo enviar el mensaje al hongo estimulando su supervivencia.

Se debe tener claro que el efecto de la homeopatía no es matar al hongo, sino activar el sistema de resistencia de las plantas y tiene un efecto residual, debido al estímulo de su metabolismo (Ruiz, 2015). Los productos homeopáticos poseen efecto fungistático, al inhibir el crecimiento del hongo; no obstante, su principal efecto es el de incentivar los mecanismos de resistencia del café (Rodríguez et al., 2014).

Conclusiones

En la aplicación de Xico a 10C, 30C, 60C y 200C y de Hua a la dosis 10C, 30 C, 60 C y 200 C, para el manejo de la roya anaranjada *H. vastatrix* en el área cafetalera del centro de Veracruz, se concluye que:

1. Xico 10C y Xico 30C, asperjados-absorbidos, reducen el diámetro de la pústula en laboratorio a las 48 h con un 58.31% y un 44.51% respectivamente y a las 72 h Xico 10C reporta una reducción del 38.76%.
2. Xico 200C reduce la medida longitudinal de la pústula en vivero hasta un 91.75% respecto a su observación inicial.
3. Xico 60C y Xico 200C disminuyen en 31.62 y 90.48% la medida transversal de la pústula a las dos y ocho aplicaciones semanales, de la misma manera Xico 60C y Xico 200C reducen en 54.09 y 46.03% el número de pústulas por hoja después de dos aplicaciones semanales.
4. Xico 10C, Xico 60C y Xico 200C incrementan el número de hojas en vivero
5. Xico 30C aumenta el área foliar en vivero hasta en un 46.07%.
6. El homeopático Hua en sus diferentes dosis no afecta a la roya, ni beneficia a la planta.
7. Los tratamientos Hua 30C y Hua 60C permitieron un desarrollo de la roya igual al testigo.

Literatura citada

- Barquero, M. M. 2013. Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto. Instituto del café de Costa Rica. Centro de Investigaciones en Café (CICAFÉ). Barva, Heredia, Costa Rica. 73 p.
- Ramos, R. S. 2016. Efecto fungistático de mezcla de homeopáticos en la roya del café *Hemileia vastatrix*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Texcoco, Estado de México. 36 p.
- Ruiz E., F. J. 2015. Agrohomeopatía conocimiento científico para la conservación de la vida. In: XII Foro Interinstitucional Homeopatía y Modernidad. Ruiz E., F. J. (Ed). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 30-33 p.
- Rodríguez-Hernández, C., F. J. Ruiz-Espinoza, J. A. Amador-Hernández, J. C. Hernández-Arizmendi y S.H. Martínez-Tomás. 2014. Protección del café contra la roya anaranjada *Hemileia vastatrix* con preparados homeopáticos. In: Homeopatía: Avances 2014. Ruiz E., F. J. (Ed). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 101-109p.
- Toledo, V. y P. Moguel. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Revista Ciencias No. 43. México, D. F.



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO EN TRES MICROCUENCAS DEL CENTRO DE CHIAPAS

Bernardo Villar Sánchez^{512*} y Jaime López Martínez⁵¹²

Resumen

Con el objetivo de evaluar la calidad del suelo en tres microcuencas con tres sistemas de manejo del suelo contrastantes, se realizó el presente trabajo de investigación en la cuenca Bombaná durante el año 2015. Se evaluaron los índices de erosión y de productividad, y al combinarlos se obtuvieron los valores del índice de calidad del suelo, cuyos rangos de variación fueron clasificados en las categorías alto, medio y bajo. Los resultados obtenidos indicaron que con el sistema de manejo del productor (tratamiento testigo), la mayor proporción del área sembrada presentó valores de calidad del suelo baja, mientras que con el sistema de manejo alternativo que incluye el sistema agroforestal más prácticas de conservación (tratamiento completo), la situación se revirtió, ya que con este tratamiento la mayor proporción del área cultivada presentó valores de calidad del suelo alta.

Palabras clave: calidad del suelo, productividad, erosión, microcuenca, clasificación

Introducción

El entorno socioeconómico del país, caracterizado por una población creciente que demanda mayor cantidad de alimentos y satisfactores, con una mayor presión sobre los recursos naturales, ha dado por resultado impactos negativos sobre los recursos naturales (erosión del suelo, deforestación, desertificación, contaminación y pérdida de la diversidad biológica), mismos que en menor o mayor grado han causado su degradación (Villar et al., 2013; López et al., 2013).

Ante esta situación, una de las alternativas más apropiadas para mitigar la degradación de los recursos naturales, es manejarlos bajo sistemas integrados de producción que además de producir de manera sostenible también incluyan prácticas de conservación para el control de la erosión, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, y el correcto aprovechamiento del

⁵¹² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas * Email. villar.bernardo@inifap.gob.mx

agua, en un entorno de cuencas hidrográficas (Villar, et al., 1998; Delgado, 2003; Cotler et al., 2007).

Dentro de una cuenca, el suelo es un elemento fundamental de los sistemas de producción agropecuarios y forestales, ya que su funcionamiento en combinación con otros elementos da como resultado la obtención de satisfactores para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad (Lopez y Magdaleno, 2009; Villar et al., 2011; Villar et al., 2015). Por lo anterior, considerando que los productos esperados de investigación varían con el nivel jerárquico de la cuenca, a nivel de parcela del productor o de microcuenca, el mantener un suelo de buena calidad (Doran y Parkin, 1994; Carter, et al., 1997) es el principal objetivo en el diseño y aplicación de sistemas integrados de producción y conservación (Ciessiolka y Rose, 1998; Villar y López, 2003).

En este trabajo de investigación se evaluó la calidad del suelo en tres tratamientos contrastantes establecidos a nivel de microcuencas en base a los valores obtenidos de los índices de erosión y de productividad

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se desarrolló durante el año 2015 en el estado de Chiapas, particularmente en la cuenca Bombaná, del río Chicoasén. Esta se ubica entre los 92° 55' 58" y 93° 03' 06" de LO y los paralelos 16°52'41" y 16°58'16" de LN, en el municipio de Soyaló; tiene una superficie de 754.2 ha, y un clima Aw1 cálido subhúmedo, precipitación promedio anual de 1,200 mm, y una temperatura media anual de 24.32°C. Comprende altitudes que varían desde 820 hasta 1,300 msnm; los tipos de suelo que predominan son litosoles en un 77.91%, Faeozem háplico en un 16.36%, Vertisol pélico en un 5.13% y Luvisol crómico con solo el 0.60% de la superficie total.

Se seleccionaron tres microcuencas contiguas de superficies similares y uso agrícola, en las que se establecieron los siguientes tratamientos: 1. Tratamiento testigo. Siembra anual de maíz en ladera (unicultivo); 2. Tratamiento MIAF. Milpa intercalada en árboles frutales (cítricos); 3. Tratamiento MIAF + (pc). Milpa intercalada en árboles frutales (cítricos) y prácticas de conservación. Para evaluar la calidad del suelo a nivel microcuenca se utilizaron dos criterios: la erosión hídrica actual y el índice de productividad.

La erosión hídrica actual. Para determinar la erosión hídrica de las microcuencas se empleó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) desarrollada por Wischmeier & Smith en 1965 (Figueroa et al., 1991; Santacruz, 2011), la cual basa su determinación en seis factores multiplicativos. Con los datos del área de estudio se generaron capas raster de

cada uno de los factores para finalmente mediante una operación multiplicativa se obtuvieron los valores de la erosión hídrica de las tres microcuencas.

Índice de productividad. Para determinar el índice de productividad, Se aplicó la metodología desarrollada por Kiniry et al. (1983) modificada por Pierre et al. (1983) y Delgado (1997). Este modelo evalúa el potencial de productividad del suelo en términos del ambiente que brinda el suelo para el crecimiento radical, basándose en sus atributos químicos, físicos y biológicos como humedad disponible, profundidad, resistencia al desarrollo radical, materia orgánica, reacción del suelo, aluminio intercambiable, entre otros (Lagos, 2005). La metodología supone que, bajo condiciones similares de clima, manejo y cultivo, el rendimiento depende de las condiciones edáficas que propician un ambiente adecuado para el buen crecimiento radical y tiene la forma general siguiente:

$$IP = \sum_{i=1}^n (A_i, B_i, C_i, K)$$

Dónde: IP es el índice de productividad del suelo el cual tiene un valor entre 0 y 1, correspondiendo el valor 1 al suelo que presenta las mejores condiciones para el enraizamiento; A_i evalúa las relaciones agua-aire del horizonte i a partir de la condición más limitante entre la capacidad de almacenamiento de agua útil (A_1) y la aireación del suelo (A_2); B_i evalúa las condiciones mecánicas que favorecen la exploración radical del cultivo en el horizonte i a partir de la condición más limitante entre la compactación del suelo (B_1) y el contenido volumétrico de fragmentos gruesos (B_2). C_i evalúa la fertilidad potencial del horizonte i a partir de la condición más limitante entre la reacción del suelo (C_1) y el aluminio intercambiable (C_2). K_i evalúa la importancia relativa del horizonte i en el perfil del suelo (factor de ponderación del horizonte).

Para evaluar estos parámetros se realizó un muestreo sistemático en malla 10 x 10 m a la profundidad de cada capa u horizonte del suelo y evaluados en la escala 0 a 1, correspondiendo el valor 1 a la condición del parámetro que más favorezca el crecimiento radical del cultivo.

Finalmente, después de obtener los valores de ambas variables (erosión actual e índice de productividad), el valor de la calidad del suelo se obtuvo de la siguiente manera: En primer lugar, los valores de erosión hídrica actual fueron ordenados de mayor a menor asignándole al mayor un valor de 100 y luego mediante una regla de variación proporcional, se obtuvo la puntuación del resto de valores. En segundo lugar, los valores del índice de productividad obtenidos para cada punto de la misma malla de muestreo del suelo fueron ordenados de mayor a menor, asignándole al mayor un valor de 100 y luego, a través de una regla de variación proporcional, se obtuvo la puntuación del resto de valores. Para cruzar ambos

criterios de valoración se realizó la sumatoria de ambas puntuaciones (de mayor a menor de erosión con la de menor a mayor del IP), obteniéndose así los valores de la calidad del suelo. El rango de variación de los valores de la calidad del suelo fue agrupado en tres categorías: Alta, media y baja, mismas que fueron cuantificadas y cartografiadas en el área de las tres microcuencas.

Resultados y discusión

Erosión hídrica. Los valores de la erosión actual promedio estimada con la EUPS para las tres microcuencas del sitio de estudio, se presentan en el Cuadro 1. Se observa que el tratamiento testigo presenta los mayores valores de la erosión ($205 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), valor considerado como muy alto por tratarse de una ladera y por no tener ninguna práctica de conservación.

Cuadro 1. Erosión actual Media ($\text{t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) para el sitio de estudio.

Microcuenca No.	Tratamientos	Valores de erosión
1	Maíz unicultivo (testigo)	205
2	Milpa intercalada en árboles frutales (MIAF)	174
3	MIAF + (pc)	146

pc = Prácticas de conservación.

Este valor promedio presentado por el tratamiento testigo en esta microcuenca, disminuye en $31 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que equivale al 15% con el tratamiento intermedio del MIAF y en $59 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ que equivale al 29% con el tratamiento completo MIAF + (pc).

Aunque si bien se observa una disminución en la tasa de erosión anual por efecto de ambos tratamientos alternativos de manejo del suelo, los valores obtenidos son muy altos en relación con los límites permisibles de al menos $11 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Esto se atribuye a que en un primer año de establecidos los tratamientos, los efectos no son definitivos y más bien son parciales ya que generalmente sus efectos se manifiestan de manera total a mediano o largo plazo; es decir entre 5 a 10 años. Por esta razón es necesario monitorear los efectos cada año para lograr resultados confiables, una vez que los tratamientos se hayan consolidado y sus efectos se mantengan constantes en el tiempo.

En complemento a este análisis, en el Cuadro 2 se presenta la distribución por rangos de la erosión hídrica estimada para cada tratamiento en estudio. En el tratamiento 1, la mayor superficie de la microcuenca presenta los mayores valores de erosión, mientras que en el tratamiento 2 ésta se distribuye en toda la superficie de manera uniforme y en el tratamiento

completo la mayor superficie presenta menores rangos de erosión. Esto se atribuye a un efecto positivo de los tratamientos alternativos de manejo.

Cuadro 2. Superficies (ha) y porcentajes de la erosión hídrica estimada para cada tratamiento en estudio ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$) por rangos para el sitio de estudio.

Rangos de erosión ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$)	Tratamientos					
	1 (testigo)		2 (MIAF)		3 (MIAF + pc)	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
7 a 88	0.010	7	0.046	20	0.028	19
89 a 139	0.019	14	0.043	19	0.046	32
140 a 193	0.032	24	0.048	21	0.038	26
194 a 258	0.039	29	0.044	19	0.025	17
259 a 505	0.035	26	0.047	21	0.009	6
Total	0.135	100	0.228	100	0.146	100

Índice de productividad. Asimismo, los resultados de las características del suelo analizadas para estimar el índice de productividad se presentan en el Cuadro 3.

Porcentaje de arcilla (%). Esta característica del suelo utilizada para estimar el subparámetro A_2 referida a la capacidad de aireación del suelo tuvo un rango de variación de 20.84 a 52.68%, lo cual permitió categorizarla en tres clases. En todos los tratamientos las mayores frecuencias se centraron en el rango de 30 a 40% de arcilla para el suelo del sitio de estudio, lo cual junto con los resultados obtenidos para arena (Cuadro 3), indican que es un suelo de textura media.

Densidad aparente del suelo. En el Cuadro 3 se presentan los resultados de esta característica de suelo utilizada para estimar el subparámetro B que representa a las condiciones mecánicas que favorecen la exploración radical (grado de compactación), donde el rango de valores fue clasificado en tres categorías.

Se observa que, aunque en todos los tratamientos los valores de menor densidad se concentran en la categoría de menor valor (indica que posiblemente no hay problemas de compactación) esto es más frecuente en el tratamiento completo.

Cuadro 3. Frecuencias de valores de algunas características físicas y químicas del suelo del sitio de estudio para tres tratamientos de manejo del suelo.

Característica del suelo	Tratamiento 1 (testigo) n=12	Tratamiento 2 (con MIAF) n=18	Tratamiento 3 (con MIAF + (pc)) n=12
1. % de arcilla			
< 30	6	25	0
30 a 40	50	25	17
> 40	44	50	83
2. Contenido de arena %			
< 20	11	0	25
20 a 30	56	75	42
> 30	33	25	33
3. Materia Orgánica (%)			
1 a 2	33	8	0
2 a 3	67	67	8
> 3	0	25	92
4. Densidad aparente (g/cm³)			
< 1.3	72	67	92
1.3 - 1.4	22	25	8
> 1.4	6	8	0
5. pH del suelo			
6 a 6.5	17	33	50
6.5-7.0	33	58	50
> 7.0	50	8	0

pH del suelo. Los resultados obtenidos para esta característica utilizada para estimar el subparámetro C que representa a la fertilidad potencial del suelo, se presentan en el Cuadro 3. El rango de valores de esta característica fue dividido en tres categorías. En general, esta variación no parece tener influencia en la producción de los cultivos, pero el tratamiento testigo muestra una mayor frecuencia de valores por arriba de 7 en contraste con el tratamiento completo que muestra una mayor frecuencia en el rango menor a 7.

En general, las diferencias observadas de las propiedades del suelo analizadas entre tratamientos aparentemente favorecen ligeramente al tratamiento completo; aunque tratándose de un primer año de estudio, habrá que considerar estos datos como preliminares hasta que los efectos de mediano plazo puedan ser confirmados.

Con lo anterior, los valores del índice de productividad fueron obtenidos para los tres tratamientos de estudio. En el Cuadro 4 se presentan los valores de los parámetros considerados para calcular el IP del tratamiento 1 (testigo). Se observa que, para este tratamiento, los valores varían de 0.31 a 0.52 con una media de 0.40.

Cuadro 4. Calculo del IP para el tratamiento testigo.

Número	Clave	X	Y	Parámetros				IP
				A	B	C	K	
13	L1M1	495670	1872700	0.54	1.00	0.96	0.58	0.31
14	L1M2	495670	1872780	0.79	0.97	0.90	0.58	0.41
15	L1M3	495670	1872670	0.64	1.00	0.96	0.58	0.36
16	L1M4	495670	1872660	0.69	0.99	0.99	0.57	0.39
17	L1M5	495670	1872650	0.79	0.97	0.96	0.58	0.43
18	L1M6	495660	1872700	0.76	0.99	0.99	0.59	0.44
20	L2M2	495660	1872680	0.65	1.00	0.98	0.58	0.37
21	L2M3	495640	1872690	0.69	1.00	0.98	0.58	0.40
22	L2M4	495660	1872670	0.66	1.00	0.94	0.57	0.35
23	L2M5	495660	1872660	0.59	1.00	0.93	0.58	0.33
24	L2M6	495660	1872650	0.62	1.00	0.96	0.58	0.35
27	L3M3	495650	1872680	0.78	0.99	1.00	0.55	0.44
28	L3M4	495650	1872670	0.65	1.00	0.99	0.56	0.37
29	L3M5	495650	1872660	0.60	1.00	1.00	0.56	0.36
30	L3M6	495650	1872650	0.95	0.91	1.00	0.56	0.52
34	L4M4	495640	1872670	0.75	1.00	1.00	0.57	0.46
35	L4M5	495640	1872660	0.56	1.00	1.00	0.57	0.35
36	L4M6	495640	1872650	0.81	0.97	1.00	0.57	0.47

Asimismo, en el Cuadro 5 se observa que los valores del IP correspondientes a este mismo tratamiento fueron clasificados en tres categorías:

1. bajo el cual incluye a los valores ubicados en el rango de menos de 0.4 del IP
2. medio con valores ubicados en el rango de 0.4 a 0.6 del IP; y
3. alto con valores ubicados en el rango de más de 0.6 del IP.

Se puede apreciar que para el caso particular de este tratamiento 1 testigo las mayores frecuencias ocurrieron en las categorías media y baja.

Cuadro 5. Frecuencias del IP para tres categorías del tratamiento 1 testigo.

Rangos de IP	categorías	Frecuencias
< 0.4	bajo	50
0.4 a 0.6	medio	50
> 0.6	alto	0

De la misma manera se realizó la evaluación del IP para los tres tratamientos. En el Cuadro 6, se presentan los valores de frecuencias obtenidos para cada tratamiento en tres categorías.

Cuadro 6. Frecuencias del IP para tres categorías y tres tratamientos de manejo del suelo.

Rangos de IP	Categorías	Tratamientos		
		1 (testigo)	2 (MIAF)	3 (MIAF+PC)
< 0.4	Bajo	50	0	0
0.4 a 0.6	Medio	50	100	33
> 0.6	Alto	0	0	67

Se puede apreciar que mientras que en el tratamiento testigo las mayores frecuencias ocurrieron en las categorías media y baja, en contraste, en el tratamiento completo esta situación se revirtió ya que las mayores frecuencias ocurrieron en las categorías media y alta. Lo anterior se atribuye al efecto de los tratamientos sobre las características del suelo que son afectadas favorablemente con el tratamiento completo que incluye al MIAF + (pc).

Calidad del suelo. Con los valores del nivel de erosión actual y del índice de productividad se obtuvieron los valores de la calidad del suelo luego de combinar o cruzar ambos criterios. En el Cuadro 7, se presentan los resultados reportados para calidad del suelo de tres tratamientos de manejo del suelo en el sitio de estudio. Se puede observar que la mayor proporción del área de cada microcuenca fue: - en el tratamiento testigo, con valores bajos de calidad del suelo; - en el tratamiento intermedio valores que se ubican en la categoría media y - en el tratamiento completo valores que se ubican en la categoría alta. Esto se atribuye al efecto positivo de los tratamientos que contribuyen a controlar la erosión hídrica y a mantener o mejorar la productividad del suelo, traduciéndose esto en una mejor calidad del suelo. Esta aseveración, aunque muy arriesgada para este trabajo que solo tiene resultados de un año, está respaldado por trabajos previos realizados en el área de trabajo (Villar et al., 2013).

No obstante, con las tendencias encontradas en un año, es de esperarse que, con el transcurso del tiempo, estos efectos sean consistentes y se manifiesten en un rendimiento sostenido y rentable a este nivel de jerarquía y también a niveles mayores de la cuenca.

Cuadro 7. Frecuencias de calidad del suelo para tres categorías de tres tratamientos en el sitio de estudio.

Categoría	Testigo	MIAF	MIAF+ (pc)
Alto	6	33	75
Medio	17	67	25
Bajo	78	0	0

Los resultados descritos permiten afirmar que, a nivel de microcuenca, que equivale a la parcela del productor promedio, en el área de estudio existe tecnología factible de ser adaptada al sistema tradicional del productor, la cual puede contribuir de manera muy significativa a disminuir la erosión y la productividad del suelo, y por lo tanto mejorar la calidad del suelo.

Conclusiones

Los resultados que anteceden permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- Las clases de calidad del suelo varían en extensión dependiendo del sistema de manejo
- Bajo el manejo tradicional de la microcuenca, la mayor extensión del área cultivada presenta suelos de calidad baja, en tanto que con el tratamiento completo que incluye un manejo integrado agroforestal más prácticas de conservación, la mayor extensión del área cultivada presenta suelos de buena calidad;
- Es necesario realizar investigación para generar recomendaciones para mejorar la calidad del suelo.

Literatura citada

Carter, M.R., E. G. Gregorich, D. W. Anderson, J. W. Doran, H. H. Janzen and F. J. Pierce. 1997. Concepts of soil quality and their significance. p 1-19. In: Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Netherlands.

Ciessiolka, C. A. A. and C.W. Rose. 1998. The measurement of soil erosion: p. 287-301. In: Penning de Vries, F.A. and J. Kerr (Eds.). Soil erosion at multiple scales. Ibsram and Cabi publishing.

Cotler, H., E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina y L. Quiñones. 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica, Núm. 83. p. 5-71. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>

Delgado, F. 1997. Sistema para la evaluación y clasificación de tierras agrícolas y prioridades de conservación de suelos en áreas montañosas tropicales. Series Suelos y Clima. Publicación SC- 73. CIDIAT, Mérida.

Delgado, F. 2003. Un protocolo para seleccionar prácticas de conservación de suelos en laderas andinas de Venezuela. CIDIAT-ULA, Mérida, Venezuela. 28 p.

Doran, J.W., and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. p. 3-21. In: J. W. Doran et al. (ed.) Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Spec. Publ. No. 35. Soil Sci. Soc. Am., Inc. and Am. Soc. Agron., Inc., Madison, WI.

Figueroa S., B., A. Amante O., H. G. Cortés T., J. Pimentel L., E. S. Osuna C., J. M. Rodríguez O. y F. J. Morales F. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH-Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 150 p.

Kiniry, L, C. Scrimner y M. Keener. 1983. A soil productivity index based upon predicted water depletion and root growth. Research Bulletin 1051. University of Missouri. Columbia.

Lagos S. M. 2005. Protocolo para selección de alternativas para la conservación de suelos en laderas. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. SAG. Santiago de Chile. 78 p.

López B. W. y G. R. Magdaleno. 2009. La Cuenca Hidrográfica. Un Concepto Nuevo con Historia. Análisis y Reflexiones para Orientar su Utilización. Libro Técnico No. 3. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chis., México. 134 p.

López B.W., M. Castro, G. R., S. B. Camas-Villar y M.J. López. 2013. El manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Folleto Técnico No. 19. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. México 25 p.

Pierre, F.; W. Larson, R. Dowdy y W. Graham. 1983. Productivity of soils. Assessing Long-Term changes due to erosion. Journal of Soil and Water Conservation. 38:39-44.

Santacruz, De León G. 2011. Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México. Aqua-LAC 3(1):45-54.

Villar, S. B., B. Figueroa S., J. L. Oropeza M, L. L. Palencia L. y V. Volke H. 1998. Erosionabilidad de suelos y su impacto en la productividad de maíz en el trópico mexicano. *Agrociencia* 32:199-207.

Villar, S. B. y López M. J. 2003. Sistema integrado de manejo para la conservación del suelo y agua a nivel de cuenca hidrográfica en el trópico mexicano. Folleto Técnico No. 1. 36 p.

Villar, S. B., J. López M., W. López B., J.M. Cena V. y B. F. Solís G. 2011. Protocolo para la toma de decisiones sobre conservación del suelo y agua y producción agrícola en cuencas. Libro Técnico No. 6. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 63 p.

Villar, S. B., J. López M., W. López B., O. López A., G. Camas R. y J. L Arellano.M. 2013. Aplicación de tecnología de conservación y producción en la cuenca Villahidalgo. Impactos y perspectivas de sostenibilidad. Libro Técnico No. 11. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 146 p.

Villar, S.B., J. U. Avelar, R., J. L. López M., R. Camas G. y W. López B. 2015. Identificación y priorización de áreas degradadas en la cuenca del rio Chicoasen en el estado de Chiapas. Folleto Técnico Núm. 21. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 43 p.

Wischmeier, W.H. and D. D. Smith. 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of Rocky Mountains Guide for selection of practices for soil and water conservation. U.S. Department of Agriculture. Agriculture handbook No. 282. 47 p.

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE SIETE ECOTIPOS MEXICANOS DE *Clitoria ternatea* L.

José Francisco Villanueva Avalos⁵¹³1*, J. Vidal Rubio Ceja⁵¹³, Javier Francisco Enríquez Quiroz⁵¹⁴2 y
José Antonio Palacios Fránquez⁵¹³

Resumen

Con el objetivo de caracterizar botánicamente siete ecotipos mexicanos de *Clitoria ternatea* L. se colectaron muestras de plantas recolectadas en México y actualmente el S. E. "Verdineño" – INIFAP, ubicado en la región central de Nayarit, México. El clima es cálido subhúmedo, con precipitación y temperatura promedio anual de 1201 mm 24°C, respectivamente. Los ecotipos de *C. ternatea* L. evaluados fueron: 'Alba', 'Violeta', 'Doble Lienzo', 'Doble Presa', 'Tehuana', 'Jaspeado' y 'Azul Colima'. La descripción botánica se basó en las características cualitativas de las flores, vainas y semillas. Los resultados muestran que los ecotipos evaluados comparten y a la vez, difieren en algunas características botánicas. Las mayores diferencias botánicas se encuentran en el color y estructuras florales, la punta y pico de la vaina, cantidad de semillas por vainas, así como en el tamaño y color de la semilla. En conclusión, los ecotipos evaluados difieren en las características botánicas de la flor, vaina y semilla, cuyas diferencias reproductivas facilitan su reconocimiento en campo con el objetivo de contribuir a su conservación, manejo y aprovechamiento en los diferentes sistemas de producción animal en México.

Palabras clave: *Clitoria ternatea*, ecotipos, morfología

Introducción

Las leguminosas forrajeras juegan un importante papel en cualquier sistema de producción animal, ya que su utilización genera beneficios sociales y económicos, a través de un mejoramiento ambiental, de los recursos naturales y mejor productividad tanto de la vegetación asociada como del ganado en pastoreo (Razz y Faría, 1996; Villanueva et al.,

⁵¹³ INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. A.P. 100. Santiago Ixcuintla, Nay. 63300, México.
*villanueva.francisco@inifap.gob.mx

⁵¹⁴ INIFAP- Campo Experimental La Posta, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

2010). Una de las leguminosas más sobresalientes por su productividad es clitoria (*Clitoria ternatea* L.), leguminosas originaria de Asia, que se adapta bien a los suelos fértiles, profundos y húmedos de la región tropical de México, y que bajo condiciones de irrigación, es posible obtener rendimientos anuales de 20 a 30 t MS ha⁻¹ (Villanueva, 2002), con una productividad similar a la obtenida con alfalfa y concentrados en producción carne de ovinos (Cárdenas et al., 2012), bovinos (Córdoba et al., 1987), y leche (Villanueva et al., 1996; Bustamante et al., 2004). Todos estos estudios se han conducido con *C. ternatea* cv. 'Tehuana', a pesar de la existencia de otros ecotipos en México, de los cuales se desconocen desde sus características morfológicas forrajeras hasta su productividad animal. Por ejemplo, en Australia, hasta 58 accesiones de *C. ternatea* han sido descritas morfológica y agronómicamente (Cook et al., 2005). *Clitoria ternatea* es una leguminosa bianual o perenne de vida corta, semiarbusciva y trepadora, con una altura de 60 a 70 cm. Tallos finos de 0.5 a 3 m de largo, hojas pinnadas de cinco a siete folíolos oblongo-lanceolados de 1.5 a 7.0 cm de largo y de 0.3 a 4.0 cm de ancho, ligeramente pubescentes. Flores axilares, simples o pareadas, blancas o azuladas de 2.5 a 5.0 cm de longitud en forma de embudo invertido. Las vainas son alargadas y planas, de 4 a 12 cm de largo y de 0.7 a 1.2 cm de ancho, escasamente pubescentes y dehiscentes cuando está seca. Cada vaina contiene de 8 a 11 semillas cilíndricas (oblongas) de color negro, verde olivo, café o moteadas, de 4.7 a 7.0 mm de largo y 3 a 4 mm de ancho; presenta aproximadamente 23,000 semillas kg⁻¹ (Villanueva et al., 2004; Cook et al., 2005). La caracterización morfológica de éstos recursos contribuye a la selección de genotipos con características sobresalientes, promoviendo así la conservación y mantenimiento de la diversidad genética en las especies forrajeras (Herrera et al., 2010); además, es útil para hacer comparaciones entre especies y/o ecotipos nativos, identificando materiales sobresalientes con características propias para ser incluidos en programas de mejoramiento, restauración y conservación de pastizales (Morales et al., 2008). En base a lo anterior, se desarrolló el presente estudio cuyo objetivo fue identificar las características botánicas cualitativas en la etapa reproductiva de siete materiales de *C. ternatea* L. colectados en la región occidental de México.

Materiales y métodos

El estudio se condujo en el S. E. El Verdineño, INIFAP, ubicado a 60 msnm, clima tropical subhúmedo Aw₂, con una precipitación pluvial de 1201 mm y una temperatura media anual de 24°C. La época de seca fluctúa entre siete y ocho meses al año. Los suelos son franco arcillosos de color rojo y café rojizo in situ y coluvial. El tipo de vegetación natural corresponde a una selva mediana subcaducifolia (SPP, 1981).

Los tratamientos evaluados consistieron en los siete ecotipos de *C. ternatea*: 'Alba', 'Violeta', 'Doble Lienzo', 'Doble Presa', 'Tehuana', 'Jaspeado' y 'Azul Colima', recolectados en la región occidental de México y actualmente disponibles en el Banco de Germoplasma de Recursos Genéticos (BG- RGF) del S. E. "Verdineño", INIFAP. La siembra de los materiales se llevó a cabo por triplicado en parcelas lineales de 5 m con seis plantas cada una, con una distancia entre plantas de 0.80 m y de 1.5 m entre parcelas. El manejo agronómico fue el tradicionalmente recomendado por Inifap para esta leguminosa forrajera (Villanueva, 2002). Las evaluaciones se realizaron en la etapa reproductiva, la cual consistió en la descripción de las características reproductivas cuantitativas de cada ecotipo, basado en las características de la flor, vainas y semillas, de acuerdo a la descripción varietal de *Arachis L.*, según la Guía Técnica de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). En la flor se analizó únicamente el color, mientras que en la vaina se evaluó la forma, color, estrangulaciones, prominencia de la punta, forma del pico y capacidad de dehiscencia; en semilla se evaluó la presencia de semilla, fecha de cosecha, color, forma y tamaño. La información obtenida es exclusivamente descriptiva de los diferentes materiales y básicamente constituye una clave de las características botánicas para la identificación de los ecotipos evaluados.

Resultados y discusión

Las evaluaciones realizadas muestran que los diferentes ecotipos evaluados comparten y a la vez, difieren en algunas características botánicas propias de la especie (Cuadro 1, Figura 1). La presencia de semilla y cosecha de la misma es similar entre ecotipos y se da dos veces al año aproximadamente en marzo (60 – 90 DDA) y octubre (288 - 305 DDA), respectivamente. La similitud de caracteres, básicamente se centra en vainas alargadas y planas, de forma curva y ligeramente sigmoidea, de color crema a jaspeado a medida que avanza el estado de madurez, textura fina, ausencia de estrangulaciones y una capacidad de dehiscencia altamente explosiva. Las semillas son cilíndricas y de tamaño variable.

Cuadro 1. Características botánicas reproductivas de siete ecotipos mexicanos de *Clitoria ternatea* L.

Caracteres vegetativos	Ecotipos de <i>Clitoria ternatea</i> L.						
	Alba	Violeta	Doble Lienzo	Doble Presa	Tehuana	Jaspeado	Azul Colima
Fecha presencia de semilla, DDA¹	60 - 288	60 - 288	60 - 288	60 - 288	60 - 288	64 - 288	64 - 288
Fecha de madurez a cosecha, DDA	90 - 305	90 - 305	90 - 305	90 - 305	90 - 305	94 - 305	94 - 305
Color de la flor	Blanca	Violeta	Azul Doble	Azul Doble	Azul	Azul	Azul
Forma de vaina	Curva - L sig. ²	Curva - L sig.	Curva - L sig.	Curva - L sig.	Curva - L sig.	Curva - L sig.	Curva - L sig.
Color de vaina	Crema - jaspeada	Jaspeada - Crema	Jaspeada	Jaspeada	Jaspeada	Jaspeada	Crema
Vaina: Estrangulaciones	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Vaina: Textura de la superficie	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina	Fina
Vaina: Abundancia de semillas	Regular	Regular	Regular	Regular	Abundante	Regular	Abundante
Vaina: Prominencia de la punta	Prominente	Medio Prominente	Prominente	Prominente	Prominente	Medio Prominente	Prominente
Vaina: Forma del pico	Lig. curvo	Lig. curvo	Recto	Curvo	Lig. curvo	Lig. curvo	Lig. curvo
Color de la semilla	Jaspeada - Café	Jaspeada - Negra	Jaspeada - Café	Jaspeada - Negro	Jaspeada - Negro	Jaspeada - Café	Negra
Forma de la semilla	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica
Tamaño de la semilla, mm	Mediano	Mediano	Grande	Chica	Chica	Chica	Grande
Capacidad de dehiscencia	Explosiva	Explosiva	Explosiva	Explosiva	Explosiva	Explosiva	Explosiva

¹ DDA: Día del año; ² Ligeramente sigmoidea



Figura 1. Características y color de las estructuras florales en los siete ecotipos evaluados.

Una clave para la identificación de los ecotipos estudiados de acuerdo a las diferencias observadas en las tres estructuras reproductivas analizadas es la siguiente:

C. ternatea ec. 'Alba'. Flores blancas en forma de embudo invertido; con vainas lisas provistas de una punta prominente (> 6 mm) y pico ligeramente curvo. Vainas con regular contenido de semilla (7.9) de tamaño mediano (5.5 mm), generalmente monocromas de color café jaspeado.

C. ternatea ec. 'Violeta'. Flores de color violáceo en forma de embudo invertido; con vainas lisas provistas de una punta medianamente prominente (< 6 mm) y pico ligeramente curvo. Vainas con regular contenido de semilla (7.3) de tamaño mediano (5.7 mm), generalmente monocromas de color negro jaspeado.

C. ternatea ec. 'Doble Lienzo'. Flores de color azul provistas de al menos seis alas; con vainas lisas provistas de una punta prominente (> 6 mm) y pico recto. Vainas con regular contenido de semilla (6.3) de tamaño grande (7.3 mm), generalmente monocromas de color café jaspeado.

C. ternatea ec. 'Doble Presa'. Flores de color azul provistas de dos alas sobresalientes; con vainas lisas provistas de una punta prominente (> 6 mm) y pico curvo. Vainas con regular contenido de semilla (7.2) de tamaño pequeño (5.1 mm), generalmente monocromas de color negro jaspeado.

C. ternatea ec. 'Tehuana'. Flores de color azul en forma de embudo invertido, similares a las observadas en los ecotipos 'Jaspeado' y 'Azul Colima'; con vainas lisas provistas de una punta prominente (> 6 mm) y pico ligeramente curvo. Vainas con abundante contenido de semilla (7.9) de tamaño pequeño (8.2 mm), generalmente monocromas de color negro jaspeado.

C. ternatea ec. 'Jaspeado'. Flores de color azul en forma de embudo invertido, similares a las observadas en los ecotipos 'Tehuana' y 'Azul Colima'; con vainas lisas provistas de una punta medianamente prominente (< 6 mm) y pico ligeramente curvo. Vainas con regular contenido de semilla (7.3) de tamaño pequeño (4.8 mm), generalmente monocromas de color café jaspeado.

C. ternatea ec. 'Azul Colima'. Flores de color azul en forma de embudo invertido, similares a las observadas en los ecotipos 'Tehuana' y 'Jaspeado'; con vainas lisas provistas de una punta prominente (> 6 mm) y pico ligeramete curvo. Vainas con abundante contenido de semilla (8.9) de tamaño grande (6.3 mm), generalmente monocromas de color negro.

Conclusiones

Los siete ecotipos de *Clitoria ternatea* L. evaluados presentan una serie de características botánicas reproductivas distintivas que permiten fácilmente su identificación, siguiendo las claves elaboradas en este estudio. La identificación adecuada de estos recursos genéticos forrajeros es de gran utilidad para el diseño y aplicación de prácticas adecuadas de manejo que promuevan su conservación, establecimiento y utilización sustentable dentro de los sistemas de producción animal en México.

Literatura citada

- Bustamante, G. J. J., J. F. Villanueva A., J. A. Bonilla C., J. V. Rubio C. 2002. Utilización de heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) en la alimentación de vacas suizo pardo en lactación. *Tec. Pecu. Méx.* 42(3):477-487
- Cárdenas, S. A., J. F. Villanueva A., J. V. Rubio-Ceja. 2012. Utilización de heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) y oreja de huaracaste (*Enterolobium cyclocarpum*) en dietas para ovinos de pelo en desarrollo en áreas tropicales. *Memorias II Convención Agrodesarrollo 2012. Estación Experimental "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.* p. 914 - 919.
- Córdoba, B. A., A. Peralta M., A. Ramos S. 1987. Producción estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* L. con tres cargas animal y dos sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales. CIAT. Calí, Colombia.* 9(1):27-31.
- Cook, B. G., B. C. Pengelly., S. D. Brown, J. L. Donnelly, D. A. Eagles, M. A. Franco, J. Hanson, B. F. Mullen, I. J. Partridge, M. Peters, R. Schultze-Kraft. 2005. *Tropical Forages: an interactive selection tool.* [CD-ROM], CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.
- Herrera, C. F, J. F. Villanueva A., R. Plascencia J. 2010. Caracterización cuantitativa de especies nativas de *Canavalia ensiformis* (L.) DC en Nayarit, México. p. 51-56. In: *I Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. II Simposio Internacional de Forrajes Tropicales.* Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

- Morales - Nieto, C. R., A. R. Quero-Carrillo, J. Pérez-Pérez, A. Hernández-Garay y O. Le-Blanc. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia* 42(7):767-775.
- Razz, R. y N. Faría. 1996. Características botánicas de especies de *Centrosema* (L.) Benth. *Rev. Fac. Agron. Revista LUZ.* 13:633-538. <http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/11636> (consultado el 01 de junio de 2015).
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1981. Síntesis Geográfica de Nayarit. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F. 221 p.
- Villanueva, A. J. F., J. Bonilla C., J. Bustamante G. 1996. Respuesta productiva de vacas Suizo Pardo suplementadas con niveles crecientes de *Clitoria ternatea* L. Reunión de Investigación Pecuaria en México. Cuernavaca, Mor. p. 270.
- Villanueva, A. J. F. 2002. *Clitoria ternatea* L.: Leguminosa forrajera de excelencia para el trópico mexicano. Folleto Técnico Núm. 1. C. E. "El Verdineño", INIFAP-CIPAC. 52 p.
- Villanueva, A. J. F., J. A. Bonilla C., J. J. Bustamante G., J. V. Rubio C. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc. Pecu. Méx.* 42(1):79-96.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SIETE ECOTIPOS DE *Clitoria ternatea* L. EN MÉXICO

José Francisco Villanueva Avalos^{515*}, J. Vidal Rubio Ceja⁵¹⁵, Javier Francisco Enríquez Quiroz⁵¹⁶ y José Antonio Palacios Fránquez⁵¹⁵

Resumen

Con el objetivo de caracterizar morfológicamente siete ecotipos mexicanos de *Clitoria ternatea* L., se llevó a cabo el presente estudio en clima Aw₂ en Nayarit, México. Los ecotipos evaluados fueron: 'Alba', 'Violeta', 'Doble Lienzo', 'Doble Presa', 'Tehuana', 'Jaspeado' y 'Azul Colima'. La descripción se basó en las características morfológicas cuantitativas de las vainas y semillas. Los resultados muestran que los ecotipos evaluados comparten y a la vez, difieren en algunos caracteres morfológicos. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para Propu, Seanva y Grose; sin embargo, se observaron diferencias ($P < 0.05$) para Poseno y ($P < 0.01$) para Lova, Anva, Peva, Seva, Senova, Peseva, Poseva, Pocava, Ca/se, Pemil, Lose, Anse y Vose. En conclusión, los ecotipos evaluados presentan caracteres morfológicos distintivos que deben considerarse para su descripción e identificación. Estos resultados, combinados con información sobre las características morfológicas cualitativas y cuantitativas durante el ciclo productivo, permiten el diseño y aplicación de prácticas adecuadas de manejo que promueven su conservación y aprovechamiento dentro de los sistemas de producción ganadera en México.

Palabras clave: *Clitoria ternatea*, ecotipos, morfología, características, mexicanos

Introducción

Las leguminosas forrajeras juegan un importante papel en cualquier sistema de producción animal, ya que generan beneficios sociales y económicos, a través de un mejoramiento ambiental, de los recursos naturales y una mejor productividad tanto de la vegetación asociada como del ganado en pastoreo (Razz y Faría, 1996).

⁵¹⁵ INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. A.P. 100. Santiago Ixcuintla, Nay. 63300, México.
[*villanueva.francisco@inifap.gob.mx](mailto:villanueva.francisco@inifap.gob.mx).

⁵¹⁶ INIFAP- Campo Experimental La Posta, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

Una de las leguminosas más sobresalientes por su productividad es clitoria (*Clitoria ternatea* L.), leguminosa originaria de Asia, que se adapta bien a los suelos fértiles, profundos y húmedos de la región tropical de México, y que bajo condiciones de irrigación, es posible obtener rendimientos anuales de 20 a 30 t MS ha⁻¹ (Villanueva, 2002), con una productividad similar a la obtenida con alfalfa y concentrados en producción carne de ovinos (Cárdenas et al., 2012), bovinos (Córdoba et al., 1987), y leche (Villanueva et al., 1996). Estos resultados han sido obtenidos con el cultivar 'Tehuana', a pesar de la existencia de al menos otras 58 accesiones de *C. ternatea* que ya fueron descritos morfológica y agronómicamente en Australia (Cook et al., 2005).

Clitoria ternatea es una leguminosa bianual o perenne de vida corta, semiarbustiva y trepadora, con una altura de 60 a 70 cm. Tallos finos de 0.5 a 3 m de largo, hojas pinnadas de cinco a siete foliolos oblongo-lanceolados de 1.5 a 7.0 cm de largo y de 0.3 a 4.0 cm de ancho, ligeramente pubescentes. Flores axilares, simples o pareadas, blancas o azuladas de 2.5 a 5.0 cm de longitud en forma de embudo invertido. Las vainas son alargadas y planas, de 4 a 12 cm de largo y de 0.7 a 1.2 cm de ancho, escasamente pubescentes y dehiscentes cuando están secas. Cada vaina contiene de 8 a 11 semillas cilíndricas (oblongas) de color negro, verde olivo, café o moteadas, de 4.7 a 7.0 mm de largo y 3 a 4 mm de ancho (Villanueva et al., 2004; Cook et al., 2005). Un estudio realizado con el cultivar 'Tehuana' mostró que estas características morfológicas no presentan variaciones significativas por efecto de la densidad de siembra (Medel, 2013). El peso de mil semillas varía de 23 (Cook et al., 2005) a 48 gr (Medel, 2013).

La caracterización morfológica de éstos recursos contribuye a la selección de genotipos con características sobresalientes, promoviendo así la conservación y mantenimiento de la diversidad genética en la especie (Herrera et al., 2010); además, permite identificar los materiales sobresalientes con características sobresalientes para su inclusión en programas de mejoramiento, restauración y conservación de pastizales (Morales et al., 2008). En base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar las características morfológicas cuantitativas en la etapa reproductiva de siete materiales de *C. ternatea* L. colectados en la región occidental de México.

Materiales y métodos

El estudio se condujo en el S. E. El Verdineño, INIFAP, ubicado a 60 msnm, clima tropical subhúmedo Aw₂, con una precipitación pluvial de 1201 mm y una temperatura media anual de 24°C. La época de seca fluctúa entre siete y ocho meses al año. Los suelos son franco

arcilloso, de color rojo y café rojizo in situ y coluvial. El tipo de vegetación natural corresponde a una selva mediana subcaducifolia (SPP, 1981).

Los tratamientos evaluados consistieron en los ecotipos: 'Alba', 'Violeta', 'Doble Lienzo', 'Doble Presa', 'Tehuana', 'Jaspeado' y 'Azul Colima', recolectados en la región occidental de México. La siembra de los materiales se llevó a cabo por triplicado en parcelas lineares de 5 m con seis plantas, con una distancia entre plantas de 0.80 m y de 1.5 m entre parcelas. El manejo agronómico fue el recomendado por el INIFAP para esta leguminosa forrajera (Villanueva, 2002). Las evaluaciones se realizaron en la etapa reproductiva, la cual consistió en la cuantificación de las características morfológicas cuantitativas de la vaina y semilla de cada ecotipo, de acuerdo a la descripción varietal de *Arachis L.*, según la Guía Técnica de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). En vainas se evaluó: prominencia de la punta, longitud, ancho, peso, número de semillas, semillas normales y anormales, peso y proporción de semilla por vaina, proporción de cáscara y relación cáscara: semilla; en semillas se cuantificó el peso de 1000 semillas, longitud, ancho, grosor y volumen, de acuerdo a la ecuación: $V = \pi(r_1 + r_2)l$ para estimar volumen en un elipse, donde: r: radio y l: largo (www.acienciagalilei.com). La información obtenida se sometió a un análisis de varianza mediante un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones de 10 vainas cada una y pruebas de DMS (SAS, 2009).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran similitudes y diferencias entre los ecotipos evaluados (Cuadro 1). La similitud ($P > 0.05$) se centra en la protuberancia de la punta de la vaina (6.1 ± 0.46 cm), la cantidad de semillas anormales (0.6 ± 0.22) y el grosor de la semilla (2.2 ± 0.21 mm). Las vainas de mayor longitud ($P < 0.01$) se presentaron en 'Azul Colima' con 10.5 cm, sin observarse diferencias en el resto de los ecotipos con 8.7 ± 0.31 cm. Las vainas más anchas ($P < 0.01$) se presentaron en 'Doble Lienzo', 'Jaspeado' y 'Violeta' con un ancho superior al los 0.92 cm. La longitud y ancho de vainas observados para estos ecotipos, caen dentro del rango reportado por Villanueva et al. (2004), Cook et al. (2005) y Medel (2013) para *Clitoria ternatea L.* El peso de la semilla por vaina fue superior ($P < 0.01$) en los ecotipos 'Azul Colima' y 'Tehuana' con 0.85 gr; asimismo, la cantidad de semillas por vaina fue superior ($P < 0.01$) en los ecotipos 'Azul Colima', 'Tehuana' y 'Alba' con aproximadamente ocho a nueve semillas, lo cual supera ligeramente lo obtenido por Medel (2013) con cinco a siete semillas por vaina, pero coincide con lo reportado anteriormente por Villanueva et al. (2004) y Cook et al. (2005). Sin embargo, a pesar de que estos mismos ecotipos presentaron

la mayor ($P<0.01$) cantidad de semillas normales por vaina (7 a 8.5), en términos porcentuales, la cantidad de semilla normal fue menor ($P<0.05$) en el ecotipo 'Doble Lienzo' (87%), siendo similar en el resto de ecotipos con 90 a 97% de semilla normal. El peso de semillas por vaina fue superior ($P<0.01$) en los ecotipos 'Azul Colima', 'Doble Lienzo' y 'Jaspeada' con un peso de 0.38, 0.37 y 0.34 g, respectivamente.

Cuadro 1. Características morfológicas cuantitativas de la vaina y semilla de siete ecotipos de *Clitoria ternatea* L. en México.

Característica Morfológica (Clave)	Ecotipos de <i>Clitoria ternatea</i> L.							Nivel Sig.
	Alba	Violeta	Doble Lienzo	Doble Presa	Tehuana	Jaspeado	Azul Colima	
Propu (mm)	6.2	5.5	6.1	6.6	6.7	5.6	6.3	NS
Lova (cm)	8.7 b	8.7 b	9.1 b	8.4 b	8.2 b	8.9 b	10.5 a	**
Anva (cm)	0.77 d	0.92 ab	0.96 a	0.82 cd	0.86 bc	0.93 ab	0.80 cd	**
Peva (gr)	0.67 cd	0.59 de	0.75 bc	0.55 e	0.84 ab	0.73 c	0.85 a	**
Seva (#)	7.9 ab	7.3 b	7.3 b	7.2 b	8.2 ab	7.3 b	8.9 a	**
Seanva (#)	0.70	0.56	0.96	0.70	0.24	0.54	0.48	NS
Senova (#)	7.2 abc	6.8 bc	6.3 c	6.5 bc	7.9 ab	6.8 bc	8.5 a	**
Poseno (%)	91.1 ab	92.4 ab	86.8 b	90.3 ab	97.1 a	92.9 ab	94.5 ab	*
Peseva (gr)	0.31 bc	0.26 dc	0.37 ab	0.24 d	0.32 bc	0.34 ab	0.38 a	**
Poseva (%)	46.4 ab	43.8 b	49.6 a	44.7 b	37.4 c	47.3 ab	44.5 b	**
Pocava (%)	53.6 bc	56.2 b	50.4 c	55.3 b	62.6 a	52.7 bc	55.5 b	**
Ca/se (%)	1.15 bc	1.29 b	1.02 c	1.24 b	1.67 a	1.12 bc	1.25 b	**
Pemil (gr)	43.3 bc	38.4 c	59.4 a	37.5 c	40.4 c	50.9 ab	45.2 bc	**
Lose (mm)	5.4 c	5.7 bc	6.1 ab	5.1 cd	5.2 cd	4.8 d	6.3 a	**
Anse (mm)	3.5 ab	3.9 a	3.9 a	3.3 b	3.9 a	3.6 ab	3.9 a	**
Grose (mm)	2.4	2.1	2.4 a	1.8	1.9	2.0	2.2	NS
Vose (mm ³)	35.2 ab	36.7 ab	43.8 a	24.3 c	30.8 bc	27.1 bc	42.7 a	**

¹ Literales diferentes en el mismo reglón indican diferencias * ($P<0.05$) y ** ($P<0.01$) entre ecotipos.

Donde, **Propu**: Prominencia de la punta de la vaina; **Lova**: Longitud de vaina; **Anva**: Ancho de vaina; **Peva**: Peso de la vaina; **Seva**: No. semillas por vaina; **Seanva**: No. semillas anormales por vaina; **Senova**: No. semillas normales por vaina; **Poseno**: porcentaje de semillas normales; **Peseva**: Peso de semilla por vaina; **Poseva**: Porcentaje de semilla por vaina; **Pocava**: Porcentaje de cáscara por vaina; **Ca/se**: Relación cáscara: semilla; **Pemil**: Peso de 1000 semillas; **Lose**: Longitud de la semilla; **Anse**: Ancho de semillas; **Grose**: Grosor de semilla; **Vose**: Volumen de semilla.

De acuerdo al peso de la vaina, la proporción de semilla y cáscara también presentaron diferencias ($P<0.01$) entre ecotipos. La mayor proporción de semilla se observó en 'Doble Lienzo', 'Jaspeado' y 'Alba' con $48\pm 1.6\%$; en contraste, la mayor proporción de cáscara se observó en 'Tehuana' con 63%. La relación cáscara: semilla varió de 1.02 - 1.67:1, donde las

mejores proporciones fueron observadas en 'Doble Lienzo', 'Jaspedo' y 'Alba'. El peso de mil semillas fue diferente ($P < 0.01$) entre ecotipos, sobresaliendo con 59.4 y 50.9 g los ecotipos 'Doble Lienzo' y 'Jaspedo', valores muy superiores a los 23 g reportados por Cook et al. (2005), pero similares a los observados en 'Tehuana' por Medel (2013). La longitud de la semilla fue superior ($P < 0.01$) en 'Azul Colima' y 'Doble Lienzo' con > 6 mm, mientras que el ancho fue menor ($P < 0.01$) en 'Doble Presa' con 3.3 mm y similar en el resto de ecotipos cuyo ancho varió de 3.5 a 3.9 mm. En general, estas dimensiones coinciden con los reportados por Villanueva et al. (2004) y Cook et al. (2005) para *Clitoria ternatea* L. El volumen estimado para la semilla presentó diferencias ($P < 0.01$) entre ecotipos, sobresaliendo 'Doble Lienzo' y 'Azul Colima' con 44 y 43 mm³, mientras que en el resto ecotipos varió de 24 a 37 mm³.

Conclusiones

Los siete ecotipos de *Clitoria ternatea* L. evaluados presentan una serie de características morfológicas reproductivas distintivas que deben ser consideradas para la descripción e identificación de estos materiales forrajeros. La utilización adecuada de la información generada, aunado a la información sobre las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de estos recursos genéticos forrajeros durante su ciclo productivo, es de gran utilidad para el diseño y aplicación de prácticas adecuadas de manejo que promuevan su conservación, uso ornamental y aprovechamiento sustentable dentro de los sistemas de producción animal en México.

Literatura citada

- Bustamante, G. J. J., J. F. Villanueva A., J. A. Bonilla C y J. V. Rubio C. 2002. Utilización de heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) en la alimentación de vacas suizo pardo en lactación. *Tec. Pecu. Méx.* 42(3):477-487.
- Cárdenas, S. A., J. F. Villanueva A., y J. Vidal Rubio Ceja. 2012. Utilización de heno de clitoria (*Clitoria ternatea* L.) y oreja de huaracaste (*Enterolobium cyclocarpum*) en dietas para ovinos de pelo en desarrollo en áreas tropicales. p. 914 - 919. In: *Memorias II Convención Agrodesarrollo 2012*. Estación Experimental "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.
- Córdoba, B. A., A. Peralta M. y A. Ramos S. 1987. Producción estacional de la asociación *Digitaria decumbens/Clitoria ternatea* L. con tres cargas animal y dos sistemas de utilización. *Pasturas Tropicales*. 9(1):27-31.

Cook, B. G., B. C. Pengelly, S. D. Brown; J. L. Donnelly; D. A. Eagles; M. A. Franco; J. Hanson; B. F. Mullen; I. J. Partridge; M. Peters; Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.

Herrera, C. F., J. F. Villanueva A. y R. Plascencia J. 2010. Caracterización cuantitativa de especies nativas de *Canavalia ensiformis* (L.) DC en Nayarit, México. p. 51-56. In: I Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. II Simposio Internacional de Forrajes Tropicales. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Medel, C. C. I. 2013. Efecto de la distancia entre plantas y surcos sobre el rendimiento y calidad de la semilla de *Clitoria ternatea* cv. Tehuana y *Canavalia ensiformis*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México.

Morales-Nieto, C. R., A. R. Quero-Carrillo, J. Pérez-Pérez, A. Hernández-Garay, O. Le-Blanc. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia* 42(7):767-775.

Razz, R. y N. Faría. 1996. Características botánicas de especies de *Centrosema* (L.) Benth. *Rev. Fac. Agron. Revista LUZ.* 13:633-538. En: <http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/11636> (consultado el 01 de junio de 2015).

SAS (Statistical Analysis System). 2009. User's Guide: statistics. SAS Inst. Cary, NC. USA.

SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1981. Síntesis Geográfica de Nayarit. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F. 221 p.

Villanueva, A. J. F., J. Bonilla C. y J. Bustamante G. 1996. Respuesta productiva de vacas Suizo Pardo suplementadas con niveles crecientes de *Clitoria ternatea* L. p 270. In: Reunión de Investigación Pecuaria en México. Cuernavaca, Mor., México.

Villanueva, A. J. F. 2002. *Clitoria ternatea* L.: Leguminosa forrajera de excelencia para el trópico mexicano. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAP-CIPAC. C. E. "El Verdineño". 52 p.

Villanueva, A. J. F., J. A. Bonilla C., J. J. Bustamante G., J. V. Rubio C. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc. Pecu. Méx.* 42(1):79-96.

USO DEL SUELO Y EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA EL CAJETE, MISANTLA, VERACRUZ

José Isidro Melchor Marroquín^{517*} y Diana Rodríguez Quijano⁵¹⁸

Resumen

La microcuenca El Cajete es importante porque dentro de ella existen superficies con selva alta subperennifolia y manantiales que abastecen de agua a la población de las comunidades que ahí habitan. El cambio de uso del suelo que se viene realizando induce la erosión hídrica y pone en riesgo la recarga de acuíferos. Por lo anterior, para dimensionar la magnitud de la problemática en dicha área, se estimó la erosión hídrica mediante la instrumentación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo ($A = R * K * LS * C$) en la plataforma de ArcGIS 10.1 con la técnica de álgebra de mapas. El riesgo de erosión hídrica varía de 516 a 14,566 t ha⁻¹ año⁻¹. Respecto al uso del suelo, el 96.7 % del área forestal presenta pérdida de suelo de 90 t ha⁻¹ año⁻¹; en las áreas con pasto nativo es de 323.25 t ha⁻¹ año⁻¹ en el 83.5 % de su área; para cítricos resultó ser de 323.36 t ha⁻¹ año⁻¹ en el 96.48 % de su área; mientras que en el caso de agricultura de temporal resultó ser de 671 t ha⁻¹ año⁻¹, en el 67.85 % de su área. Con base en la clasificación del grado de severidad, se determinó que la microcuenca presenta un nivel muy alto de erosión hídrica (>200 t ha⁻¹ año⁻¹), que propicia el deterioro de los recursos naturales y la capacidad productiva de la microcuenca.

Palabras clave: ecuación universal, pérdida de suelo, álgebra de mapas, ArcMap

Introducción

La erosión hídrica de suelos en México ocurre en 22.72 millones de hectáreas, mientras que en Veracruz se estima que abarca el 45.16% de su superficie (SEMARNAT, 2013). Este fenómeno, originado por la acción del agua sobre un suelo sin vegetación, es irreversible y de gran magnitud, ya que para formar un centímetro de suelo mineral son necesarios entre

⁵¹⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. melchor.jose@inifap.gob.mx* Autor por correspondencia.

⁵¹⁸ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Veracruz.

100 y 400 años, considerándose, por lo tanto, un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana (SEMARNAT, 2013).

Para la planificación del uso del suelo y desarrollo de estrategias de conservación, es necesario estimar las tasas de erosión e identificar las áreas vulnerables. Los métodos directos proporcionan datos precisos, pero son laboriosos, requieren mucho tiempo y son costosos; mientras que los indirectos son modelos basados en relaciones estadísticamente significativas entre variables, cuando se cuenta con una razonable base de datos. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), considera en su análisis la interacción de factores naturales (clima, suelo y topografía) y antropogénicos (uso y manejo de la tierra) (Wischmeier y Smith, 1965). En la actualidad, la EUPS se ha integrado a los sistemas de información geográfica (SIG) mediante la técnica de álgebra de mapas, con resultados satisfactorios para la elaboración de planes de manejo y conservación de suelo (Santacruz, 2011; Castro, 2013; Pastrana, 2014).

Estudios realizados presentan valores de pérdidas de suelo de 23 a 149 t ha⁻¹ año⁻¹ para la cuenca del Río Potosí en Nuevo León (Pando et al., 2003); Loredó et al. (2007) clasificaron en cinco niveles el riesgo de erosión hídrica en 32 microcuencas de San Luis Potosí; Cano et al. (2007) estimaron que el 58 % de la superficie de la microcuenca Santa Rita, en Arteaga, Nuevo León, presenta erosión hídrica de 50 a 200 t ha⁻¹ año⁻¹; por su parte, Pastrana (2014), menciona un promedio de 3.5 t ha⁻¹ año⁻¹, en la cuenca San Miguel, Coahuila. La variabilidad de los datos mencionados, se debe a las condiciones particulares de los factores climáticos, uso y manejo del suelo y características físicas del terreno.

En la microcuenca El Cajete, existen superficies con selva alta subperennifolia y recursos hídricos, ya que dos manantiales perennes, abastecen de agua para consumo humano a ocho comunidades con casi un millar de habitantes (INEGI, 2017). Por otra parte, su accidentada topografía con pendientes mayores al 30 % y el cambio de uso del suelo, induce la erosión hídrica y pone en riesgo la recarga de acuíferos. Por lo anterior, con el propósito de dimensionar la magnitud del riesgo de erosión hídrica en dicha área, se realizó el presente estudio cuyos objetivos consistieron en ubicar espacialmente las áreas con riesgo de erosión hídrica y estimar la pérdida de suelo con relación a su uso. La información generada ayudará a la toma de decisiones para reducir el deterioro de los recursos agua y suelo en la microcuenca.

Materiales y métodos

Ubicación y características del área de estudio

La microcuenca El Cajete se encuentra en la subcuenca del Río Nautla (RH27Af), las que a su vez pertenecen a la cuenca Río Nautla y Otros (RH27A), se ubica entre las coordenadas 20° 1' 12" y 20° 3' 54" N y 96° 55' 30" y 96° 52' 48" W; es exorreica, desemboca en río Chapachapa que es afluente del Nautla y drena un área de 11.4 km² (CONAGUA, 2013) (INEGI, 2017). Con base en la clasificación de Köppen, modificada por García (1978), el clima es cálido húmedo A(f), la precipitación y temperatura promedio anual son de 1,590.4 mm y 22.4°C, respectivamente; el suelo dominante es Luvisol Órtico, con gran cantidad de arcilla en el subsuelo que eventualmente lo hace impermeable; el material geológico corresponde a roca ígnea extrusiva intermedia y roca ígnea extrusiva básica; el relieve es sierra alta escarpada, seguida por valle de laderas tendidas con llanura (INEGI, 2017) (SMN, 2015).

Insumos cartográficos

Con el software ARCGIS 10.1 Desktop (ESRI, 2012), se procesaron capas raster y vectoriales de: Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0) con una resolución de 15 m; Red Hidrográfica 1:50 mil; Edafológico 1:250 mil; Mapa Base de México 1:1 millón y de Entidades del país 1:250 mil (INEGI, 2017). La clasificación de uso del suelo y vegetación, se realizó sobre una imagen de satélite RapidEye con resolución de 15 m de noviembre de 2012, proporcionada por INEGI. Se obtuvieron las normales de precipitación de seis estaciones climatológicas ubicadas a una distancia promedio de 15 km alrededor de la microcuenca, con información de 30 años (SMN, 2015).

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

La EUPS es un modelo en el que la pérdida de suelo está expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo y es una función del efecto combinado de seis factores expresados en la ecuación 1:

$$A=R * K * LS *C * P \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

A = Promedio anual de pérdida de suelo por hectárea expresado en t ha⁻¹ año⁻¹.

R = Factor de erosividad de la lluvia en MJ mm⁻¹ / ha⁻¹ h⁻¹.

K = Factor de erosionabilidad del suelo.

S = Factor del grado de pendiente, es adimensional.

L = Factor del grado de longitud de la pendiente, es adimensional.

C = Factor del manejo de vegetación, es adimensional.

P= Factor de prácticas mecánicas en el manejo de la vegetación agrícola, es adimensional. La EUPS estima la erosión hídrica total cuando se incluyen todos los factores que la integran, en cambio si no se incluye el factor P, estima la erosión hídrica actual, que es la condición real del área a estudiar; situación que se aplicó en el presente estudio. La clasificación de severidad de la erosión hídrica utilizada fue la propuesta por la FAO (1980), que contempla cinco grados de pérdida de suelo ($t\ ha^{-1}\ año^{-1}$): Nula (<2), Ligera (2-10), Moderada (10-50), Alta (50-200) y Muy Alta (>200).

Factor de erosividad de la lluvia (R)

El factor R se determinó con el método de isoyetas de las normales de precipitación obtenidas de seis estaciones climatológicas ubicadas alrededor de la microcuenca, con las cuales se generó una capa vectorial con ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012).

Factor de erodabilidad del suelo (K)

En este caso el valor del factor K que le corresponde al suelo de la microcuenca es de 0.013 (Figuroa et al., 1991) (adimensional). El vectorial de suelo de la microcuenca con el valor del factor K incluido, se transformó a capa raster con ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012).

Factor de longitud y grado de la pendiente (LS)

El factor LS se obtuvo sobre el raster georreferenciado del CEM de la microcuenca con ARCGIS 10.1 (ESRI, 2012), programando cada ecuación de acuerdo a la metodología de Renard et al. (1996):

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

L = Longitud de la pendiente.

λ = Es la longitud de la pendiente en metros.

m = Es un exponente calculado con modificación hecha por Foster et al. (1977).

El factor inclinación de la pendiente (S), se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$S = 10.8 \text{ Sen } \theta + 0.03, \text{ para } S < 9\% \dots\dots\dots(3)$$

$$S = 16.8 \text{ Sen } \theta - 0.50, \text{ si } S \geq 9\% \dots\dots\dots(4)$$

Factor de cobertura (C)

Toma valores entre 0.001 (en bosque denso) y 1 (sin vegetación) (Wischmeier y Smith, 1978). A partir del vectorial de uso del suelo y vegetación, cada polígono se clasificó con valores de C a partir de los resultados obtenidos por Figuroa et al. (1991) y se convirtió a capa raster. Finalmente, mediante algebra de mapas se realizó el análisis multiplicativo de

las capas raster de los factores R, K, LS y C, obteniéndose el mapa de riesgo de erosión hídrica actual de la microcuenca El Cajete.

Resultados y discusión

Uso del suelo

El uso agropecuario abarca el 61.68% (688.8 ha) de la microcuenca, el área forestal (vegetación natural y secundaria) ocupa el 36.4% (406.9 ha), mientras que los asentamientos humanos ocupan el 1% (Figura 1). Se infiere que el cambio de uso del suelo se ha realizado respondiendo más a las necesidades de los productores, que a la aptitud del suelo, ya que, las áreas con cítricos y agricultura de temporal se encuentran en terrenos con más de 30% de pendiente, que aunado a las practicas agronómicas de los cultivos, propicia la escorrentía y erosión hídrica, por la falta de cobertura vegetal superficial y rápida saturación del suelo por su alto contenido de arcilla en las épocas lluviosas, que eventualmente lo hacen impermeable, afectando la recarga de los mantos acuíferos al reducirse la infiltración de agua, relación que ha sido confirmada por Guevara y Márquez (2012), así como por Alvarado y Barahona (2017).

Por otra parte, se observó que las áreas de recarga de los manantiales, que abastecen de agua a las comunidades de la microcuenca, están cercanas a las praderas nativas donde se realiza pastoreo extensivo, situación que pone en riesgo la sostenibilidad de estos acuíferos (Figura 1). Al respecto, se menciona que, para proteger el área de captación de los acuíferos, se tienen que establecer perímetros de protección, donde no se realice ninguna actividad y que estén provistas de vegetación, debiendo abarcar una superficie de 100 a 400 m² (López et al., 2009), situación no observada en los manantiales de la microcuenca.

Se ha encontrado que la reforestación tiene efectos positivos sobre la provisión de agua, en cuencas que fueron recuperadas tras sufrir degradación por sobrepastoreo y/o laboreo del suelo. En estos casos el rendimiento hídrico total no aumentó, pero logró una oferta más estable de agua que evita crecientes y eventos de erosión y, en menor cantidad de situaciones, eleva el caudal base (Jobbágy et al., 2013).

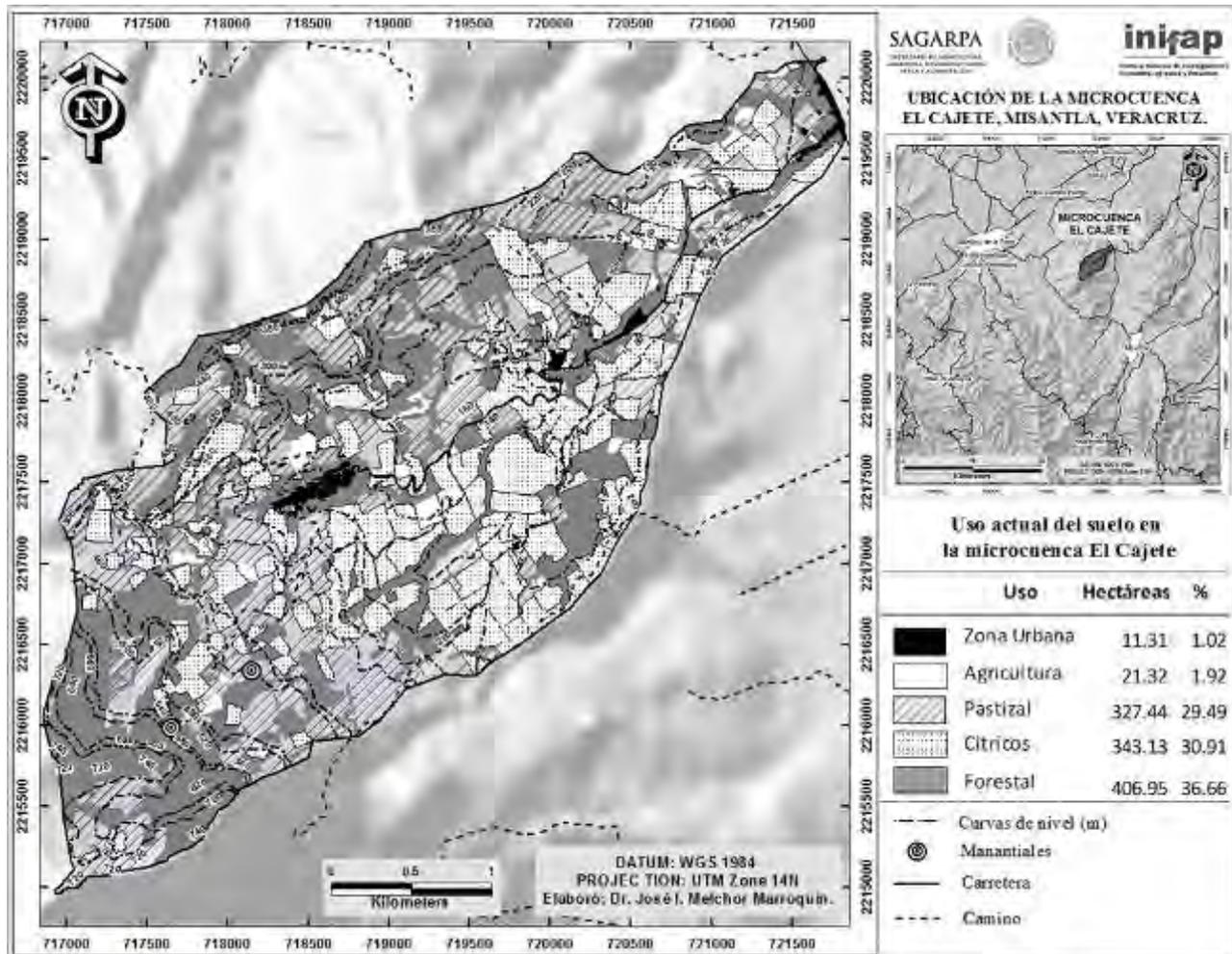


Figura 1. Uso del suelo, altimetría y recursos hídricos en la microcuenca El Cajete, Misantla, Ver.

Erosión hídrica

Se estimó que el riesgo de erosión hídrica promedio para la microcuenca varía de 258 a 11,126 t ha⁻¹ año⁻¹, por lo que con base en los grados de severidad establecidos por la FAO (1980), es muy alta (> 200 t ha⁻¹ año⁻¹) (Figura 2).

Así mismo, se observó que el primer rango de erosión hídrica actual (258 t ha⁻¹ año⁻¹), se presentó tanto en las partes altas como bajas de la microcuenca, sin embargo, es menor a lo reportado por Santacruz (2011), quien encontró en las partes altas de la cuenca Cahocacán, Chiapas, una pérdida de suelo de 16,270 t ha⁻¹ año⁻¹, mientras que en la parte baja es menor a 1,000 t ha⁻¹ año⁻¹. Lo anterior permite inferir que el cambio en el uso del suelo de la microcuenca no es planificado y es posible que, en el futuro, se eleven los niveles de erosión hídrica, cuya variabilidad estará en función de los factores climáticos, uso y manejo del suelo y características físicas del terreno.

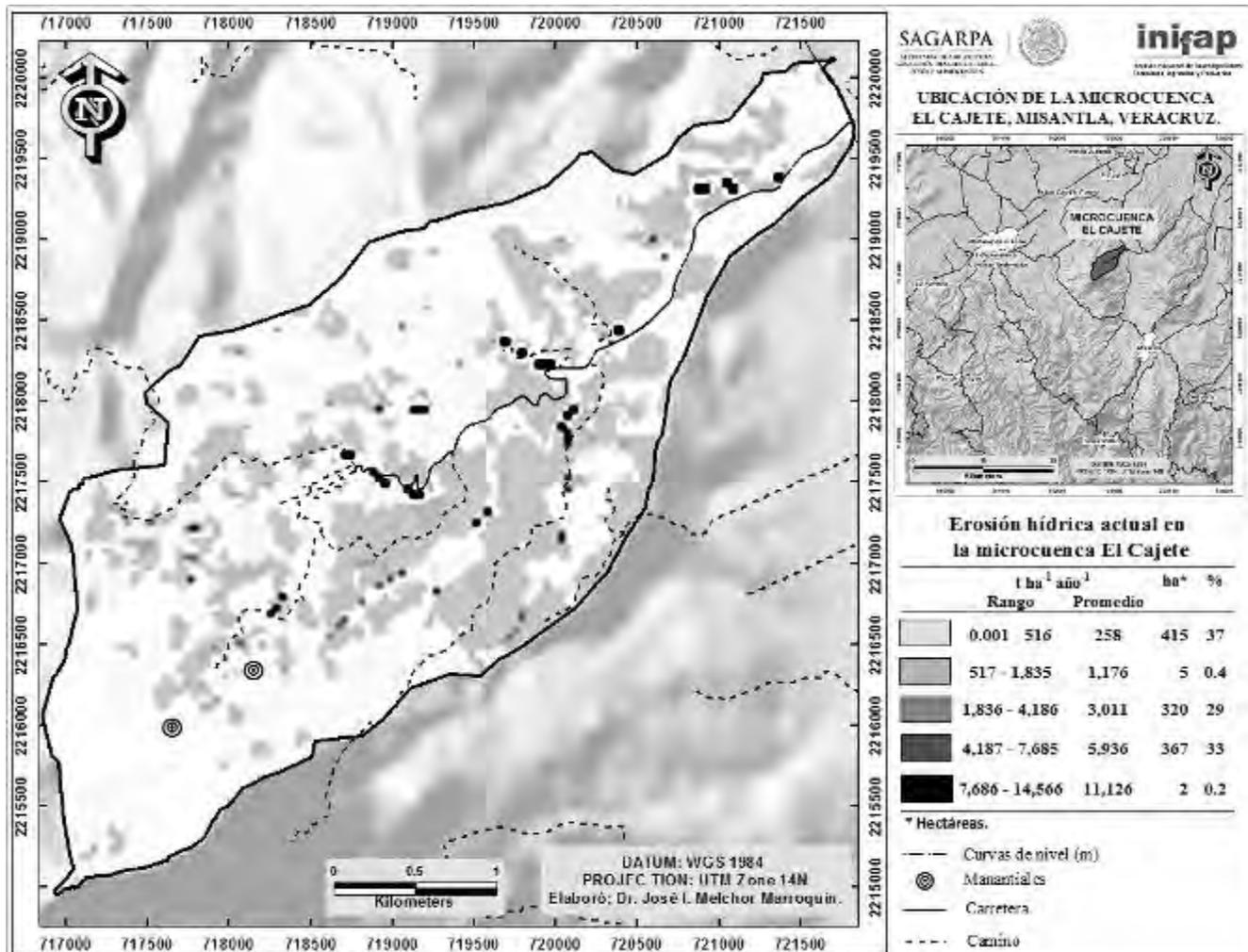


Figura 2. Erosión hídrica actual en la microcuenca El Cajete, Misantla, Ver.

Por otra parte, se observó que el riesgo de erosión varía con el uso del suelo, ya que la agricultura de temporal presentó en el 68% de su área, una erosión hídrica de $671 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; mientras que las áreas de pastos nativos y cítricos tuvieron valores similares ($323 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en el 84% y 96% de su área, respectivamente; en tanto que la vegetación forestal (natural y secundaria) presentó $91 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en el 97% de su superficie, la cual es considerada como alta de acuerdo con FAO (1980), pero inferior a las áreas dedicadas a la agricultura y ganadería, que corresponden al grado de severidad muy alta ($> 200 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Erosión hídrica con relación al uso del suelo en la microcuenca El Cajete, Misantla, Ver.

Forestal		Pasto nativo		Cítricos		Agricultura	
t ha ⁻¹ año ⁻¹	%	t ha ⁻¹ año ⁻¹	%	t ha ⁻¹ año ⁻¹	%	t ha ⁻¹ año ⁻¹	%
91	97	108	9	323	96	29	21
544	3	323	84	970	3	264	10
1,542	0.2	754	1	2,125	0.4	671	68
5,216	0.0	2,667	0.4	5,127	0.2	2,494	0.5
11,564	0.1	6,869	6	11,778	0.3	14,624	1

Estos resultados son superiores a los de Salas (2011) y Quiñónez (2012), quienes mencionan pérdidas de suelo para pastizal cultivado, bosque ripario y agricultura de temporal de 6.3, 1.9, y 25 t ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. Sin embargo, son inferiores a los reportados por Melchor y Román (2016), para la subcuenca del Río Misantla, donde la agricultura de temporal presentó el valor más alto, seguida por la vegetación secundaria, pastizal y bosque mesófilo, con 4,770, 1,941, 1,190 y 8135 t ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. La variabilidad observada, responde a las características particulares de cada región y su interacción con los factores ambientales y uso del suelo (Loredo et al., 2007).

Conclusiones

La instrumentación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en un sistema de información geográfica, permitió estimar la erosión hídrica del suelo, así como la ubicación geoespacial de las áreas con mayor susceptibilidad, a escala de la microcuenca El Cajete. Se logró inferir, que existe la necesidad de realizar una planeación del uso del suelo, donde participen todos los productores y considere actividades como obras de conservación del suelo en áreas agrícolas e implementación de tecnologías agroforestales, para reducir la presión hacia los bosques, retener el suelo y mejorar sus características físicas y químicas. Es necesario implementar acciones para proteger las áreas de recarga de los manantiales, ya que, en el futuro, es posible que los caudales de éstos tiendan a disminuir, con un eventual desabasto de agua para las comunidades que habitan la microcuenca. Finalmente, se considera que la información presentada es una primera estimación del problema de erosión hídrica en la microcuenca estudiada, sin embargo, puede ser utilizada como una base para iniciar planes y proyectos específicos que conduzcan a reducir el deterioro de los recursos naturales dentro de la microcuenca.

Literatura citada

- Cano, P. A., U. Martínez O. y A. Quiñones. 2007. Caracterización y diagnóstico del medio físico de la microcuenca Santa Rita del municipio de Arteaga, Coahuila. Publicación Especial No. 13. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coah. México. 44 p.
- Castro, M. I. 2013. Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. Ingeniería Hidráulica y Ambiental 34(2):3-16.
- ESRI. 2012. ARcGis 10.1 for Desktop. Environmental Systems Research Institute, California, USA.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 88 p.
- Figueroa, S.B., A. Amante, G. Cortés H., J. Pimentel, S. Osuna E., M. Rodríguez J. et al. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 150 p.
- Foster, G. R., D. Meyer L. and A. Onstad C. 1977. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. Trans. ASAE 20(4):683-687.
- García, E. 1978. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros No. 6. Instituto de Geografía, UNAM, México. 98 p.
- Guevara, P. E. y A. Márquez R. 2012. Modelación de la infiltración en un campo agrícola de la cuenca del río Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola 12(2):365-388.
- Alvarado, B. C. y M. Barahona P. 2017. Comparación de métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa. Cuadernos de Investigación UNED 9(1):23-33.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2017). Conjunto de datos vectoriales de edafología, uso del suelo, topográficos, hidrología y geología. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/default.aspx>, [consultado el 20 de febrero de 2017].
- Jobbágy, E. G., A. M. Acosta y M. D. Noretto. 2013. Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). Ecología Austral 23:1-10.
- López, G. J. A., J. M. Fornés A., G. R. González y F. Villarroya G. 2009. Las aguas subterráneas: Un recurso natural del subsuelo. 4ª ed. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España. 100 p.

Loredo, O., S. Beltrán, F. Moreno y M. Casiano. 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. Folleto Técnico No. 29. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental San Luís. San Luís Potosí, México. 75 p.

Melchor, M. J. I. y Román O. M. E. 2016. Estimación de la erosión hídrica en la subcuenca del río Misantla mediante un SIG. p. 343-367. In: Gallardo, L. F. (ed.). Innovando el Agro Veracruzano 2016. Frente a los retos de la relación Sociedad-Naturaleza. Colegio de Postgraduados. Tepetates, Ver., México.

Pando, M., M. Gutiérrez, A. Maldonado, J. Palacio y A. Estrada. 2003. Comparación de métodos en la estimación de erosión hídrica. Investigaciones Geográficas 51:23-36.

Pastrana, O. 2014. Determinación de la erosión hídrica potencial y actual a través de los sistemas de información geográfica. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coah., México. 127 p.

Quiñónez, G. O. 2012. La degradación del suelo por erosión hídrica en cultivos de granos básicos y café en la microcuenca Torjá, cuenca del río Grande de Zacapa, Guatemala. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 205 p.

Renard, K., L. Meyer, and G. Foster. 1996. A guide to conservation planning with revised universal soil erosion equation. Agriculture Handbook No. 73. Department of Agriculture. USA. 404 p.

Salas, C. A. 2011. Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campiña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 115 p.

Santacruz, D. (2011). Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la Cuenca del Río Cahoacán. Aqua-Lac 3(1):45-54.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Informe de la situación del medio ambiente en México. SEMARNAT. México. 382 p.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2015. Normales de Precipitación. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75, [consultado el 20 febrero de 2017].

Wischmeier, W. y D. Smith. 1965. Predicting rainfall erosion losses. Agricultural Handbook No. 282. Department of Agriculture. USA. 67 p.

Wischmeier, W. y D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses, Agricultural Handbook 537. Department of Agriculture. USA. 69 p.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL GOLFO DE MÉXICO: IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DEL OSTIÓN

Luisa Cano Rufino^{519*}, Víctor Martín Zarate Noble⁵¹⁹ y María de la Luz Juárez Villalobos⁵¹⁹

Resumen

El ostión es uno de los recursos más importantes por su volumen en el Golfo de México. El aprovechamiento de las poblaciones naturales de ostión y del semicultivo en los sistemas lagunarios estuarinos del Golfo de México, constituye una de las principales producciones de la zona, ya que por su alto rendimiento económico tiene un papel importante en la economía regional y nacional. Sin embargo, en las últimas décadas ha mostrado importantes fluctuaciones en los niveles de producción. Esto se debe a que cada vez se ve más amenazado por presencia de enfermedades, factores antropogénicos y climáticos. Los cambios sutiles en variables ambientales claves, como la temperatura, la variación en la precipitación e inclusive eventos climatológicos extremos, pueden alterar la abundancia, distribución, y disponibilidad del recurso ostión. En este sentido se analizó la importancia de las variables climáticas en las variaciones de la producción ostrícola en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche. Se realizó una recopilación de las bases de datos de la producción anual de ostión durante el período 2005- 2015, a través del Portal Informativo Acuícola-Acuasesor. Así mismo, se obtuvo los datos de temperatura promedio, precipitación y eventos de ciclón tropical que afectaron las costas del Golfo de México, en la plataforma web del Servicio Meteorológico Nacional. Se evaluó, la producción, temperatura promedio, precipitación y eventos climatológicos, encontrando una relación positiva entre la producción y la temperatura ($P < 0.05$). Los resultados obtenidos sugieren que la temperatura juega un papel importante en la explicación de las tendencias de largo plazo de dicho recurso. Esto lleva a la necesidad de intensificar las investigaciones para lograr identificar las señales que permitan establecer alertas tempranas para gestionar la pesquería y la acuicultura del ostión.

Palabras clave: pesca, semicultivo, temperatura, precipitación, ciclones tropicales

⁵¹⁹ Instituto Nacional de Pesca. *asiul_mvz@yahoo.com.mx

Introducción

La variabilidad climática es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o precipitación, varían de un año a otro (García et al., 2012). La pesca y la acuicultura juegan un papel importante en la seguridad alimentaria y como fuente de ingreso económico, además de emplear a millones de personas entre pescadores y trabajadores asociados a estas actividades. El aumento de la temperatura de los océanos, ríos, y lagos; cambios en la precipitación, salinidad de las aguas y acidez de los océanos, e inclusive el incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos, aumentan la incertidumbre en la disponibilidad de recursos para la pesca y la acuicultura (Daw et al., 2009; Gutiérrez y Defeo, 2013).

Los bivalvos son uno de los grupos biológicos más importantes. Contribuyen en la purificación de la columna de agua y como una fuente importante de alimento. La temperatura es uno de los factores más importantes, ya que limita su distribución geográfica, e influye en procesos biológicos internos, patrones de reproducción y en la abundancia de la población (Verdelhos et al., 2015; Zhang et al., 2016). El ostión es uno de los recursos más importantes en el Golfo de México. Contribuye a la producción nacional con más del 93%. Existen dos especies de importancia comercial: el ostión americano (*Crassostrea virginica*) y el ostión de mangle (*Crassostrea rhizophorae*). Las zonas de pesca y semicultivo se realizan en las lagunas costeras: Madre, Almagre, Barra ostiones, Barra de Tepehuajes, Morales, Chilillo, del Brasil y San Andrés en el Estado de Tamaulipas; Pueblo viejo, Tamiahua, Tampamachoco, Grande, Chica, la Mancha, Mandinga, Alvarado, Sontecomapan y Ostión en el Estado de Veracruz; Sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Redonda-Cocal y Mecoacán en el Estado de Tabasco; y Términos en el Estado de Campeche (DOF, 2012).

Los datos históricos de producción del ostión muestran altas variaciones interanuales. La dependencia de las variables ambientales hace que dichas especies presenten fuertes fluctuaciones en su abundancia a través del tiempo. Por tanto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la temperatura, precipitación y eventos de ciclón tropical, en la producción anual de ostión del Golfo de México, durante el período 2005- 2015.

Materiales y métodos

Se realizó una recopilación de información de la producción anual de ostión tanto de pesca y acuicultura de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche, durante el periodo 2005-2015, mediante el Portal Informativo Acuícola-Acuasesor, a través de la plataforma web de la Conapesca (<https://acuasesor.conapesca.gob.mx/anuario.php>).

También se obtuvieron datos de la temperatura promedio y precipitación anual de las estaciones climatológicas cercanas a las lagunas costeras del Golfo de México, los cuales se obtuvieron de los datos climáticos diarios del CLICOM (CLimate COMputing Project) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a través de la plataforma web del CICESE (<http://clicom-mex.cicese.mx>). Así mismo, se realizó una búsqueda en la plataforma web del SMN (<http://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales>) de los eventos históricos de ciclones tropicales en el Océano Atlántico que impactaron directamente las costas del Golfo de México. Los datos recopilados se graficaron y analizaron mediante el programa InfoStat versión 2014. El análisis de los datos se llevó a cabo empleando la prueba de regresión lineal múltiple, con P valor (<0.05).

Resultados y discusión

La Figura 1, muestra la producción de ostión anual del periodo 2005- 2015, en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche. Se observan las fluctuaciones de la producción en el tiempo. También se muestra la temperatura promedio que se registró para cada año. En el caso de Tamaulipas no se encontró información de la temperatura promedio para todos los años.

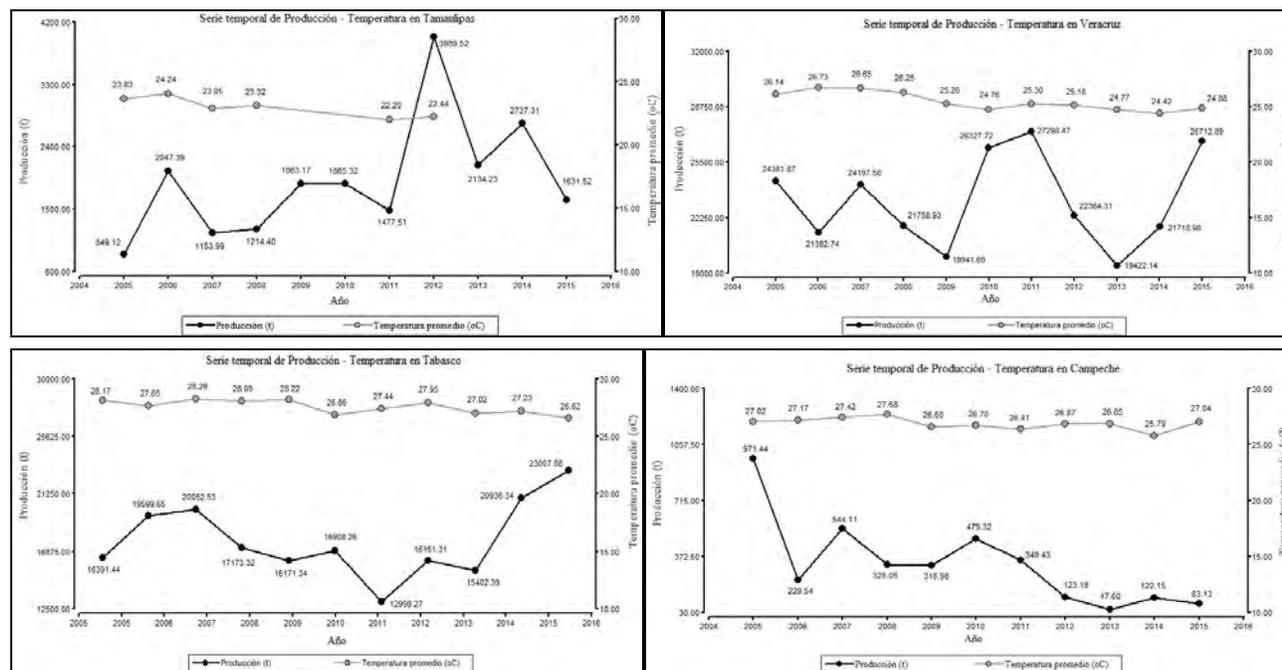


Figura 1. Serie temporal de producción de ostión y temperatura promedio en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche durante el período 2005- 2015.

En la Figura 2, se observa la producción anual de ostión, así como la precipitación media registrada durante el periodo 2005-2015. Se indica el año que se presentó al menos un evento de ciclón tropical.

En el Cuadro 1, se muestran los eventos de ciclones tropicales que impactaron las costas del Golfo de México.

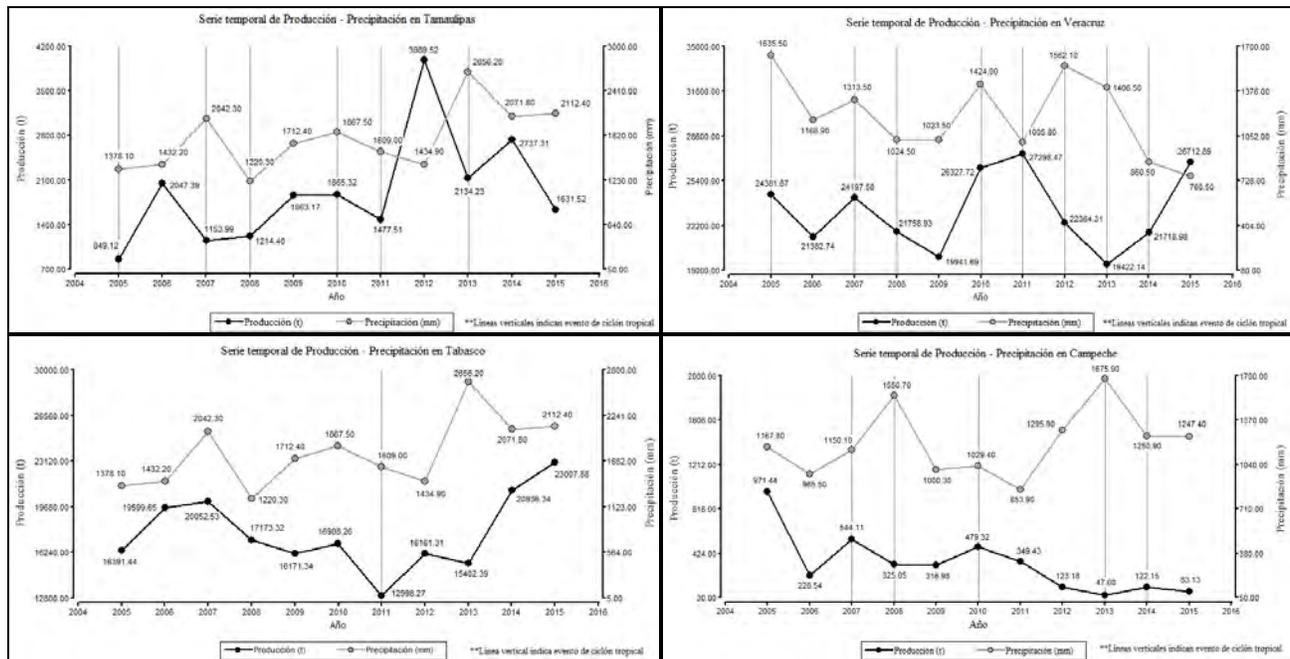


Figura 2. Serie temporal de producción de ostión y precipitación media en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche durante el periodo 2005- 2015.

En el análisis estadístico, se identificó una relación positiva entre la producción y la temperatura con un valor de $P=0.0141$. Con la precipitación y los eventos climatológicos, no se identificó alguna relación.

La variabilidad climática puede producir importantes cambios en los ecosistemas marinos y sus poblaciones, afectando directamente a los que dependen de estos ecosistemas (Badjeck et al., 2009; García et al., 2012). La temperatura determina los procesos fisiológicos, los patrones ecológicos y establece los límites de la distribución geográfica de las especies. El estrés térmico inducido con frecuencia da lugar a respuestas fisiológicas y de comportamiento y, en casos extremos, puede conducir a episodios de mortalidad (Verdelhos et al., 2015). Los ostiones *Crassostrea virginica* y *Crassostrea rhizophorae* son capaces de sobrevivir dentro de una amplia gama de temperaturas (28-42°C) (Helm et al., 2006).

En este estudio se identificó una relación positiva entre la producción y la temperatura, concordando con el INECC (2008), el cual menciona que un incremento en temperatura puede tener un efecto positivo o negativo en la producción, dependiendo si las poblaciones están o no en su óptimo térmico. No se identificó alguna relación entre las variaciones de

producción anual de ostión con la precipitación y eventos de ciclón tropical. Gutiérrez y Defeo (2013), refieren que el ciclo de vida de especies dulceacuícolas y algunas marinas están correlacionadas con la estacionalidad de la precipitación, y cualquier cambio de los patrones de precipitación impactarán en la producción.

Cuadro 1. Ciclones tropicales en el océano Atlántico que impactaron en el Golfo de México

Año	Mes	Tipo de evento	Estados ostrícolas afectados
2005	Junio	Tormenta tropical "Bret"	Veracruz, Tamaulipas
	Julio	Huracán "Emily"	Tamaulipas
	Julio	Tormenta tropical "Gert"	Veracruz
2006	---	---	---
2007	Agosto	Huracán "Dean"	Campeche, Veracruz, Tamaulipas
	Septiembre	Huracán "Lorenzo"	Veracruz
2008	Mayo	Tormenta tropical "Arthur"	Campeche
	Julio	Tormenta tropical "Dolly"	Tamaulipas
	Octubre	Tormenta tropical "Marco"	Veracruz
2009	---	---	---
2010	Junio	Huracán "Alex"	Tamaulipas
	Julio	Depresión tropical No. 2	Tamaulipas
	Septiembre	Tormenta tropical "Hermine"	Tamaulipas
	Septiembre	Huracán "Karl"	Veracruz
2011	Octubre	Depresión tropical "Richard"	Campeche
	Junio	Tormenta tropical "Arlene"	Veracruz, Tamaulipas
	Agosto	Tormenta tropical "Harvey"	Tabasco, Veracruz
2012	Septiembre	Tormenta tropical "Nate"	Veracruz
	Agosto	Tormenta tropical "Ernesto"	Veracruz
	Agosto	Tormenta tropical "Helene"	Veracruz
2013	Junio	Tormenta tropical "Barry"	Veracruz
	Agosto	Tormenta tropical "Fernand"	Veracruz
	Septiembre	Depresión tropical No. 8	Tamaulipas
	Septiembre	Huracán "Ingrid"	Tamaulipas, Veracruz
2014	Septiembre	Tormenta tropical "Dolly"	Veracruz
	Octubre	Tormenta tropical "Hanna"	Campeche
2015	---	---	---

Un mayor índice de precipitación causa una mayor variabilidad en los patrones de eutrofización en aguas costeras con consecuencias en la calidad y cantidad de alimento planctónico para los organismos de los arrecifes. La reducción en el patrón de precipitación implica menor recarga del acuífero, menor volumen de escorrentía de agua dulce a las lagunas costeras e incremento de la salinidad y cambios en el nivel de mar. Los huracanes tienen efectos destructivos y renovadores en las comunidades vegetales terrestres, y ejercen cambios en la biomasa y accesibilidad de los nutrientes para comunidades marinas, debido a los movimientos de masas de agua ejercidos por los vientos de alta velocidad (INECC, 2008). Filgueira et al., (2016) demostraron que los eventos de tormenta inducen cambios en la geomorfología costera y el subsiguiente tiempo de residencia del agua, en la Bahía de Tracadie (Este de Canadá) causando un aumento significativo en la producción de mejillón. En el Diario Oficial de la Federación (2012), indican que la disminución en la producción en el estado de Tamaulipas se debe a las medidas sanitarias que afectaron la comercialización. En Veracruz la tendencia de la producción es al alza debido al crecimiento en el esfuerzo de pesca, ya que el número de pescadores se ha incrementado. Tabasco se ha mantenido estable, tanto en la captura como en el número de pescadores, además de que ha adoptado medidas de manejo apropiadas en la pesca y la promoción del semicultivo. Campeche ha presentado una baja en la producción, con una pérdida aproximada del 70%, el cual se atribuye al deterioro del hábitat y a la explotación de organismos juveniles. Sin embargo, otras de las posibles causas en la variación de la producción de ostión es la ocurrencia de mortalidades masivas, algunas de las cuales se han asociado con parásitos y enfermedades (Cáceres y Vásquez, 2013).

La diversidad de factores que influyen en las fluctuaciones en la producción de ostión, indican la necesidad de seguir investigando. En este sentido es preciso incluir los fenómenos de mortalidades masivas, identificando las causas que las producen, esfuerzo pesquero, temporada de vedas, así como otras variables ambientales (nivel del mar, salinidad, pH, entre otros).

Conclusiones

La ocurrencia de eventos climáticos promueve cambios en la temperatura, la precipitación y las condiciones hidrodinámicas en los ecosistemas acuáticos. Los impactos resultantes sobre los procesos fisiológicos, el comportamiento y la mortalidad de los ostiones a menudo causan cambios en la población, la estructura de la comunidad y el funcionamiento de los ecosistemas. En este estudio, la temperatura tuvo una relación positiva en la producción de ostión. No se identificó alguna relación con la precipitación y los eventos de ciclón tropical,

pero no se deben descartar como posibles causas. Es necesario realizar más investigaciones e incorporar variables como enfermedades, esfuerzo pesquero y otras variables ambientales, para entender los cambios en la producción de ostión, especie de importancia económica en el Golfo de México.

Literatura citada

Badjeck, M. C., E. H. Allison, A. S. Halls y N. K. Dulvy. 2009. Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Marine Policy*. http://www.dulvy.com/uploads/2/1/0/4/21048414/badjeck_et_al_2009_fishery-based_livelihoods.pdf [consultado el 28 de junio de 2017].

Cáceres, M.C. y R. Vásquez Y. 2013. Enfermedades, parásitos y episodios de mortalidad de ostiones de importancia comercial en México y sus implicaciones para la producción. *Ciencia Pesquera* 21:5-48.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). Portal Informativo Acuícola-Acuasesor. 2017. Producción de peso vivo de acuicultura y pesca de ostión. Tamaulipas. Veracruz. Tabasco. Campeche. <https://acuasesor.conapesca.gob.mx/anuario.php> [consultado el 28 de junio de 2017].

CLICOM (CLimate COMputing Project). 2017. Base de datos climatológica nacional. Tamaulipas. Veracruz. Tabasco. Campeche. <http://clicom-mex.cicese.mx/> [consultado el 27 de junio de 2017].

Daw, T., W. N. Adger, K. Brown y M. C. Badjeck. 2009. El cambio climático y la pesca de captura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. p. 119- 168. En Cochrane, C. De Young, D. y T. Bahri. (eds). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. FAO. Roma, Italia.

Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y W. Robledo C. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Ciudad de México, México. 236 p.

Filgueira, R., T. Guyondet, L. Comeau, y R. Ejean T. 2016. Bivalve aquaculture-environment interactions in the context of climate change. *Global Change Biology* 22:3901–3913.

García, M. C., B. A. Piñeros, Q. F. A. Bernal y R. E. Ardila. 2012. Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. p. 60- 64. In: Foro “Hidrología de extremos y cambio climático”. Bogotá, Colombia.

Gutiérrez, N. L. y O. Defeo. 2013. Evaluación de recursos pesqueros de Uruguay mediante modelos dinámicos. p. 55-64. En Gutiérrez, N. y O. Defeo (eds.). Proyecto Gestión Pesquera en Uruguay. – Montevideo. FAO. Montevideo, Uruguay.

Helm, M. M., N. Bourne y A. Lovatelli. 2006. Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. Documento Técnico de Pesca. No. 471. FAO. Roma, Italia. p. 1-184.

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2008. Cambio climático y pesquerías. http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2008_ecc_inf_pesquerias.pdf [consultado el 27 de junio de 2017].

SMN (Sistema Meteorológico Nacional). 2017. Resumen de la temporada de ciclones tropicales del año 2005- 2015. <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes> [consultado el 27 de junio de 2017].

Verdelhos, T., J. C. Marques y P. Anastácio. 2015. Behavioral and mortality responses of the bivalves *Scrobicularia plana* and *Cerastoderma edule* to temperature, as indicator of climate change's potential impacts. *Ecological indicators* 58:95-103.

Zhang, J., S. Zhang, S. Zhang, Y. Du y F. Xu. 2016. What has happened to the benthic mollusks of the Yellow Sea in the near half century? Comparison on mollusk an biodiversity between 1959 and 2007. *Continental Shelf Research* 113:21–29.

LAS EPÍFITAS VASCULARES DE LA SIERRA DE MONTE DE ORO, MUNICIPIO DE ALTO LUCERO, VERACRUZ

Carlos Rafael Arzaba Villalba⁵²⁰, Miguel de Jesús Cházaro Básañez⁵²¹ Anilú de Jesús Alarcón Lozano^{521*} y Juan Antonio Franciso Gutierrez⁵²²

Resumen

Las epífitas son un elemento muy importante en los bosques y selvas tropicales, en algunos casos, más del 50% de la biomasa foliar total puede deberse a este tipo de plantas. Este grupo presenta mecanismos muy variados para soportar condiciones como estrés hídrico, adquisición de nutrientes del ambiente, dispersión y reproducción. Dentro de las monocotiledóneas se encuentra la mayor representación de este hábito, alrededor del 80% de las especies registradas en el mundo. La ocurrencia de este hábito en los diferentes ecosistemas puede ser indicador ecológico del clima y de tipos de vegetación, así como de micro climas dentro de un mismo ecosistema. La riqueza de especies epífitas varía en función de la altitud y de los tipos de vegetación. Este fenómeno se puede apreciar en la Sierra de Monte de Oro, la cual es una formación volcánica próxima a la línea de costa ubicada en la zona central del estado de Veracruz localizada dentro de los Encinares tropicales de la planicie costera veracruzana, considerados como región terrestre prioritaria por la Conabio. En esta zona se estableció un polígono de 33.2 km² donde se realizaron colectas intensivas de epífitas vasculares en los sitios con vegetación primaria con la finalidad de integrar un listado de los taxa con hábito epífita presentes en la Sierra. Se reportaron 65 especies epífitas vasculares en seis diferentes tipos de vegetación desde el nivel del mar hasta los 700 m de altitud. La familia Bromeliaceae obtuvo el mayor número de especies con 21, lo que representa el 32% de los registros, seguida de Orchidaceae con el 20% y Araceae con el 14%. Las familias Rubiaceae y Schizaeaceae fueron las menos representadas con 1.5% del total de los registros respectivamente. Se reportaron dos nuevos registros para el estado de Veracruz: *Tillandsia dasyriiliifolia* y *T. utriculata* ssp. *pringlei*. Así como una especie incluida en la NOM-059SEMARNAT-2010: *Serpocaulon triseriale* y una endémica para Veracruz: *Tillandsia botterii*.

⁵²⁰ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco.

⁵²¹ Laboratorio de Vida Silvestre, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.

⁵²² Instituto de Ecología AC.

Palabras clave: gradiente altitudinal, riqueza, tipos de vegetación

Introducción

La exploración botánica es una actividad propia de la especie humana desde su mismo origen, actividad que se volvió necesaria para dar respuesta a diversas necesidades de construcción, alimenticias, curativas, ornamentales y rituales (Rzedowski et al., 2009).

La flora de México es una de las más ricas y complejas, se considera que nuestro país posee la quinta parte de la flora del mundo; y pese a que se han realizado diversas estimaciones del número total de especies vegetales, el inventario florístico de México es una tarea en proceso (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008).

Esta riqueza se debe en gran parte a su situación biogeográfica, considerada un área de transición entre las zonas Neártica y Neotropical, incluyendo una compleja geología y orografía. Comúnmente esta diversidad se asocia con los ecosistemas tropicales del país, sin embargo, otros tipos de vegetación de distintas zonas geográficas contribuyen también de manera importante (Krömer et al., 2010).

En cuanto al estado de Veracruz se refiere, la riqueza de su flora es producto de millones de años de continua interacción entre las especies y su ambiente. Factores como el tipo de suelo, clima, la topografía, altitud sobre el nivel del mar y la exposición de los vientos se unen para definir los tipos de vegetación que se encuentra en el estado (Ellis y Martínez, 2010).

Dentro de los inventarios florísticos para Veracruz, destaca el de Sosa y Gómez-Pompa (1994) donde estiman un total de 7 490 especies de Angiospermas y Gimnospermas para el estado de Veracruz, excluyendo Pteridofitas y grupos afines.

Dentro de esta gran riqueza vegetal existe un caso especialmente interesante, el de las epifitas, grupo de plantas que de algún modo han abandonado el hábito terrestre y se han adaptado a vivir sobre otras plantas llamadas forofito y obtener todos los recursos necesarios para su desarrollo (Ceja-Romero, et al., 2008).

En el presente trabajo se realiza un inventario de la flora epífita vascular presente en la Sierra de Monte de Oro, Alto Lucero, Veracruz. Además, se caracterizan los tipos de vegetación desde el nivel del mar hasta los 700 m de altura; con lo que se pretende contribuir al conocimiento de la riqueza biológica de los pocos relictos de vegetación primaria que aún se encuentran en la zona de la costa central de Veracruz.

Materiales y métodos

Se siguió el método propuesto por Miranda et al., (1967) para estudios en las regiones tropicales de México, con algunas modificaciones pertinentes. Quedando los siguientes pasos que a continuación se describen: reconocimiento y delimitación del área del muestreo florístico, trabajo de campo, tratamiento taxonómico, caracterización de los tipos de vegetación, georreferenciación y análisis de datos.

Reconocimiento y delimitación del área del muestreo florístico:

Para el reconocimiento del área muestreada se utilizaron las cartas topográficas E14B18 y E14B28 escala 1:50 000 de la edición de 2001 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) así como Google Earth Pro 7.1.5.1557.

Para la delimitación de esta área de interés, que se encuentra entre las desembocaduras de los ríos Palma Sola al norte y El Limón al sur, se estableció un polígono de 33.2 Km² marcado por los siguientes puntos:

19°45'47.83"N 96°25'5.20"O

19°41'48.59"N 96°27'48.90"O

19°43'38.10"N 96°24'15.74"O

19°43'44.20"N 96°29'20.77"O

Trabajo de campo

Los muestreos florísticos se realizaron de enero a diciembre de 2015. Se realizó una travesía por cada mes de muestreo. Las travesías se iniciaron partiendo de los siguientes poblados designados como puntos de acceso: Arroyo Agrio, La Yerbabuena, Rancho del Niño, Monte de Oro y Boca Andrea.

Se realizaron colectas intensivas centrándose en las zonas con mayor cobertura vegetal, las cuales se identificaron por medio de imágenes satelitales utilizando la herramienta Google Earth Pro 7.1.5.1557. Se colectó material fértil empleando tijeras jardineras de mano y tijeras con extensor telescópico, una vez colectado el material, se colocó en una prensa botánica y se conservó en bolsas de polietileno con etanol al 70% hasta su herborización. El material colectado se secó en una secadora botánica con lámparas incandescentes como fuente de calor. Del material colectado se realizaron especímenes de herbario que fueron depositados en los herbarios XALU (Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa) y XAL (Instituto de Ecología A.C.).

Tratamiento taxonómico

Se realizó una revisión bibliográfica del grupo en estudio que incluyó trabajos florísticos y taxonómicos a nivel regional, estatal y nacional. Así mismo se revisaron las colecciones pertinentes de los herbarios XALU, XAL, CIB (Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana), CHAPA (Colegio de Postgraduados campus Montecillo) y MEXU (Instituto de Biología, UNAM). Se siguieron las siguientes clasificaciones taxonómicas: Mickel y Smith (2004) para Pteridofitas y APG III (2009) para Angiospermas. La identificación del material colectado se realizó con las claves dicotómicas y descripciones de la literatura especializada (Flora de Veracruz, Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, Flora de Guatemala) así como de fuentes digitales de información especializada (Tropicos.org, Missouri Botanical Garden; Irekani, Instituto de Biología, UNAM) para los diferentes grupos de epifitas vasculares encontrados en la zona. Las determinaciones se cotejaron con el material de herbario y con especialistas de cada grupo.

Caracterización de los tipos de vegetación

Se realizó una caracterización de los tipos de vegetación presentes en la zona de estudio siguiendo la clasificación de los tipos de vegetación de México propuesta por Rzedowski (2006). Durante las travesías de campo se identificaron los componentes florísticos representativos de cada uno de ellos. Así como las especies más comunes en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Georreferenciación y análisis de datos

Se tomaron, además, datos de altura sobre el nivel del mar y posición geográfica de los taxa encontrados dentro del polígono establecido como zona de estudio, así como de las zonas de transición entre los diferentes tipos de vegetación con Garmin Global Position System. Con esta información se generó una base de datos en Microsoft Office Excel. Estos datos se procesaron y analizaron usando el software ArcGis 10.2.1. Con este mismo software se elaboraron los mapas de distribución de los tipos de vegetación encontrados en la zona de estudio, así como algunos elementos geográficos.

Resultados

Se colectaron y documentaron 65 especies de plantas epífitas distribuidas en 28 géneros y 10 familias botánicas. La familia con mayor número de especies fue Bromeliaceae con 21, seguida de Orchidaceae con 13, Araceae con nueve, Polipodiaceae con seis, Cactaceae y

Moraceae con cuatro, Piperaceae y Loranthaceae con tres y finalmente Rubiaceae y Schizaeaceae con una especie respectivamente.

Según los tipos de epifitismo de Benzing (1990), se registraron 26 especies de epífitas facultativas (F), seguidas de las especies holoepífitas con 25. En el caso de las especies hemiepífitas, las primarias (HP) cuentan con cuatro especies mientras que las secundarias (HS) con siete. En el grupo de las epífitas heterótrofas o muérdagos (He) solo se reportaron tres especies.

En cuanto a los diferentes tipos de vegetación, el bosque de Quercus cuenta con el mayor porcentaje de especies de epífitas vasculares registradas en la zona (70%) mientras que en la vegetación de dunas costeras no se registró ningún taxón.

En relación con la altitud del terreno, el mayor número de especies epífitas vasculares reportadas se concentra entre los 300 y 500 msnm. El rango que comprende de 100 a 300 presenta el menor número de especies. Por lo que se observó un aumento significativo en el número de taxa en tan solo 100 metros de diferencia.

Se encontraron dos especies de epífitas vasculares bajo la categoría de “amenazada” que establece la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Tillandsia concolor* y *Serpocalulon triaseriale*; y una especie endémica para el estado de Veracruz.

Aunque hasta el presente no se había realizado un estudio botánico puntual en la Sierra de Monte de Oro, existen dos trabajos inéditos llevados a cabo por Gómez-Pompa, et al., (1972) y Vázquez-Torres et al. (2012), donde se colectó material botánico en algunos sitios dentro de la Sierra, aunque el área de estudio comprendida en dichos trabajos fue mucho más extensa.

Tipos de vegetación en la Sierra de Monte de Oro

Se identificaron seis tipos de vegetación en la zona de estudio, que partiendo desde el nivel del mar con dirección este, son: Vegetación Halófila de Duna Costera, Manglar, Bosque Tropical Subcaducifolio, Bosque de Galería, Bosque Tropical Caducifolio, Bosque de Quercus, los cuales se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 700 m de altura.

Discusión

El número de especies epífitas vasculares aquí reportadas (65 spp.) en 33.2 km² es mayor que lo reportado por Vázquez-Torres, et al. (2012), 61 especies en casi 400 km² que abarca su zona de estudio, desde La Mancha al sur hasta Los Atlixcos al norte. Si se compara con lo reportado por Gómez-Pompa et al., (1972) en una superficie similar (44 spp. en 38 km²), se incrementa en un 30% el número de epífitas vasculares para la zona aledaña a Laguna Verde. En comparación con la Sierra de Manuel Díaz, donde se reportan 38 spp. de epífitas

vasculares en 150 km² (Acosta-Pérez, 1986), la Sierra de Monte de Oro tiene casi 40% más de epífitas en una superficie casi cuatro veces menor.

Sin embargo, es muy importante considerar que los trabajos anteriormente referidos son estudios botánicos que incluyeron no solo al hábito epífita, sino a todo el espectro de formas biológicas y hábitos de crecimiento presentes en las plantas superiores. Comúnmente en este tipo de trabajos botánicos, el hábito epífita queda relegado del trabajo taxonómico aplicado a los demás grupos. Esto se puede apreciar con el considerable número de especies no determinadas (o sp.) dentro de géneros que comúnmente contienen especies epífitas como *Polypodium*, *Peperomia* o *Tillandsia*.

A nivel de familias botánicas, de las 10 reportadas en el presente estudio, sólo Acosta-Pérez (1986) difiere en Rubiaceae, ya que no reporta *Hillia tetrandra* para la Sierra de Manuel Díaz. Esta especie sólo se ha reportado para la zona en los bosques de *Quercus*, los cuáles están ausentes en la Sierra Manuel Díaz.

Si se considera que las plantas con hábito epífita representan el 10% de las plantas vasculares (Gentry y Dodson, 1987; Benzing, 2000; Granados, et al., 2003), en la Sierra de Monte de Oro podrían encontrarse alrededor de 700 especies de plantas vasculares de las cuáles cerca de 20 podrían encontrarse dentro de alguna categoría de riesgo de la NOM-059SEMARNAT-2010.

Aunado a esto, la presencia de dos nuevos registros para el estado de Veracruz, *Tillandsia utriculata* ssp. *pringlei* y *Tillandsia dasyriliifolia* (por confirmar) en una zona donde se han realizado trabajos botánicos desde los años setenta nos indica que la zona de la Sierra de Monte de Oro puede considerarse como un reservorio de recursos vegetales que no ha sido bien estudiado. Por lo que vale profundizar la investigación botánica en otros grupos taxonómicos.

En cuanto a los diferentes tipos de vegetación, Gómez-Pompa et al. (1972), refiere nueve diferentes: Bosques caducifolios, Selvas altas subperennifolias de montaña, Selvas altas subperennifolias en bajas altitudes, Encinares de altitudes bajas, Encinares de altitudes medias, Selvas bajas subcaducifolias, Manglares, Vegetación pionera de la costa, matorrales y selvas bajas subcaducifolias de los médanos y Vegetación acuática. Estos tipos de vegetación no obedecen a ninguna de las clasificaciones de la vegetación de México existentes en el año de realización del estudio. Sino que fueron hechas a consideración de los autores, por lo que algunas pueden resultar confusas y difíciles de comprar con la clasificación seguida en este trabajo.

Es importante señalar que uno de los transectos de colecta que establecieron los autores se proyectó hasta las inmediaciones del poblado de Plan de las Hayas, Alto Lucero, por lo que se incluyeron elementos de vegetación mesófila, los cuales no están presentes en la Sierra de Monte de Oro.

Para la Sierra de Manuel Díaz, Acosta-Pérez (1986) distingue 10 diferentes tipos de vegetación siguiendo la clasificación de Miranda y Hernández-X (1963): Selva baja caducifolia, Selva mediana perennifolia, Vegetación riparia, Selva baja perennifolia inundable, Tular, Palmar, Manglar, Vegetación de dunas costeras, Selva mediana caducifolia, Vegetación secundaria (acahual).

La ausencia del Bosque de *Quercus* o encinar sugiere diferencias ya sea en el origen geológico o en algunas condiciones ambientales como temperatura y humedad con respecto a la Sierra de Monte de Oro, pese a que se encuentran a menos de 20 km de distancia una de otra y ambas, tienen una altura sobre el nivel del mar similar, incluso el punto más alto de la Manuel Díaz esta aproximadamente 100 metros por encima que el punto más alto de la Monte de Oro.

Conclusiones

La Sierra de Monte de Oro representa uno de los pocos relictos de vegetación primaria de la zona costera del centro del estado de Veracruz. La diversidad de comunidades vegetales presentes en la Sierra y su distribución altitudinal se refleja en la riqueza de plantas vasculares con hábito epífita.

La familia Bromeliaceae contiene el 40% de los registros de especies epífitas de la Sierra, seguida de Orchidaceae con el 20% y Araceae con el 14%. Las familias menos representadas son Rubiaceae y Schizaeaceae con solo 1.5% de todos los registros.

Los tipos de epifitismo predominantes son las epífitas facultativas y las holoepífitas, con 40 y 38% respectivamente del total de especies registradas para la zona de estudio. El grupo de las epífitas heterótroficas es el menor con el 5% de las especies registradas.

El bosque de *Quercus* es el tipo de vegetación que contiene el mayor número de especies de epífitas vasculares de la Sierra de Monte de Oro. Esto se relaciona con el aumento de la humedad atmosférica dada por la altura sobre el nivel del mar.

Se encontraron dos especies de epífitas consideradas como amenazadas por la NOM-059SEMARNAT-2010: *Tillandsia concolor* (Bromeliaceae) y *Serpocaulon triseriale* (Polypodiaceae). Además de una especie endémica para el estado de Veracruz: *Tillandsia botterii* (Bromeliaceae).

Se reportan dos nuevos registros para la flora de Veracruz: *Tillandsia utriculata* ssp. *pringlei* y *T. dasyriliifolia*.

Es necesario continuar con el trabajo botánico en la Sierra de Monte de Oro y sus alrededores para tener un mejor conocimiento de los recursos vegetales que ahí se

encuentran y poder planear instrumentos en pro de la conservación de los ecosistemas tropicales del centro de Veracruz.

Literatura citada

Acosta P. R. 1986. La vegetación de la Sierra de Manuel Díaz, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

Benzing D. H. 1990. Vascular epiphytes: general biology and related biota. Cambridge University Press. New York, USA, 376 p.

Benzing D, H. 2000. Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom, 690 p.

Ceja-Romero J., A. Espejo-Serna, J. García-Cruz, A. R. López-Ferrari, A. Mendoza-Ruiz, B. Pérez-García. 2008. Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. Ciencias 91(35-41)

Ceja-Romero J., Mendoza-Ruiz A., López-Ferrari A.R., Espejo-Serna A., Pérez-García B., García-Cruz J. 2010. Las epífitas vasculares del estado de Hidalgo, México: diversidad y distribución. Acta Botánica Mexicana (93):1-39.

Ceja-Romero J., Espejo-Serna A., García-Cruz J., López-Ferrari A. R., Mendoza-Ruiz A., Pérez-García B. 2012. Epífitas Vasculares del Bajío y Regiones Adyacentes. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo Complementario XXVIII. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Cházaro B. M. 1992. Exploraciones botánicas en Veracruz y estados circunvecinos I. Pisos altitudinales de vegetación en el centro de Veracruz y zonas limítrofes con Puebla. La Ciencia y El Hombre 10:67-115.

Ellis E., M. Martínez 2010. Vegetación y uso de suelo. En: Florescano y Ortíz J. (Coords.). Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz. I Patrimonio natural. Comisión del Estado de Veracruz para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. Veracruz, México. 203-227 p.

Espejo-Serna A., A. R. López-Ferrari, I. Ramírez-Morillo, B. K. Holst, H.E. Luther, W. Till 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. Selbyana 33-86.

Gentry A., y C. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. Annales of Missouri Botanical Garden 74(2):205-233.

- Gómez-Pompa A. 1966. Estudios botánicos en la región de Misantla, Veracruz. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 173 p.
- Gómez-Pompa A., A. Lot, C. Vázquez, M. Soto, N. Diego. 1972. Estudio preliminar de la vegetación y la flora en la región de Laguna Verde. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica. México D.F. 278 p.
- Hietz P. y U. Hietz-Seifert 1994. Epífitas de Veracruz: guía ilustrada para las regiones de Xalapa y Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México. 240 p.
- INEGI. 2001. Carta topográfica 1:50000. Actopan E14B28.
- Krömer T., Acebey A., Gómez-Pompa A., 2010. Introducción En: Gómez-Pompa A., Krömer T., Castro-Cortés R., (Coords.) Atlas de la flora de Veracruz: un patrimonio natural en peligro. Veracruz, Gobierno del Estado, México p. 25-42.
- Krömer T., Acebey A., Kluge J., Kessler M. 2013. Effects of altitude and climate in determining elevational plant species richness patterns: A case study from Los Tuxtlas, Mexico. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 208(3):197-210.
- Llorente-Bousquets J., S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Conabio, Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad, México. p. 283-322.
- Miranda F., Hernández-X. 2014. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Fondo de Cultura Económica, Sociedad Botánica de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Edición Conmemorativa 1963-2013. México. 214 p.
- Miranda F., Gómez-Pompa A., Hernández E. 1967. Un método para la investigación ecológica de las regiones tropicales. *Anales del Instituto de Biología. UNAM Serie Botánica* 38:101-118.
- Pennington T., Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. Tercera edición. México. 523 p.
- Red de Información de Plantas Epífitas (RIPE) 2015. ¿Qué son las plantas epífitas? http://www3.inecol.edu.mx/epifitas/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=3. (consultado el 05 de enero de 2016).
- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. 1a. ed. Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.

- Rzedowski J., de Rzedowski G. C., Butanda A. 2009. Los principales colectores de plantas activos en México entre 1700 y 1930. Instituto de Ecología, AC, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 144 p.
- Sosa V., Gómez-Pompa A. 1994. Lista florística. Flora de Veracruz Fascículo 82. Instituto de Ecología, AC. Xalapa, Ver. 246 p.
- Villaseñor J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, 28(3):160-167.
- Wolf J.H., Alejandro F.S. 2003. Patterns in species richness and distribution of vascular epiphytes in Chiapas, Mexico. *Journal of Biogeography* 30(11):1689-1707.
- Zamora-Crescencio P., Avendaño-Reyes S. 1998. La vegetación del municipio de Yecuatla, Veracruz, México. *La Ciencia y El Hombre* 28:27-65.
- Zamora-Crescencio P., Castillo-Campos G. 1997. Vegetación y flora del municipio de Talnelhuayocan, Veracruz. *Textos Universitarios*. Universidad Veracruzana. Xalapa, México.
- Zotz G. 2003. How prevalent is crassulacean acid metabolism among vascular epiphytes?. *Oecologia*, 138(2):184-192.
- Zotz G., Hietz P. 2001. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. *Journal of Experimental Botany* 52(364):2067-2078.
- Mickel, J. T. and A. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. *Memoris of the New York Botanical Garden* 88:1-568.

PRODUCCIÓN Y NATURALEZA EN EL TRÁNSITO A LA SUSTENTABILIDAD: REGIÓN DE COYOPOLAN

Ana Isabel Suárez Guerrero^{523,524*}, Joaquín Jiménez Huerta⁵²⁴, Salvador Guzmán Guzmán⁵²⁴, Pascual Linares Márquez⁵²⁴, Celia Cecilia Acosta Hernández⁵²⁴ y Andrés Rivera Fernández⁵²³

Resumen

Las políticas de desarrollo nacionales han desestimado la importancia de la preservación de los ecosistemas y de sus procesos, que ha provocado un desarrollo regional desigual alejado de la sustentabilidad. En la zona serrana de Veracruz central existen comunidades que, por su inaccesibilidad territorial, han desarrollado formas de producción que han favorecido una relativa conservación de sus recursos. Es el caso de la región de Coyopolan, Ixhuacán, en donde se desarrolla una agricultura de subsistencia, complementada por la venta marginal de café, moras y quesos de cabra. Los habitantes han procurado el aumento de tamaño de sus rebaños, los cuales pastan en potreros deforestados y dentro de los remanentes de bosque mesófilo de montaña, lo que ha provocado alteraciones importantes en su superficie e integridad. Se evalúa el impacto de cabras en atributos del suelo (análisis de muestras de suelo), de la superficie arbolada (imágenes satelitales y Programa Map Maker), de cuerpos de agua y manantiales (acordes a la normatividad) y algunos atributos de la biota evaluados cualitativamente. Se desarrolló un taller participativo para diagnosticar la problemática de los criadores de cabras. Las evidencias del impacto de la ganadería caprina extensiva no son concluyentes, salvo en el caso de la disminución y calidad del arbolado, que pueden ser atribuibles a numerosos factores. Se aprecia una presión sobre el ambiente que puede agravarse si se aumenta la cantidad de cabezas, particularmente en la biota y en la calidad del agua. En el suelo no se aprecia un impacto significativo del pastoreo. Los problemas que aprecian los productores de cabras son los bajos precios de sus productos, la marginalidad de su producción y la desorganización para la comercialización. El diagnóstico realizado muestra que, a pesar de las actividades productivas, la región de Coyopolan mantiene fragmentos de bosque, a partir de los cuales se pueden proponer nuevas alternativas de manejo y conservación que contribuyan al desarrollo económico de los habitantes sin comprometer los procesos ecológicos de los ecosistemas que aún persisten en la zona estudiada.

⁵²³ Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana

⁵²⁴ Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. *asuarez@uv.mx

Palabras clave: producción extensiva de cabras, fragmentos de bosque mesófilo, impacto ambiental

Introducción

México ha experimentado una seria disminución de su patrimonio natural y cultural a consecuencia de políticas de desarrollo que no garantizan una forma de vida decorosa a largo plazo para la población al ignorar criterios ecológicos que conduzcan a la sustentabilidad. A contracorriente, se reconocen numerosos ejemplos de comunidades que transitan hacia el manejo sustentable de recursos (Carabias et al., 2010). No obstante, la situación es desigual a lo largo del país.

En Veracruz el relativo aislamiento en que se encuentran los habitantes de las zonas montañosas ha hecho difícil la incorporación de sus productos al mercado y, sin ingresos económicos suficientes, los productores agropecuarios y forestales padecen un atraso considerable en cuanto al acceso a nuevas tecnologías, lo cual ha redundado en bajos índices de productividad y bajos niveles de vida (Rodríguez Herrero y Boege Schmidt, 2011). Lo anterior, de alguna manera, ha favorecido una relativa conservación de sus ecosistemas de los cuales dependen directa o indirectamente (González-González et al., 2017).

La región de Coyopolan, representa una oportunidad poco común para el análisis y la propuesta de acciones para su tránsito a la sustentabilidad. Se trata de una región serrana que incluye varias localidades dispersas, poco pobladas, de difícil acceso, ubicadas en las faldas del Cofre de Perote. Cuenta con fragmentos de vegetación natural en varios grados de alteración, alternados con tierras dedicadas a actividades productivas agrícolas de autosubsistencia y de pastoreo de cabras para la elaboración de quesos, que comercializan en forma muy desventajosa y marginal por el reducido tamaño promedio de los hatos. Aun cuando está clasificada como de muy alta marginación (CONAPO, 2010) los pobladores hacen un uso múltiple de sus recursos naturales, lo que ha contribuido a su conservación relativa (Rodríguez-Estrella et al., 2016). Sin embargo, la presión por tener acceso al mercado y los servicios de las ciudades, particularmente empleo y educación superior, está provocando el deterioro de los recursos, de los que dependen para mantener los procesos ecosistémicos y servicios ambientales de provisión. En especial la entresaca selectiva de leña y el pastoreo en zonas poco aptas (Lasanta, 2010).

Es muy necesario el análisis de la problemática regional con el fin de mejorar su calidad de vida mediante la generación de productos de comercialización, en forma sustentable, sin menoscabar la integridad de los ecosistemas de la región (Sánchez-Ramos y Dirzo, 2014). En este trabajo se aborda la primera etapa del proyecto consistente en el diagnóstico

preliminar del impacto de la actividad caprina extensiva en varios elementos del ecosistema (vegetación arbórea y herbácea, hongos micorrizógenos, insectos y vertebrados, propiedades bióticas y abióticas de los suelos, infiltración, entre otros), así como de la calidad de algunos cuerpos de agua y el diagnóstico participativo de la problemática de la comercialización de la leche y quesos, por los propios productores.

Materiales y métodos

Elaborar un diagnóstico ambiental integral de la región de Coyopolan (municipio de Ixhuacán de los Reyes, Veracruz), como base para el diseño de acciones sustentables para la conservación y el manejo de los recursos naturales.

Área de estudio

La región de Coyopolan está enclavada en las estribaciones del Cofre de Perote, en la zona central de Veracruz, por lo que es una zona de origen volcánico reciente. Se encuentra en la parte noreste del municipio de Ixhuacán de los Reyes, Veracruz. Es una zona muy accidentada, montañosa, en cuyo paisaje se alternan fragmentos de bosque mesófilo, cultivos de subsistencia y áreas marginales de pastoreo. La altitud promedio es de 1600 msnm. El clima de la región es de tipo (A) C (fm) semicálido húmedo, con precipitación anual de 1650 mm; presenta una temperatura anual menor a 18°C, con lluvias todo el año y un porcentaje de lluvias invernal menor a 18, el mes más seco presenta una precipitación mayor a 40 mm (García, 2004). Los suelos son andosoles profundos y ricos en materia orgánica y un rendimiento agrícola muy bajo, particularmente en lomeríos degradados, casi desprovistos de vegetación y susceptibles a la erosión. Los fragmentos de bosque mesófilo de montaña han sido alterados, principalmente por la entresaca para leña y el pastoreo extensivo de cabras. Estos constituyen masas de diversidad intermedia dominadas por *Liquidambar*, *Clethra* o *Alnus*, rara vez *Quercus* spp., con helechos arborescentes y especies endémicas como *Magnolia vovidesii*, en áreas protegidas en cañadas y lechos de ríos. La población total en tres localidades de la Región (Tlalchi, Atecáxi y Coyopolan) es de 1114 habitantes, en alrededor de 222 viviendas con 5 habitantes, en promedio, distribuidas en alrededor de 30 ha.

Superficie arbolada

El área total de los fragmentos en la región fue determinada mediante imágenes satelitales y el programa Map Maker.

Impacto de la actividad caprina en el ambiente

Se eligieron seis puntos de muestreo en fragmentos de bosque y potreros aledaños en los que pasten las cabras, de altitud y pendientes similares, a partir de imágenes satelitales (Google Earth) y el empleo del Programa Map Maker. Para elegir sólo tres sitios se hizo un recorrido preliminar en campo reconociendo los sitios previamente seleccionados con ayuda de un GPS y los menos adecuados, por no contener cabras, fueron descartados.

En cada uno de los sitios, en bosque y potrero, se colectaron muestras de suelo para determinar el porcentaje de nitrógeno, carbono y materia orgánica, así como fósforo disponible, textura del suelo, densidad aparente, de acuerdo a lo establecido en la NOM-021-SEMARNAT (SEMARNAT, 2000), la velocidad de infiltración (infiltrómetro de carga constante y anillo sencillo). Se aplicó un ANOVA a cada una de las variables del suelo, para determinar el efecto del pastoreo, previa verificación de supuestos (STATISTICA 7). Se hizo una apreciación cualitativa preliminar comparando sitios dedicados a pastoreo y a bosque en la composición de plantas herbáceas, de insectos y la macrofauna del suelo, así como de porcentaje de colonización de hongos micorrizógenos y densidad de bacterias presentes en la materia orgánica. En laboratorio y herbario se hicieron las determinaciones correspondientes, las cuales se reportarán en una publicación posterior.

Calidad de los cuerpos de agua

Las técnicas empleadas fueron dirigidas a la determinación del análisis de algunos parámetros establecidos en la Norma mexicana NMX-AA-073-SCFI-2001 (SE, 2001): demanda química de Oxígeno, pH, temperatura, conductividad eléctrica, acidez y cloruros con la finalidad de contar con un diagnóstico preliminar para evaluar las condiciones del agua de las localidades estudiadas.

Taller comunitario participativo sobre pastoreo de cabras. Para el desarrollo del taller, se convocó a productores de las comunidades cercanas, con quienes se trabajó la técnica del Taller Participativo (Geilfus, 2009), el cual incluye los análisis FODA, y los métodos de problematización, priorización y construcción de croquis de la comunidad. Al final del taller se consensaron los problemas, se acordaron las acciones y actores para dar seguimiento a la problemática identificada.

Resultados y discusión

Las evidencias del impacto de la ganadería caprina extensiva no son concluyentes, salvo en el caso de la disminución y calidad del arbolado, que pueden ser atribuibles a numerosos

factores. Sin embargo, se aprecia una presión sobre el ambiente que puede agravarse si se aumenta la cantidad y tamaño de los hatos (Rodríguez-Estrella et al., 2016).

Superficie arbolada

El área de bosque por localidad es muy pequeña, ya que se ha reducido por el crecimiento urbano de la población y por la expansión del pastoreo, principalmente. Tlalchi es la localidad con mayor población y menor área de bosque, situación que ha sido reportada por Ortega et al. (2015) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie arbolada en las tres localidades estudiadas de la región Coyopolan, Ver.

Localidad	Área sin árboles (ha)	Área arbolada (ha)	Área arbolada (%)
Tlalchi	14.58	4.41	23.22
Atecáxi	8.73	6.00	40.43
Coyopolan	16.13	10.84	40.19

Impacto de la actividad caprina en el ambiente

Se detectó un aparente impacto en las propiedades del suelo entre potrero y bosque, particularmente en la materia orgánica y el nitrógeno total (De Salas, 1987), lo cual no se confirmó en la prueba estadística, por lo que se considera que no ha habido un efecto del cambio de uso del suelo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio y desviación estándar (DE) de variables edáficas por uso de suelo y significancia estadística (p). Valor crítico de $p = 0.05$.

Uso del suelo	BOSQUE		POTRERO		p
	Media	DE	Media	DE	
Textura	Migajón arcillo arenoso		Migajón arcillo arenoso		
Densidad aparente (g/ml)	0.70	0.000	0.80	0.000	Indet.
Infiltración (cm/min)	0.83	0.451	1.70	2.261	0.55
pH	4.85	0.300	4.68	1.121	0.77
Fosforo asimilable (% absorbancia)	0.02	0.003	0.02	0.001	0.90
Fosforo asimilable (ppm)	15.00	10.392	15.00	6.683	1.00
Materia orgánica (%)	4.95	1.603	2.95	0.874	0.07
Nitrógeno total (%)	2.46	0.799	1.47	0.428	0.07

En todos los casos el contenido de fósforo es muy bajo probablemente debido a los bajos pH, que impiden su disponibilidad por las plantas. Este es lavado rápidamente del suelo y se concentra más bien en la biomasa (Suárez-Guerrero y Equihua, 2008).

El impacto cualitativo del pastoreo de cabras en el ambiente se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Impacto cualitativo del pastoreo de cabras en el ambiente, respecto del bosque.

Variables	Magnitud relativa del impacto
Suelo	Ligero
Plantas herbáceas	Alto
Hongos micorrizógenos	Bajo
Bacterias en la materia orgánica	Alto
Fauna del suelo	Alto
Insectos	Alto

Calidad de cuerpos de agua

Se establecieron dos estaciones de muestreo, antes y después del 200 m Rancho Don Ponciano (Coyopolan), una por el estanque de truchas (Tlalchi) y en el nacimiento natural dentro de la comunidad del río de Tlalchi y del nacimiento natural de Coyopolan.

Los resultados dieron positivo (+) para coliformes en los ríos, pero dentro de los valores permisibles al límite; y negativo (--) en los nacimientos naturales y estanque de truchas. El diagnóstico fue puntual, por lo que se recomienda una periodicidad en la toma de muestras e incrementar las pruebas para un mejor diagnóstico de la calidad de los cuerpos de agua. Por tal motivo, se recomienda la construcción de una infraestructura que evite filtraciones de desechos orgánicos hacia las fuentes de abastecimiento, particularmente de descargas de estiércol de ganado que contribuyen a la contaminación de las fuentes.

Taller comunitario participativo sobre pastoreo de cabras

Al taller acudieron 17 productores provenientes de las comunidades de Tlalchi, Cerro Boludo, Atecaxil y Chichicazapan, todos ellos dedicados a la cría de cabras y venta de productos derivados de la leche de este ganado, en menor proporción producen maíz, frijol, durazno y capulín para autoconsumo, mora y café para la venta. El taller se dividió en dos fases, la primera estuvo enfocada a la elaboración del croquis de la localidad para identificar los sitios donde tienen sus parcelas y zonas de mejor producción y la segunda para la elaboración del análisis de problemas y su priorización. Los resultados de esta última fase se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de la problemática en torno al sistema-producto queso de cabra.

Principales problemas	Forma de solucionarlo	Dificultad	Nivel
Mala calidad del pasto Gastos extra en alimento	Encontrar semillas de mejor calidad	Localización de fuentes de apoyo	Urgente
Carencia de apoyos para sembrar alfalfa	Asesoría técnica Siembra de zarza	Bajo rendimiento de la zarza	Importante
Carencia de desparasitantes y medicamentos para cabras	Tratamiento médico para las cabras 3 veces al año	Costo del tratamiento	Importante
Manejo de la galera	Obtener apoyos	Localización de las fuentes de apoyo	Urgente
Mala raza de las cabras	Conseguir cabras de buena raza	Sin comentarios	Importante
Falta de buenos mercados	Tener precios fijos y unificados para el producto Encontrar buenos y accesibles mercados	Dificultad para organizarse para la comercialización Los buenos mercados están lejos	Urgente
Plagas en los cultivos	Encontrar recurso para fumigar los sembradíos		Importante
Plagas (tuzas)	No practicar el monocultivo		Importante

Por otro lado, es importante que entre los productores compartan experiencias en torno al manejo del hato y la alimentación, que les permita acceder a recursos gubernamentales u otras fuentes de financiamiento externas para la mejora del proceso como lo sugiere Lasanta (2010). Se identificó, asimismo, la posibilidad de la diversificación de los productos derivados de la leche que se constituyan en fuentes alternas de ingreso familiar.

El análisis de la problemática sugiere que los productores enfrentan algunas dificultades a lo largo del sistema-producto, comenzando con el manejo del hato caprino (razas, alimentación, cuidados veterinarios); asimismo durante el proceso de producción (calidad de la leche y manufactura del queso) pero, sobre todo, existe una mala organización entre los productores para la comercialización del producto, ya que cada uno de ellos lo hace por su cuenta, lo que incrementa los costos de comercialización a pesar de que el precio para este tipo de producto en el mercado es de los más bajos. En ese sentido, se sugiere que los productores se organicen en una unidad productora, que mejore la calidad del producto, tanto en sus especificaciones, como en el empaquetado y presentación y sea llevada a los puntos de comercialización en un sólo recorrido.

Conclusiones

1. Se encontró evidencia cualitativa del impacto de cabras principalmente en las variables de la biota, cuya composición cambia drásticamente cuando se establecen los potreros, no así de la mayoría de los atributos del suelo analizados cuantitativamente, los cuales muestran poco deterioro que puede agravarse si se extiende en mayor medida la actividad caprina en zonas de bosque y/o si se aumenta el tamaño de los hatos.
2. A pesar de que los análisis de los cuerpos de agua son preliminares, los resultados señalan un impacto por la presencia del ganado que toma agua directamente en dichas fuentes, por lo que es importante la construcción de infraestructura que evite las descargas de desechos orgánicos del ganado.
3. Los precios del producto derivado de la leche de cabra son muy bajos en el mercado local, por lo que una mejora en la calidad tanto del producto, como de la presentación del mismo contribuirán en un mejor ingreso del productor.
4. La organización entre productores es de vital importancia para mejorar el sistema de distribución comercial de la producción caprina, particularmente en aquellos productos que son canalizados al mercado local y regional, ya que son la principal fuente de ingresos de las localizadas estudiadas.
5. En general, el diagnóstico realizado señala que a pesar de las actividades productivas, la región de Coyopolan mantiene fragmentos de bosque, a partir de los cuales se pueden proponer nuevas alternativas de manejo y conservación que contribuyan al desarrollo económico de la región sin comprometer los procesos ecológicos de los ecosistemas que aún persisten en la zona estudiada.

Literatura citada

Carabias, J., J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (coords.). 2010. Patrimonio Natural de México cien casos de éxito. CONABIO. México, D. F. 240 p.

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. Índice de marginación por localidad 2010. http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010

De Salas, G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales. IICA. Costa Rica. 447 p.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª ed. Inst. de Geografía. UNAM. Serie Libros. 6. 90 p.

Geilfus, F. 2009. 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, Planificación Monitoreo y Evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José de Costa Rica. 209 p.

González-González, C., C. Alonso-Fernández, E. Van-Cawelaert, M. Betancourt, A. Escanga-Castillo y M. Benítez. 2017. Modos de producción agrícolas y conservación de la biodiversidad en México. *Biodiversitas* 132:1-6.

Lasanta, T. 2010. Pastoreo en áreas de montaña: Estrategias e impactos en el territorio. *Estudios Geográficos LXXI* (268):203-233.

Ortega-Hernández F. J., A. I. Suárez-Guerrero, C. C. Acosta-Hernández y A. Rivera-Fernández. 2015. Conservación de la biodiversidad en bosques alterados y reforestados. P. 91-104. In: Del Ángel-Pérez, A. L. (comp.). *El Agro Veracruzano 2015*. Academia Veracruzana de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales, Acuícolas y Pesqueras, A.C. Boca del Río, Veracruz.

Rodríguez-Estrella, R., J. Benítez-Malvido, E. Del Val de Gortari, y G. Santos-Barrera. 2016. Impacto de las actividades humanas en la biodiversidad y en los ecosistemas. p. 57-191. In: Balvanera, P., E. Arias-González, R. Rodríguez-Estrella, L. Almeida-Leñero y J. J. Schmitter-Soto. *Ecosistemas de Mexico: una mirada a su conocimiento*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Rodríguez Herrero, H. y E. Boege Schmidt. 2011. Contexto socioeconómico, Una visión socioeconómica al comenzar el siglo XXI. p. 99-126. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.

Sánchez-Ramos, G. y R. Dirzo. 2014. El bosque mesófilo de montaña: un ecosistema prioritario amenazado. p. 109-140. In: Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). *Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). NOM-021-SEMARNAT 2000. Norma oficial mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo, estudio, muestreo y análisis. *Diario oficial* 31 diciembre de 2002.

Suárez-Guerrero, A. I. y M. Equihua. 2008. Rehabilitación de algunas propiedades químicas de los suelos y del bosque de niebla en Veracruz, México, con ensambles experimentales de leñosas nativas y *Casuarina equisetifolia* L. *Amoen. Interciencia* 34(7):471-478.

SE (Secretaría de Economía). 2001. NMX-AA-073-SCFI-2001, Análisis de agua-
Determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-
Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el
13 de agosto de 2001.

METALES PESADOS EN CENIZAS EMITIDAS POR EL PROCESO AGROINDUSTRIAL DEL INGENIO LA GLORIA, VERACRUZ

Guisel Aleyda Castro Gerardo⁵²⁵, Cesáreo Landeros Sánchez^{525*}, Juan Pablo Martínez Dávila⁵²⁵,
Gustavo López Romero⁵²⁵, Eugenio Carrillo Ávila⁵²⁶ y Arturo García Saldaña⁵²⁵

Resumen

La quema de caña de azúcar y el proceso agroindustrial son las principales fuentes de contaminación hacia el medio ambiente en los agroecosistemas cañeros. Lo anterior se debe a la emisión de un alto volumen de cenizas que contienen, entre otros elementos, metales pesados como Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn). El objetivo del presente estudio fue determinar las concentraciones de los metales pesados Cd, Cu, Pb y Zn, presentes en el material particulado emitido por el ingenio La Gloria y la quema de caña de azúcar en los agroecosistemas regionales. La investigación se realizó en la localidad de La Gloria, Veracruz en donde se localiza el ingenio La Gloria. Se establecieron dos zonas de estudio: la zona A, de los 50 a los 400 m de distancia del punto de emisión de cenizas del ingenio y la zona B, de los 401 a los 900 m. En éstas se ubicaron, de manera aleatoria, 51 sitios de recolección de muestras de cenizas, 18 en la zona A y 33 en la zona B. Se encontró, mediante un análisis de medias, que la concentración de Cd, Cu, Pb y Zn fueron mayores en la zona A que en la zona B, ($100.6179 > 66.3614 \mu\text{g g}^{-1}$; $92.2825 > 47.2526 \mu\text{g g}^{-1}$; $876.8559 > 701.3888 \mu\text{g g}^{-1}$ y $28.5941 > 26.8798 \mu\text{g g}^{-1}$). En relación con la distancia, desde el punto de emisión hasta ambas zonas, no se observó diferencia estadística significativa entre estas zonas.

Palabras clave: contaminación del aire, cenizas, material particulado, metales pesados

⁵²⁵ Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas, entre Puente Julia y Paso San Juan, Tepetates, Veracruz, México. C.P. 91669. *autor para correspondencia: clandero@colpos.mx

⁵²⁶ Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Km 17.5 Carretera Haltunchén-Edzná Sihochac, municipio de Champotón, Campeche, México. C.P. 24450.

Introducción

La actividad agrícola se encuentra inmersa en la problemática ambiental debido a procesos de transformación de la materia prima. Actualmente es difícil encontrar una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga la emisión de metales pesados durante el proceso de transformación (Mayorquín, 2011). En el caso particular de la caña de azúcar, los ingenios azucareros son los principales emisores de una gran cantidad de cenizas y material particulado que contiene concentraciones de metales pesados como Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn). Finalmente, estos metales pesados son emitidos hacia la atmósfera por medio de las corrientes de aire en las áreas expuestas como casas habitación, bienes materiales, los agroecosistemas y, enfáticamente, a la salud humana. Asimismo, las áreas cercanas se vuelven muy vulnerables ante este tipo de contaminación y, por consiguiente, los efectos negativos que ocasiona sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad pueden resultar peligrosos para la salud ambiental y humana (Méndez et al., 2009).

Esto conlleva severos problemas de contaminación y efectos adversos a la salud del medio ambiente como resultado del aumento del volumen de material particulado industrial y agrícola producidos por la actividad cañera (Basanta et al., 2007).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar las concentraciones de los metales pesados Cd, Cu, Pb y Zn, presentes en el material particulado emitido por el ingenio La Gloria y la quema de caña de azúcar en los agroecosistemas regionales.

Materiales y métodos

Selección del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo del mes de diciembre de 2015 al mes de abril de 2016 en un área habitacional de la comunidad de La Gloria, Veracruz; cercana al ingenio La Gloria. Se localiza geográficamente entre los 19° 23' a 19° 29' LN. y los 96° 21' a 96° 31' LO; en la planicie costera central del estado de Veracruz, México, en donde se registran velocidades de vientos promedio de 43 km h⁻¹.

Recolección de muestras de material particulado

Se seleccionaron dos zonas de estudio para la recolección de las muestras de material particulado. Una fue identificada como zona A, la más cercana al ingenio, y otra como zona B, con 18 y 33 sitios de muestreo respectivamente.

En los 51 sitios de muestreo se instalaron bandejas de plástico, de aspecto redondo de 35 cm de diámetro y 12 cm de altura, para la recolección de muestras de material particulado (cenizas). Las muestras se tamizaron con malla No. 60 de 250 μm para la eliminación del material no deseable. El peso de cada una de las muestras fue de 50 g, las cuales se empaquetaron en bolsas ziploc de 16.5 x 14.9 cm, previamente etiquetadas. Las bolsas con muestras se conservaron en desecadores cerrados para evitar la absorción de humedad del medio; éstas permanecieron en ellos hasta el momento de su análisis en el laboratorio.

Análisis químico de las muestras de material particulado

Con las muestras de material particulado, se realizó un análisis químico de mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica en el Laboratorio del Instituto Tecnológico de Boca del Río.

La preparación del material empleado en el laboratorio se realizó bajo las normas NOM-117-SSA1-1994 y NOM-242-SSA1-2009, en las que se describe el método de prueba para la determinación de Cd, Pb, Cu, y Zn en alimentos, agua potable, agua purificada y sustratos específicos por espectrometría de absorción atómica.

La limpieza del material de teflón para realizar la digestión y la cristalería de vidrio se efectuó con jabón neutro, libre de fosfato al 10 % por litro de agua destilada. Después de enjabonar el material y enjuagarlo con agua corriente, se sumergió en solución de agua destilada con ácido nítrico (HNO_3) al 20% (por cada litro). El material, como vasos de teflón, permanecieron entre 1 y 2 horas en esta solución, mientras la cristalería permaneció 24 horas. Una vez que se concluyó el proceso de remoción de cualquier residuo de metales en la solución de HNO_3 , el material se sumergió, en agua Tipo II o bidestilada; allí permanecieron la cristalería y los vasos de teflón hasta 24 horas, para asegurar la remoción completa del ácido. Finalmente, el material se retiró del agua tipo II y se escurrió, sobre el material absorbente. El material limpio y seco se colocó, adecuadamente, en bolsas de cierre hermético (ziploc) o recipientes con tapa, debidamente etiquetados.

Posterior a lo anterior, se pesaron 0.5 g de muestra de material particulado. Cada muestra se depositó en un vaso de teflón tipo HP-500, a las cuales se les adicionaron 10 ml de HNO_3 grado reactivo al 70 % o suprapuro. Previamente, se colocó una membrana de seguridad dentro de cada válvula o tapón azul. La válvula se colocó en la tapa del vaso y se ajustó suavemente hasta el fondo. La preparación de la muestra consistió en adicionar a 0.5 g de material particulado, 10 ml de HNO_3 grado reactivo al 70% (suprapuro). Todas las muestras fueron analizadas con una muestra en blanco, que contenía 0.5 ml de agua bidestilada y 10 ml de HNO_3 de las mismas características; y un control de referencia. Posteriormente se colocaron en el horno de microondas Marca CEM modelo MARS X. La programación del

proceso de digestión fue el Método Soil-3051 HP500 (Cuadro 1). La potencia se ajustó con base en el número de vasos utilizados: 1-3 (300 w), 4-6 (600 w) y 6-12 (1200 w).

Cuadro 1. Programación del Horno de Microondas: método Soil-3051 HP 500 para residuos sólidos.

Etapa	Potencia máxima (W)	%	Rampa (min)	Presión (psi)	Temperatura (°C)	Mantenimiento (min)
1	1200	100	02:00	300	165	00:00
2	1200	100	10:00	300	175	05:00

Una vez concluida la digestión, los vasos de teflón se extrajeron del horno y después éstos se colocaron en la campana de extracción para vapores tóxicos, empleándose las medidas de seguridad requeridas, tales como el uso de gafas, mascarilla y guantes, a fin de facilitar el manejo de las muestras. Se abrió con cuidado la válvula de los vasos para que la presión descendiera gradualmente. Posteriormente, se abrieron cuidadosamente los vasos para evitar que el cambio de presiones expulsara la muestra al exterior del mismo.

Las muestras obtenidas se filtraron usando una botella Nalgene con un filtro millipore de 0.45 μm y una bomba de vacío. El filtrado se vertió a un matraz volumétrico de 25 mL y aforado con agua Tipo II o bidestilada. Los matraces aforados se agitaron para homogeneizar la muestra y después se vertieron a un recipiente ámbar de vidrio o plástico, previamente etiquetado. Finalmente, se colocó parafilm en la boca de los frascos ámbar y se depositaron en bolsas herméticas (ziploc) para su refrigeración a 4°C aproximadamente, hasta el momento de su lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Matraces aforados con la solución final para el análisis por espectrofotometría de absorción atómica (EAA).

Este es el método más utilizado para la determinación de cada uno de los metales pesados (Blanco et al., 1998). La Espectrofotometría de Absorción Atómica se caracteriza por ser automatizado, simple y cuya precisión y exactitud son similares o superiores al procedimiento conocido y recomendado, como lo es la cámara de Delves.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, por medio de la espectrofotometría de absorción atómica, para las muestras analizadas del material particulado de las zonas A y B mencionadas previamente.

Cuadro 2. Medias de las concentraciones de los metales pesados analizados en ambas zonas de estudio.

METALES PESADOS	ZONA A ($\mu\text{g g}^{-1}$)	ZONA B ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Cadmio	100.6179	66.3614
Cobre	92.2825	47.2506
Plomo	876.8579	701.3888
Zinc	28.5941	26.8798

Concentración de metales pesados en el material particulado

Cadmio (Cd). Se encontró que las concentraciones de Cd, en las muestras analizadas, variaron en un rango de 0.451 a 432.81 $\mu\text{g g}^{-1}$ para ambas zonas de recolección. En la zona A se registraron mayores concentraciones de Cd (100.61 $\mu\text{g g}^{-1}$) que en la zona B (66.36 $\mu\text{g g}^{-1}$); las cuales superaron el límite máximo permisible por la Norma Oficial Mexicana (NOM-147- SEMARNAT/SSA1-2014) que es 39 $\mu\text{g g}^{-1}$. Aunado a lo anterior, Reyes et al. (2016) mencionaron que el Cd, con valores de concentración superiores a 50 $\mu\text{g g}^{-1}$ en las actividades industriales, representa un riesgo para la salud pública si éste es inhalado por personas laboralmente expuestas a tales concentraciones.

De acuerdo con una revisión de literatura, dichas concentraciones de metales pesados identificadas pueden llegar a afectar no tan solo la salud humana de los habitantes cercanos a las zonas de estudio; sino que pueden contaminar los cuerpos de agua cercanos al ingenio y a los agroecosistemas que realizan la quema de los cañales. Estas actividades agroindustriales puede llegar a superar la concentración de Cd de 6 $\mu\text{g g}^{-1}$ que establece la Norma Sanitaria establecida por la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) para moluscos bivalvos, los cuales sirven como bioindicadores e indicadores del límite permisible de consumo humano y, además, se estima que el consumo de los organismos contenidos en dichos cuerpos de agua representan un riesgo para la salud humana como lo indicaron Landeros-Sánchez et al. (2010).

Cobre (Cu). El rango de concentración de este metal fue de 0.034 a 356.91 $\mu\text{g g}^{-1}$. Los puntos de muestreo más cercanos a la fuente de emisión presentaron las mayores concentraciones de este metal.

Asimismo, se observó que los niveles de concentración medios encontrados, son inferiores a los establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 de Protección ambiental (Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final), la cual establece como límite máximo permisible la cantidad de 1 500 $\mu\text{g g}^{-1}$ en concentración en sedimentos superficiales urbanos.

Plomo (Pb). En cuanto al Pb, éste presentó un incremento gradual en su concentración, en un rango de valores de 101.45 a 1892.1 $\mu\text{g g}^{-1}$, durante el periodo de zafra en la comunidad de La Gloria.

Por su parte, la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) estableció en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2014 un límite máximo permisible de 600 $\mu\text{g g}^{-1}$ para la concentración de Pb en zonas industriales. En relación con los resultados obtenidos en la zona habitacional aledaña al ingenio La Gloria, se observó que los niveles de concentración son mayores a los niveles establecidos por esta norma. Por lo anterior, se hace evidente que el medio ambiente está siendo afectado por las concentraciones de Pb presentes en el material particulado emitido por este ingenio y la quema de la caña de azúcar.

Zinc (Zn). Este elemento presentó las menores concentraciones en comparación con los otros metales pesados que se determinaron en la zona de estudio. Dichas concentraciones se encontraron en el rango de 6.83 a 56.39 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Aun cuando las concentraciones de Zn observadas en este estudio fueron menores a los establecidos por la norma, en comparación con aquellas encontradas para Cd, Cu y Pb, esto no indica que no exista un riesgo para los agroecosistemas.

Ante estos resultados es pertinente resaltar que existe una amplia investigación sobre el riesgo de los metales pesados en la salud y el ambiente (Spain et al., 2003), el riesgo de contaminación por metales pesados en el agua (Yang et al. 1996; Ramos et al. 1999; Topalián et al. 1999; Santos et al. 2002; Taboada-Castro et al. 2002; Lee y Moon 2003, Montes-Botella y Tenorio 2003; Smolders et al. 2003; Lucho et al. 2005; Mapanda et al. 2005, Tahri et al. 2005; Malla et al. 2007; Prieto et al. 2007); en la acumulación de metales pesados en los suelos, agrícolas (Fytianos et al. 2001; Ho y Egashira 2001; Moor et al. 2001; Ramos-Bello et al. 2001; Lin 2002; Moral et al. 2002; Davor 2003) y en el riesgo potencial para la salud humana debido a la acumulación de metales pesados en las plantas (Zhou et al. 2000,

Long et al. 2003; Wang et al. 2003; Qi-Tang et al. 2004; Ismail et al. 2005). Los resultados antes descritos se pueden observar en la Figura 2.

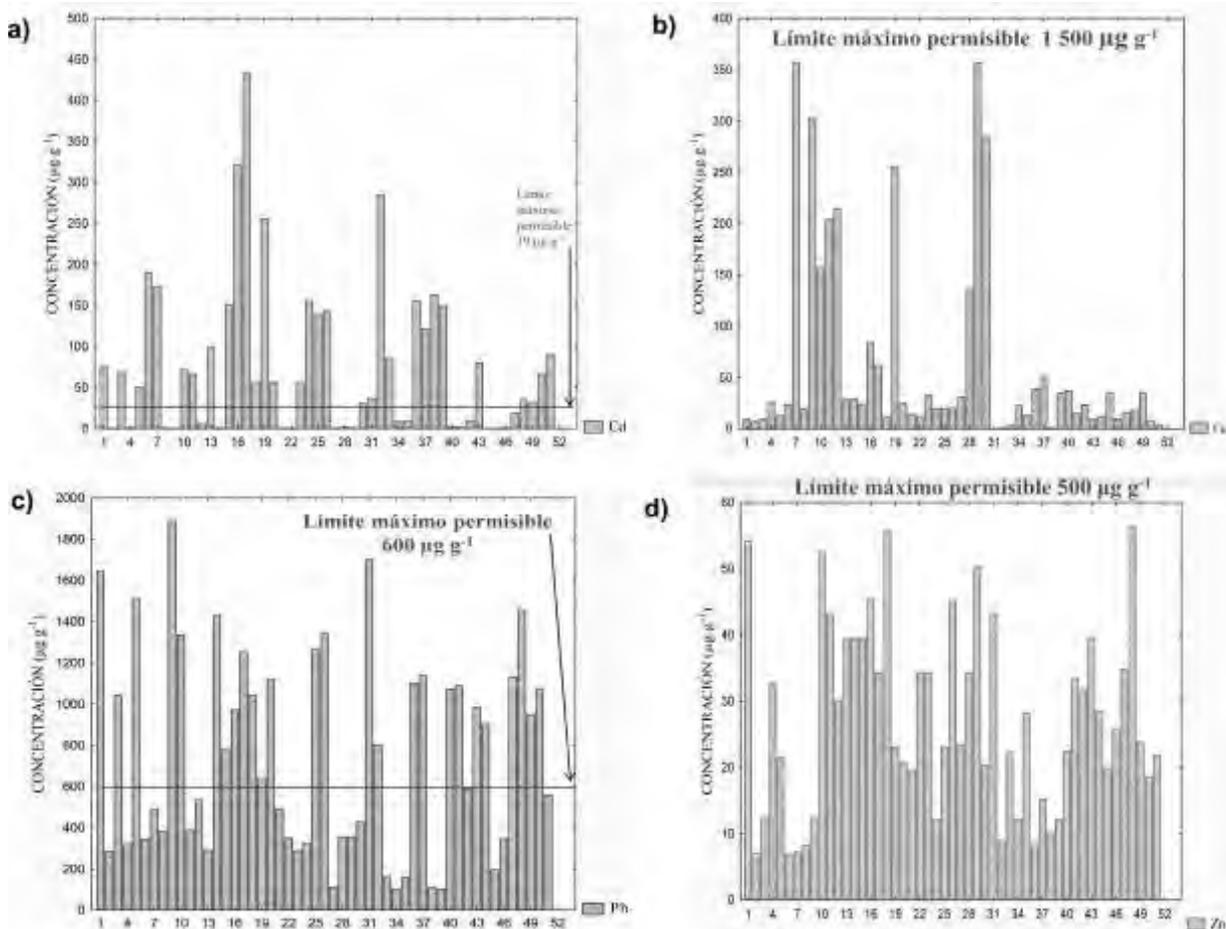


Figura 2. Concentración y límites máximos permisibles de metales pesados. a) Cd, b) Cu, c) Pb y d) Zn.

Análisis de varianza en Cd, Cu, Pb y Zn

Los valores de concentración de Cd, Cu, Pb y Zn encontrados en las muestras de material particulado (Figura 3), recolectadas en las zonas de muestro A y B del área de estudio, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre zonas ($p > 0.05$).

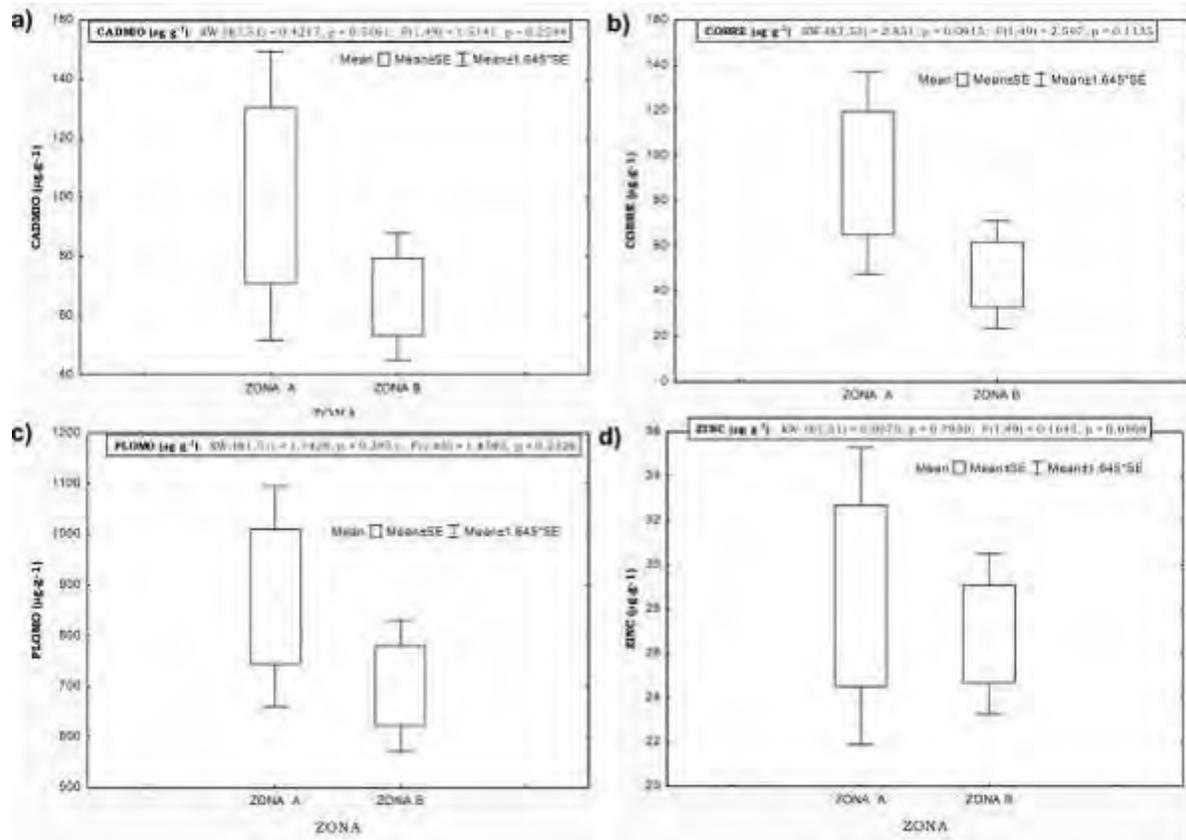


Figura 3. Análisis estadístico de comparación de medias de concentración entre las zonas A y B para los metales pesados a) Cd, b) Cu, c) Pb y d) Zn.

Conclusiones

1. En particular cada uno de los metales presentó diferentes concentraciones. El Cd y Cu rebasaron los niveles máximos permisibles establecidos por la norma NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2014, en cuanto a concentraciones de metales pesados en zonas industriales.
2. En el caso de Cu y Zn presentaron concentraciones bajas. Sin embargo, su mínima presencia no los hace menos peligrosos para los agroecosistemas regionales.
3. El material particulado emitido por el ingenio La Gloria presenta concentraciones elevadas de los metales pesados estudiados, los cuales afectan, como se mencionó en párrafos anteriores, la flora, fauna y agua de los agroecosistemas de la región, debido a que en las plantas presenta modificaciones en la apertura estomática, fotosíntesis y transpiración e inhibe la síntesis de clorofila, también, degrada los suelos y cambia su alcalinidad.

Literatura citada

- Basanta R., Delgado, M., Martínez, J., Vázquez, H., y G. Vázquez. 2007. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión Sustainable recycling of waste from sugarcane agroindustry: A Review. *Cyta-Journal of Food* 5(4):293-305.
- Davor R. 2003. Heavy metals distribution in agricultural top soils in urban area. *Environ. Geol.* 43:795-805.
- Fytianos K., Katsianis G., Triantafyllou P. y Zachariadis G. 2001. Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. *Bull. Env. Contam. Toxicol.* 67:423.
- Ho T.L. y Egashira K. 2001. Solid-solution ratio on extraction of heavy metals by dilute acids from agricultural soils and river-sediments in Hanoi, Vietnam. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 32:643-660.
- Ismail I. B.S., Farihah K. y Khairiah J. 2005. Bioaccumulation of heavy metals in vegetables from selected agricultural areas. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 74:320-327.
- Landeros-Sánchez, C., Lango-Reynoso, F and M. D. R. Castañeda-Chávez. 2010. Bioaccumulation of Cadmium (Cd), Lead (Pb) and Arsenic (As) in *Crassostrea virginica*, from Tamiahua Lagoon system, Veracruz, Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(3):201-210.
- Lee S. y Moon H.S. 2003. Heavy metals in the bed and suspended sediments of Anyang River, Korea: implications for water quality. *Environ. Geochem. Healt.* 25:433-452.
- Lin Y.P. 2002. Multivariate geostatistical methods to identify and map spatial variations of soil heavy metals. *Environ. Geol.* 42:1-10.
- Long X.X., Yang X.E., Ni W.Z., Ye Z.Q., He Z.L., Calvert D.V. y Stoffella J.P. 2003. Assessing zinc thresholds for phytotoxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 34:1421-1434.
- Lucho C.A., Prieto F., Del Razo L.M., Rodríguez R. y Poggi H. 2005. Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agric. Ecosyst. Environ.* 108:57-71.
- Malla R., Tanaka Y. y Mori K.L. 2007. Shortterm effect of sewage irrigation on chemical build up in soils and vegetables. *The Agricultural Engineering International: The CIGR Journal.* Manuscript LW 07 006 Vol. IX.

Mapanda F., Mangwayana E.N., Nyamangara J. y Giller K.E. 2005. The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agric. Ecosyst. Environ.* 107:151-165.

Mayorquín, C. M. 2011. Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (Las Cruces) en Nayarit, México. Tesis. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, D. R., and García, F. P. 2009. Plant Contamination and Phytotoxicity due to heavy metals from soil and water. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(1):29-44. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf> [Consultado 15de enero de 2017].

Montes-Botella C. y Tenorio M. D. 2003. Water characterization and seasonal heavy metal distribution in the Odiel River (Huelva, Spain) by means of principal component analysis. *Environ. Contam. Toxicol.* 45:436.

Moor C., Lymberopoulou T. y Dietrich V.J. 2001. Determination of heavy metals in soils, sediments and geological materials by ICP-AES and ICP-MS. *Microchim. Acta.* 136, 123-128.

Moral R., Gilkes R.J. y Moreno-Caselles J. 2002. A comparison of extractants for heavy metals in contaminated soils from Spain. *Commun. Soil Sci. Plant An.* 33:2781-2791.

Norma Oficial Mexicana. NOM-117-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

Norma Oficial Mexicana. NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. DOF: 15/08/2003

Norma Oficial Mexicana. NOM-147- SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.

Norma Oficial Mexicana. NOM-242-SSA1-2009 Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba.

- Prieto F., Lucho C.A., Poggi H., Acevedo O. y Barrado E. 2007. Caracterización fisicoquímica y extracción secuencial de metales y elementos trazas en suelos de la región Actopan-Ixmiquilpan del Distrito de Riego 03, Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Ciencia Ergo Sum* 14:69-80.
- Qi-Tang W.Z., Meng X.Q., Gerard E. y Morel J.L. 2004. Characterization of cadmium desorption in soils and its relationship to plant uptake and cadmium leaching. *Plant S.* 258:217-226.
- Ramos L., Fernández M.A., González M.J. y Hernández L.M. 1999. Heavy metal pollution in water, sediments and earthworms from the Ebro River, Spain. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63:305-311.
- Ramos-Bello R., Cajuste L.J., Flores-Román, D. y GarcíaCalderón N.E. 2001. Heavy metals, salts and sodium in Chinampa soils in Mexico. *Agrociencia* 35:385-395.
- Reyes, y C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., y E. E. González. 2016. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2):66-77.
- Santos A., Alonso E., Callejón M. y Jiménez J.C. 2002. Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu Metals in groundwater of the Guadamar River Basin. *W. Air S. Pollut.* 134:273-283.
- Smolders A.J., Lock R.A., Van der Velde G., Medina R.I. y Roelofs J.G. 2003. Effects of mining activities on heavy metal concentrations in water, sediment, and macroinvertebrates, in different reaches of the Pilcomayo River, South America. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 44:314-323.
- Spain A. 2003. Implications of microbial heavy metals tolerance in the environment. *Reviews in Undergraduate Research* 2:1-6.
- Taboada-Castro M.M., Diéguez-Villar A. y TaboadaCastro M.T. 2002. Effect of soil use and agricultural practices on heavy metal levels in surface waters. *Com. Soil Sci. Plant Anal.* 33:2833-2849.
- Tahri M., Benyaïch F. y Bounakhla M. 2005. Multivariate analysis of heavy metal contents in soils, sediments and water in the region of Meknes (central Morocco). *Environ. Monit. Assess.* 102:405-417.
- Topalián M.L., Castañé P.M., Rovedatti M.G. y Salibián A. 1999. Principal component analysis of dissolved heavy metals in water of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina). *Bull. Environ. Cont. Toxicol.* 63:484.

Wang Q.R., Cui Y.S., Liu X.M., Dong Y. T. y Christie P. 2003. Soil contamination and plant uptake of heavy metals polluted sites in China. *J. Environ. Geochem. H.* 38:823-838.

Yang W., Yang L. y Zheng J. 1996. Effect of metal pollution on the water quality in Taihu Lake. *Geo J.* 40: 197-200.

Zhou Z.Y., Fan Y. P. y Wang M.J. 2000. Heavy metal contamination in vegetables and their control in China. *Environ. Cont. Toxicol.* 16: 2, 239.

Rhizoglosum intraradices y Bacillus subtilis COMO BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO SEMIHIDROPÓNICO DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*) BAJO CUBIERTA PLÁSTICA

Genoveva Yarely González Morales⁵²⁷, Beatriz Rosas Sánchez⁵²⁷, Ramón Zulueta Rodríguez^{528*}, Luis Guillermo Hernández Montiel⁵²⁹ y Liliana Lara Capistrán⁵²⁸

Resumen

El cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum*; tipo Saladette) es la principal hortaliza de exportación del país, pero su producción es económica y ecológicamente alto debido, a la aplicación excesiva de agroquímicos y daños que estos ocasionan en el ambiente. Así, para minimizar el impacto negativo en nuestros ecosistemas naturales microorganismos como hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y *Bacillus subtilis* se vuelven una alternativa viable de uso. Por esta razón, el objetivo planteado en esta investigación fue evaluar el crecimiento, desarrollo y producción de los híbridos de jitomate “Caporal” y “SV8579TE” inoculados con *Rhizoglosum intraradices* y *B. subtilis* en un sistema semihidropónico bajo cubierta plástica. En este bioensayo se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: 1) Testigo, solo fertilizado, 2) HMA, 3) *B. subtilis*, 4) *B. subtilis*+HMA) y 30 repeticiones, con 240 unidades experimentales donde se evaluó altura de la planta y diámetro del tallo, número de racimos y frutos, índice verde, unidades formadoras de colonias, porcentaje de colonización micorrízica y producción total. El ANOVA” arrojó diferencias significativas en las variables altura, diámetro, número de racimos y frutos en el híbrido “Caporal, siendo *B. subtilis* el mejor tratamiento con incrementos de 11.8%, 14%, 15.4% y 14.8% respecto a las plántulas-testigo. Para índice verde la inoculación con HMA fue mejor (> 96%) respecto a las plántulas-testigo, mientras que en la producción total destacó la inoculación dual (*B. subtilis*+HMA, >9%). En las variables altura, número de racimos, de frutos y producción total las plántulas del híbrido “SV8579TE” que desplegaron resultados más favorables fueron las inoculadas con *B. subtilis*+HMA, con incrementos de 21.9%, 27%, 145% y 104% respecto a las plántulas-

⁵²⁷ Estudiante de la Optativa IV: Agricultura Protegida, Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA), Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090, Xalapa, Veracruz, México.

⁵²⁸ Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090, Xalapa, Veracruz, México. *rzulueta@uv.mx.

⁵²⁹ Investigador del Programa de Agricultura en Zonas Áridas del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo 195, Col. Playa de Santa Rita, C.P. 23090, La Paz, BCS, México.

testigo, mientras que para la variable diámetro el mejor tratamiento fue donde se dispuso solo de *B. subtilis*, con incrementos de 15% respecto a las plántulas-testigo. Por último, para índice verde, las plántulas del tratamiento inoculado solo con HMA mostraron incrementos de 184.5% respecto a las testigos. Se concluye que la interacción de estos microorganismos con la especie hortícola en estudio mejora su crecimiento, desarrollo y producción.

Palabras clave: hortaliza, híbrido “Caporal”, híbrido “SV8579TE”, inoculación dual, hongos micorrízicos arbusculares

Introducción

En el ámbito económico al jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se le considera un cultivo de importancia nacional e internacional, en países como China superó los 51 millones de toneladas de producción en 2014, seguido de la India, Estados Unidos y Turquía que superaron los 10 millones de toneladas, y México ocupó el décimo lugar con 3,536 305 toneladas (FAOSTAT, 2017).

Para alcanzar tal producción, en México se alistan 51,861.10 ha, de las cuales solo 4,593.03 ha se siembran bajo agricultura protegida. En el estado de Veracruz 1,417.50 ha están destinadas para el laboreo de esta solanácea, de las cuales 421 ha son producidas bajo agricultura protegida (SIAP, 2017).

En la actualidad, el mantenimiento de estos agrosistemas y la obtención de biomasa con valor agrícola se dificultan debido a los problemas fitosanitarios que enfrenta a campo abierto. Entre las plagas que inciden y ocasionan daños considerables al cultivo se encuentran los pulgones saltadores, mosquitas blancas, trips, pulgones, arañas rojas, ácaros del bronceado, gusanos soldado, de los frutos y alfiler, minadores de las hojas y nematodos agalladores; y entre las enfermedades se han constatado complicaciones ocasionadas por damping off, pudrición radicular o marchitez, marchitez por *Verticillium*, moho gris, tizón temprano y tardío, cenicilla polvorienta, moho blanco y de las hojas, permanente de la hoja, cáncer bacteriano del tomate, peca y mancha bacteriana y virosis (CESAVEG/SAGARPA/SDA, s.f.), entre otras.

Y son justamente los efectos adversos o indeseables los que incrementan los costos de producción, debido al uso de numerosos productos químicos y dosis innecesarias que sin racionalidad se disponen para su control (Sañudo, 2013). Su desmedida y cotidiana aplicación no sólo han eliminado a enemigos naturales que mantenían un equilibrio tolerable entre los insectos-patógenos y el cultivo de jitomate (Ruiz et al., 2011) sino también promovido el desarrollo de resistencia y habilidades de supervivencia para tolerar dosis altas

de los ingredientes activos contenidos los plaguicidas sintéticos (y sus combinaciones) que se empleen para rescatar la inversión erogada en cada ciclo de cultivo (Matson et al., 1997; Badii y Garza, 2007).

Por tal motivo, y ante la necesidad de mejorar las técnicas de siembra, nutrición y protección fitosanitaria del jitomate, que faculten al productor el acceso a mercados de consumo local, estatal, nacional o internacional donde exijan calidad e inocuidad, el manejo integrado de plagas (MIP) se convierte en una herramienta eficaz para minimizar mermas en regiones jitomateras del país mediante la implementación de distintas estrategias de control, entre los que destacan el biorracional CESAVEG/SAGARPA/SDA, s.f.), el cultural, el químico, el físico y el biológico (CESAVEG/SAGARPA/SDA, s.f.; Anónimo, 2006⁵³⁰).

En relación a este último, el uso de microorganismos benéficos se convierte en un componente vital de los sistemas sostenibles de producción pues, al catalogarse como biofertilizante, resultan ser un medio atractivo, aceptable y eficaz para reducir la aplicación de insumos externos y optimar la cantidad y calidad de la biomasa residual agrícola (Mejía, 1995; Terry et al., 2005; Budí, 2016).

Entre los beneficios que se reportan en la literatura especializada al incorporar hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la agricultura, se matizan el crecimiento más saludable de plantas de importancia agrícola, hortícola y forestal, la tolerancia a metales tóxicos, patógenos de la raíz, sequía, altas temperaturas, salinidad, pH desfavorable del suelo y al estrés originado por plántulas no micorrizadas al trasplante (Bagyaraj y Stürner, 2011).

En cuanto a *Bacillus subtilis* se refiere, se le describe como una bacteria promotora de crecimiento vegetal (BPCV⁵³¹) que mejora la absorción de agua y nutrimentos (Karakurt y Aslantas, 2010) y minimiza cuantiosas pérdidas en las cosechas. et al., 2011), ha demandado tecnologías para la producción, formulación y aplicación de agentes de control biológico de fitopatógenos (Ibarra et al., 2006, Rodríguez-del Bosque, 2007).

Luego entonces, si la tecnología agrícola y la biotecnología se combinan para la conformación de un sistema eficaz de producción, pueden llegarse a obtener rendimientos superiores y deseables, en comparación con un sistema de producción tradicional. Por tal motivo, el objetivo perseguido en el presente bioensayo fue evaluar el crecimiento, desarrollo y producción de dos híbridos de jitomate “Caporal” y “SV8579TE” inoculados con *Rhizoglosum intraradices* y *B. subtilis*, en un sistema semihidropónico bajo cubierta plástica.

⁵³⁰ En dicho tenor, incluye el control mecánico.

⁵³¹ La rizósfera es su hábitat ecológico, y ambiente donde ocurre la absorción de nutrimentos y colonización de las raíces de las plantas (Cheng, 1999). Por eso, en muchas publicaciones se les denomina rizobacterias (PGPR, por sus siglas en inglés Plant growth promoting rhizobacteria) (Kumar et al., 2011; Almaghrabi et al., 2013).

Materiales y métodos

El bioensayo se llevó a cabo en las instalaciones del Seminario Mayor Rafael Guízar y Valencia ubicado en la Unidad Habitacional FOVISSSTE en la cercanía del Boulevard Diamante (a un costado del Parque Estatal Molinos de San Roque) en la ciudad de Xalapa, Veracruz (SEFIPLAN, 2013), entre los paralelos 19° 29' y 19° 36' de latitud norte, los meridianos 96° 48' y 96° 58' de longitud oeste, y altura de 1,600 msnm.

El trasplante de plántulas de jitomate del semillero a las camas se realizó a los 28 días después de la germinación, y para cultivarlas a lo largo de dos hiladas se dejó una distancia de 30 cm entre plantas, y de 60 cm entre ambas hileras. La inoculación simple y dual se efectuó al momento del trasplante, agregando 3 mL de la BPCV (*B. subtilis*) y 3 g planta⁻¹ de HMA (*R. intraradices*) a la raíz.

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con cuatro tratamientos: 1) Testigo, solo fertilizado, 2) HMA, 3) *B. subtilis*, 4) *B. subtilis*+HMA) y 30 repeticiones, con 240 unidades experimentales (plántulas) donde se midió la respuesta.

Las variables evaluadas fueron altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), número de inflorescencias, número de frutos e índice verde (Icrc), producción total (kg), porcentaje de colonización micorrízica (Phillips y Hayman [1970] + McGonigle et al. [1990]), y unidades formadoras de colonias (UFC, Glick et al. [1999]) (Cuadro 1). La fertilización aplicada en todos los tratamientos fue la recomendada en el paquete tecnológico de Agrosience (s.f.) para *L. esculentum*, complementándole con una solución nutritiva (comercial) en cada etapa fenológica del cultivo⁵³². Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de la mínima diferencia significativa LSD de Fisher con un nivel de significación del 5% ($\alpha= 0.05$) del software STATISTICA (versión 8.0.360.0 StatSoft Inc., Tulsa, USA) para Windows.

Resultados y discusión

El ANOVA reveló diferencias significativas entre los tratamientos para la variable altura de la planta en el híbrido “Caporal”, siendo con *B. subtilis* donde se obtuvo la respuesta más satisfactoria, al alcanzar incrementos de 22.5% respecto a las plantas testigo (Cuadro 1).

⁵³²En algunos casos, y solo por economía, se cambió el nombre comercial del producto mas no la dosificación.

Cuadro 1. Respuesta de los híbridos de jitomate “Caporal” y “SV8579TE” a la inoculación simple y dual con HMA (R. intraradices) y BPCV (B. subtilis, Bs).

Variables evaluadas	DDT [‡]	Tratamientos híbrido “Caporal”				Tratamientos híbrido “SV8579TE”			
		HMA	Bs	HMA+Bs	Testigo	HMA	Bs	HMA+Bs	Testigo
Altura de la planta (cm)	20	19.28b	23.56a	14.77c	19.22b	16.45a	17.70a	14.05b	16.40a
	40	38.80b	41.38a	33.66c	36.50b	34.08a	35.39a	31.46b	34.00a
	72	87.53a	90.40a	78.66b	80.80b	105.40b	87.33c	111.53a	91.43c
Diámetro del tallo (mm)	20	3.07b	3.33a	2.70c	2.92b	2.80a	2.50b	2.33b	2.32b
	40	4.46ab	4.53a	4.19b	4.40ab	4.62a	4.45ba	3.60c	4.33b
	72	6.37b	6.84a	6.27b	6.33b	6.57a	6.66a	6.57a	5.79b
Número de racimos	43	2.86ab	3.06a	2.40b	2.80ab	1.86a	1.46b	1.80a	1.06c
	70	3.46a	3.66a	3.40a	3.40a	3.26ab	2.86c	3.60a	2.93cb
	84	4.80a	5.00a	3.40b	4.33a	3.73b	4.06ba	4.60a	3.60b
	98	3.40a	3.40a	2.46b	3.33a	4.20ba	3.80b	4.73a	4.06b
Número de frutos	70	12.53a	12.66a	7.13b	7.60b	5.86a	6.00a	4.80b	3.33c
	84	13.66ab	14.93a	12.73b	13.00b	5.60b	6.73ba	7.66a	3.60c
	98	13.60a	14.53a	13.33a	13.40a	7.60c	10.20b	14.53a	5.93c
Índice verde (Icrc)	72	203.31a	106.60b	177.90c	103.65c	221.10a	173.83b	112.36c	77.71d

*Días después del trasplante.

Para cada tratamiento, columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (LSD de Fisher, 0.05).

Esta respuesta puede deberse a que las PGPR representan cerca del 2-5% del total de rizobacterias involucradas en la promoción del crecimiento de las plantas, las cuales pueden utilizar uno o más mecanismos directos e indirectos para mejorar el crecimiento y la salud de las mismas (Ahemad y Khan, 2010).

Para el híbrido “SV8579TE” el mejor tratamiento fue B. subtilis+HMA, con incrementos de 21.9% respecto al tratamiento testigo, lo cual concuerda con lo reportado por Hernández (2004) donde al inocular un consorcio micorrizógeno (MTZ-1, compuesto por *Glomus intraradices*, *G. mosseae*, *G. geosporum* y *Gigaspora sp.*)⁵³³ y PGPR's (*Pseudomonas putida* y *P. fluorescens*)⁵³⁴ en plántulas de papayo se contemplaron mayores incrementos en altura, lo cual pudiere atribuirse a que, en opinión de Díaz et al. (2013), la simbiosis con HMA aporta beneficios en el crecimiento de la planta hospedante derivados de la nutrición mineral más eficiente.

⁵³³ Hoy en día *Rhizoglosum intraradices*, *Funneliformis mosseae* y *F. geosporum*, respectivamente.

⁵³⁴ Referida en el documento original como *Pseudomonas fluorescentes*.

Corrales et al. (2010) mencionan que inoculando *B. subtilis* en plantas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) notaron un mayor crecimiento y desarrollo del tallo, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo con dicha rizobacteria, ya que en ambos híbridos (“Caporal” y “SV8579TE”) se registraron sendos incrementos (del 4% y 15%) respecto a las plantas del tratamiento testigo (Cuadro 1).

Esto puede relacionarse en demasía a lo distinguido por Corrales et al. (2010) en *B. megaterium*, al comprobar sus efectos como promotor de crecimiento y modificador de la estructura de la raíz⁵³⁵, sin descontar la participación de giberelinas en la división celular e impulso de la elongación del tallo, aunadas al control de diversos aspectos relacionados con el desarrollo de la planta.

En la variable número de racimos se observó que el híbrido “Caporal” en simbiosis con *B. subtilis* impulsó incrementos de 2% respecto a las plántulas del tratamiento testigo (Cuadro 1), aspecto que bien puede sugerir que la capacidad de las PGPR para competir por nutrientes y espacio conlleva a beneficiar a las plántulas de jitomate en su vigor y rendimiento (Ahemad y Khan, 2010). En cambio, para el híbrido “SV8579TE” el mejor resultado fue con la inoculación dual (*B. subtilis*+HMA) donde fue superior el número de racimos presentes en comparación con las plántulas de *L. esculentum* (>16.5%) respecto a las testigos, lo cual pudo deberse a la cualidad que el híbrido tiene para establecer una simbiosis con ambos microorganismos y, de este modo, aumentar sinérgicamente la producción en los cultivos (Dames y Ridsdale, 2012; Hashem et al., 2016).

Con respecto al número de frutos, Sánchez (2011) reporta que al inocular PGPR en plantas de jitomate⁵³⁶ hubo diferencias significativas entre la fertilización biológica y la química con respecto al tratamiento testigo, lo cual evidenció un efecto positivo ejercido por los microorganismos, pudiéndose inferir que la aplicación de estas BPCV influyó sobre el crecimiento, desarrollo y vigor de las plántulas, sin despreciar la disminución de la fertilización química a la mitad de su dosis habitual, lo cual concuerda con los resultados obtenidos para el híbrido “Caporal”, donde los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento *B. subtilis* con incrementos de 14.8% respecto a los valores obtenidos en las plántulas del tratamiento testigo.

Para el híbrido “SV8579TE” la interacción *B. subtilis*+HMA mostró incrementos de hasta 145% en comparación a la respuesta ponderada en las plántulas testigo, lo cual concuerda con lo reportado por Terry y Leyva (2005), quienes al evaluar la coinoculación de *Glomus clarum* (EcoMic®, 20 esporas g⁻¹) + *Azospirillum brasilense* cepa Sp-7 (AzoFert®, 10⁸ UFC g⁻¹ de soporte) en el híbrido de jitomate “Amalia” se incrementó el número de flores y frutos por

⁵³⁵ Puntualizan lo reportado por López-Bucio et al. (2009) en *Arabidopsis thaliana*.

⁵³⁶ Citado por la autora como *Solanum lycopersicon*.

planta, siendo también mayor el porcentaje de fructificación y, por lo tanto, el rendimiento a la cosecha.

Por lo tanto, no sólo resalta lo denotado en la literatura científica (Sturz et al., 2010; Babalola, 2010; Pérez-García et al., 2011; Dames y Ridsale, 2012; Pereg y McMillan, 2015) en cuanto a que los microorganismos logran poner en función de las plantas sus diferentes mecanismos de acción que conllevan a la formación de biomasa con valor agrícola, sino también acrecentar el rendimiento de biomasa de cultivos energéticos cultivados en tierras no aptas para la producción de alimentos (Farrar et al., 2014).

Para la variable índice verde, los mejores resultados en ambos híbridos “Caporal” y “SV8579TE” se obtuvieron con el tratamiento inoculado con HMA con incrementos respectivos de 96% y 184.5% en comparación con las plántulas-testigo, aspecto que coincide con lo reportado por Alvarado y Peña del Río (2014) quienes reportan incrementos significativos en el contenido de clorofila, altura de la planta y colonización micorrízica radical en jitomate (*Lycopersicon esculentum*; tipo Saladette) cv. ‘El Cid’ inoculado con *R. intraradices*.

Por otro lado, y al comparar plántulas inoculadas con las no inoculadas se observó mayor índice de clorofila ($p=0.01$) en las primeras ($>12\%$) respecto a las plántulas-testigo, lo cual puede atribuirse a que con la actividad simbiótica HMA+planta a menudo se obtiene un mejor aprovechamiento de los nutrientes inmóviles del suelo (Salgado et al., 2016).

En relación a la producción total de los híbridos, en ambos casos el mejor tratamiento fue el de la interacción *B. subtilis*+HMA, con incrementos de 8.8% en “Caporal” (Figura 1a) y de 104% en “SV8579TE” (Figura 1b) respecto a los valores alcanzados las plántulas-testigo, comportamiento similar al reportado por Hernández (2008) quien al efectuar inoculación dual en plantas de soya (*Glycine max*) (PGPR, *Bradyrhizobium japonicum* +HMA, *Glomus hoi* like-) se alcanzaron rendimientos mucho mayores que cuando se realizó la inoculación por separado. Esto puede obedecer a la capacidad que los microorganismos despliegan para descomponer la materia orgánica, logrando movilidad y mayor asimilación de nutrientes (Echeverría, 2012).

Para la variable unidades formadoras de colonias (UFC) el mejor tratamiento también fue el de *B. subtilis*+HMA en ambos híbridos, siendo $0,00048 \text{ UFCg}^{-1}$ en “Caporal” y $0,00022 \text{ UFCg}^{-1}$ en “SV8579TE”, y ello coincide con el reporte hecho por Ravnskov y Jakobsen (1999) donde al coinocular una PGPR (*Pseudomonas fluorescens* DF57) y un hongo micorrízico (*Glomus intraradices* o *G. caledonium*) en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) se contabilizaron mayor número de colonias en comparación a lo observado cuando solo estuvo presente la bacteria, lo que permitió inferir que la rizobacteria, al ser productora de giberelinas y al estar en poblaciones mayores cuando las plantas fueron coinoculadas, incrementó el aporte hormonal hacia las hospederas permitiendo un mayor crecimiento y desarrollo.

En cuanto al porcentaje de colonización radical, en el híbrido “Caporal” el mejor tratamiento fue el de la interacción *B. subtilis*+HMA con 87%, lo cual concuerda con lo denotado por Fester et al. (1999) en plantas de cebada, donde los mayores porcentajes de colonización micorrízica se presentaron en tratamientos con interacción PGPR + HMA, permitiéndoles concluir que la simbiosis entre estos microorganismos influye positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a su probable influjo en la absorción de agua y nutrientes. En contraste, para el híbrido “SV8579TE” no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

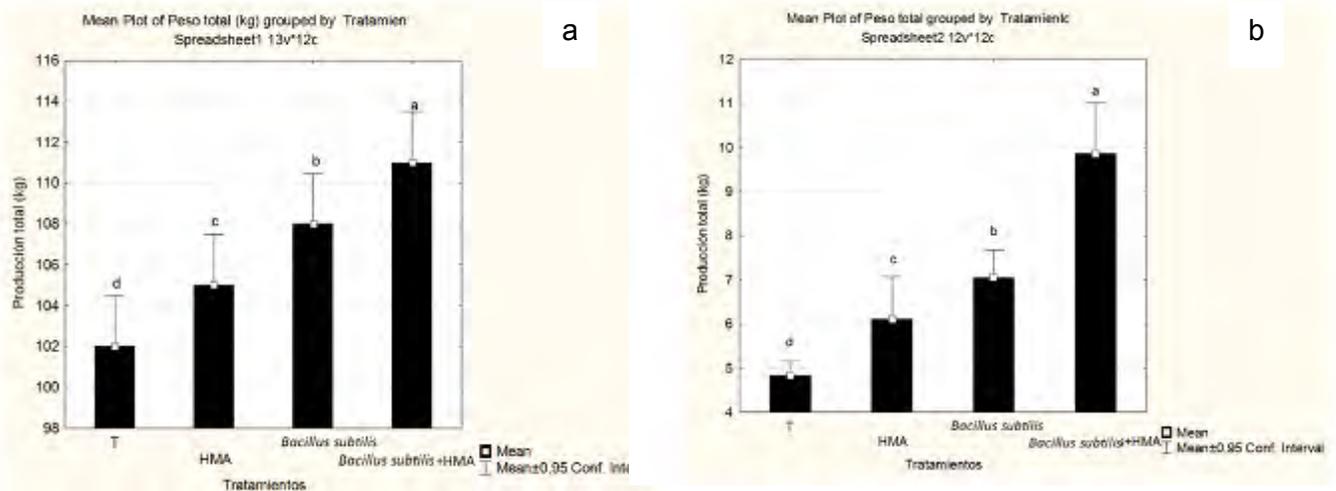


Figura 1. Producción total de jitomate tipo Saladette: a) híbrido “Caporal” y b) híbrido “SV8579TE” Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Fisher's LSD, $\alpha= 0.05$).

Conclusiones

La interacción entre los microorganismos benéficos (BPCV, *B. subtilis* y HMA, R. intraradices) varía dependiendo del híbrido que se trate (“Caporal” o “SV8579TE”), si bien es obvio que la inoculación dual favoreció el crecimiento y desarrollo de las plántulas de jitomate (*L. esculentum*), así como, en la fructificación de ambos híbridos. De igual manera, la inoculación simultánea con los dos microorganismos redundó en la producción total de ambos híbridos.

Literatura citada

Agrosience (s.f.). Paquetes de nutrición: Tomate. http://www.agrosience.mx/paquetes-nutricionales/tomate_25.html#paquete;
file:///C:/Users/azul_/Downloads/dipticos_TOMATE%20(2). pdf [consultado el 5 de mayo de 2017].

Ahemad, M. y Khan, M.S. 2010. Plant growth promoting activities of phosphate-solubilizing *Enterobacter as - buriae* as influenced by fungicides. *EurAsian Journal of BioSciences* 4:88-95.

Almaghrabi, O.A., S.I. Massoud y T.S. Abdelmoneim. 2013. Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences* 20(1):57-61.

Alvarado C., M., A. Díaz F. y M.A. Peña del Río. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(3):513-518.

Anónimo. 2006. Plagas y enfermedades del tomate; Guía de identificación y manejo. México: Productores de Hortalizas. 23 p.

Babalola, O. O. 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology Letters* 32(11):1559-1570.

Badii, M.H. y V. Garza A. 2007. Resistencia en insectos, plantas y microorganismos. *Cultura Científica y Tecnológica* 4(8):9-25.

Bagyaraj, J.D. y S.L. Stürner. 2011. Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). p. 217-241. In: Moreira, F. M. S., E. J. Huising y D.E. Bignell (eds.). *Manual de biología de suelos tropicales; Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Instituto Nacional de Ecología, México.

Bravo-Luna, L. y C. Guigón-López. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en México. In: Bettiol, W., M.C. Rivera, P. Mondino, J.R. Montealegre y Y.C. Colmenárez (eds.). *Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe*. p. 265-285. Facultad de Agronomía, Universidad de La República, Uruguay.

Budí O., A. 2016. Estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y análisis de aprovechamiento en los municipios de la Comarca del Alto Palancia. Tesis de maestría. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana, España. 105 p.

CESAVEG/SAGARPA/SDA (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación/Secretaría de Desarrollo Agropecuario). s.f. Manual de plagas y enfermedades en jitomate. Irapuato, Guanajuato, México. 26 p.

Cheng, W. 1999. Rhizosphere feedback in elevated CO₂. *Tree Physiology* 19:313-320.

Corrales, L.C., L. C. Sánchez, J. Cuervo, D. Bautista, L. González y M. Guevara. 2010. Evaluación del efecto biocontrolador de *Bacillus* spp., frente a *Fusarium* spp., bajo condiciones de invernadero en *Rosmarinus officinalis* L. *NOVA* 8(13):63-75.

Dames, J. F. y C. J. Ridsdale. 2012. What we know about arbuscular mycorrhizal fungi and associated soil bacteria. *African Journal of Biotechnology* 11(73):13753-13760.

Díaz F., A., M. Alvarado C., F. Ortiz C. y O. Grageda C. 2013. Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(2):315-321.

Echeverría L., E. J. 2012. Efecto de la interacción de hongos micorrícicos arbusculares y *Pseudomonas fluorescens* sobre el desarrollo y la nutrición de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante las primeras fases de crecimiento. Tesis de licenciatura. Ingeniería en Biotecnología, Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. 78 p.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Cultivos. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. [consultado el 5 de mayo de 2017].

Farrar, K., D. Bryant y N. Cope-Selby. 2014. Understanding and engineering beneficial plant-microbe interactions: plant growth promotion in energy crops. *Plant Biotechnology Journal* 12(9):1193-1206.

Fester, T., W. Maier y D. Strack. 1999. Accumulation of secondary compounds in barley and wheat roots in response to inoculation with an arbuscular mycorrhizal fungus and co-inoculation with rhizosphere bacteria. *Mycorrhiza* 8(5):241-246.

Glick, B. R., C. L. Patten, G. Holguin y D. M. Penrose. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial College Press, London, U.K. 200 p.

Hashem, A., E. F. Abd_Allah, A. A. Alqarawi, A. A. Al-Huqail, S. Wirth, y D. Egamberdieva. 2016. The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic bacteria enhances plant growth of *Acacia gerrardii* under salt stress. *Frontiers in Microbiology* 7:1089. Published online 2016.doi: 10.3389/fmicb.2016.01089

- Hernández, A.F. 2008. La coinoculación *Glomus hoi* like-*Bradyrhizobium japonicum* en la producción de soya (*Glycine max*) variedad Verónica para semilla. *Cultivos Tropicales* 29(4):41-45.
- Hernández M., L.G. 2004. Rizobacterias y hongos micorrízicos como agentes de control biológico del damping-off en plántulas de *Carica papaya* L. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Colima, México. 112 p.
- Ibarra, J.E., M.C. Del Rincón C., E. Galindo, M. Patiño, L. Serrano, R. García, J.A. Carrillo, B. Pereyra-Alfárez, A. Alcázar-Pizaña, H. Luna-Olvera, L. Galán-Wong, L. Pardo, C. Muñoz-Garay, I. Gómez I., M. Soberón y A. Bravo. 2006. Los microorganismos en el control biológico de insectos y fitopatógenos. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 48(2):113-120.
- Karakurt, H. y R. Aslantas. 2010. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) strains on plant growth and leaf nutrient content of apple. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 18(1):101-110.
- Kumar A., A. Prakash y B.N. Johri. 2011. *Bacillus* as PGPR in crop ecosystem. In: Maheshwari, D.K. (ed.). *Bacteria in agrobiolgy: Crop ecosystems*. p. 37-59. Berlin, Germany.
- López-Bucio, J., J.C. Campos-Cuevas, E. Valencia-Cantero, C. Velázquez-Becerra, R. Farías-Rodríguez, L.I. Macías-Rodríguez. 2009. *Bacillus megaterium* modifica la arquitectura de la raíz de *Arabidopsis* independientemente de auxinas y etileno. *Biológicas* 11:1-8.
- Lugtenberg, B. y F. Kamilova. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology* 63:541-556.
- Matson, P.A., W.J. Parton, A.G. Power y M.J. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277(5325):504-509.
- Mejía G., M. 1995. *Agricultura para la vida: Movimientos alternativos frente a la agricultura química*. Feriva. Cali, Colombia. 252p.
- Ravnskov, S. e I. Jakobsen. 1999. Effects of *Pseudomonas fluorescens* DF57 on growth and P uptake of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with cucumber. *New Phytologist* 8(6):329-334.
- Ruiz N., R.E., J.A. Ruiz N., S. Guzmán G. y E.J. Pérez L. 2011. Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27(2):129-137.

- Pereg, L. y M. McMillan. 2015. Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry* 80:349-358.
- Pérez-García, A., D. Romero y A. de Vicente. 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology* 22:187-193.
- Phillips, J.M. y D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment to infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55(1):158-161.
- Rodríguez-del Bosque, L.A. 2007. Control biológico de organismos nocivos en la agricultura mexicana. p. 194-202. In: Lira-Saldivar, H.R. (ed.). *Bioplaguicidas y control biológico*. Monterrey, México.
- Salgado, F.H.M., F.M.S. Moreira, H.B. Paulino, J.O. Siqueira y M.A.C. Carneiro. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhizal stimulant affect dry matter and nutrient accumulation in bean and soybean plants. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 46(4):367-373.
- Sánchez L., D. B. 2011. Efecto de la inoculación con bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* var. Sofía) bajo invernadero. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 77 p.
- Sañudo T., R.R. 2013. El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de *Beauveria bassiana*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Indígena de México. Sinaloa, México. 59 p.
- SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz). 2013. Sistema de información municipal; Cuadernillos municipales, 2013. <https://www.uv.mx/psicologia/files/2014/11/03-Sistema-de-Informacion-Municipal-Xalapa.pdf> [consultado el 17 de mayo de 2017].
- Sharma, S., V. Joshi y G. Abrol. 2009. An overview on strawberry [*Fragaria x ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier] wine production technology, composition, maturation and quality evaluation. *Natural Product Radiance* 8(4):356-365.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Producción agrícola por cultivo. [consultado el 5 de mayo del 2017].

Sturz, A.V., B.R. Christie y J. Nowak. 2010. Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production. *Critical Reviews in Plant Sciences* 19(1):1-30.

Terry A., E. y A. Leyva G. 2005. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. *Agronomía Costarricense* 30(1):65-73.

Terry A., E., A. Leyva y A. Hernández. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Colombiana de Biotecnología* 7(2):47-54.

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO DE LA ZONA ARRECIFAL DE PLAYA CHACHALACAS

Marina Magdalena Ruíz Ortega^{537*}, Urania López Cerdán⁵³⁷ y Alfredo Rubio Galván⁵³⁷

Resumen

En el Golfo de México el Parque Arrecifal Veracruzano es uno de los destinos turísticos más visitados, comprende una gran variedad de especies y es considerado como Área Natural Protegida. Éste sitio, a pesar de su gran extensión ha sufrido una pérdida de territorio año con año, debido al urbanismo no moderado y las malas prácticas turísticas como extracción de materiales, desconocimiento del cuidado del lugar y la contaminación. Playa de Chachalacas, ubicada en el municipio de Úrsulo Galván, cuenta con una zona arrecifal que colinda con el Parque Arrecifal y no está exenta de los problemas que generan las prácticas turísticas locales, en consecuencia, disminuye la conservación, cuidado y protección del ecosistema y se comprometen las condiciones ambientales y socioeconómicas de los habitantes. El objetivo de este trabajo fue definir las condiciones ambientales y socioeconómicas, en las que se presta el servicio turístico que hace uso del arrecife llevado a cabo por los lancheros de la localidad de Playa de Chachalacas y la percepción de los habitantes que residen en la zona. El método utilizado fue la investigación cualitativa, mediante investigación documental y cuestionarios. El cuestionario se aplicó a los lancheros que prestan el servicio y a habitantes, principalmente en temporada vacacional. Los resultados mostraron que los prestadores de servicios sí visitan el arrecife y que la única actividad que se realiza es el snorkel, además reconocen algunas precauciones que se deben de tomar en cuenta. Los habitantes identifican al arrecife como atractivo turístico de gran importancia para ellos y para los turistas. Finalmente, no se puede separar el cuidado y conservación del ecosistema de las prácticas que alrededor de él convergen, es importante generar sinergias entre los actores clave que hacen uso del arrecife para generar estrategias que impacten localmente y contribuyan al desarrollo regional.

Palabras clave: arrecife, percepción de actores clave, servicio turístico

⁵³⁷ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Correo electrónico: marinaruizor@gmail.com

Introducción

Los arrecifes son ecosistemas megadiversos y altamente vulnerables, formados por algas coralinas principalmente (Ortíz et al., 2015), a nivel nacional ocupan 1,780 km², siendo los de mayor diversidad los del Mar Caribe con 45 a 56 especies, le sigue el Sistema Arrecifal Veracruzano con 45 especies (CONABIO, 2014). De acuerdo al quinto informe nacional de México ante el convenio sobre la diversidad biológica en el 2015, las presiones antropogénicas que recaen sobre los arrecifes de coral hacen que estos se reduzcan, entre las amenazas que generan las actividades humanas se encuentran las prácticas irresponsables del turismo (AIDA, 2015). La importancia de los arrecifes radica en la cantidad de servicios ambientales que prestan a las zonas en las que están ubicados, estos otorgan principalmente: conservación de la biodiversidad, protección costera contra fenómenos hidrometeorológicos, reservorio de alimento para diversas especies y belleza escénica para el turismo, se ha estimado su valor hasta en 35 millones de dólares por año por hectárea de arrecife (CONABIO, 2014). El Sistema Arrecifal Veracruzano se declaró como área natural protegida el 24 y 25 de agosto de 1992, cuenta con veintiocho formaciones arrecifales y una superficie de sesenta y cinco mil quinientas dieciséis hectáreas, cuarenta y siete áreas, ocho punto cero cinco centiáreas (DOF, 1992). Esta estrategia buscó conservar la biodiversidad y adaptar los ecosistemas ante los embates del cambio climático. Algunas de las principales amenazas al Sistema Arrecifal Veracruzano son las actividades turísticas, la navegación de buques petroleros y los residuos de las actividades agropecuarias de los ingenios (AIDA, 2015). Playa de Chachalacas es una localidad que está ubicada en el municipio de Úrsulo Galván, en el estado de Veracruz. Cuenta con una zona arrecifal que es visitada por turistas y habitantes. La actividad turística es una de las principales fuentes para el desarrollo de la economía local y determina el uso de la zona arrecifal, de ahí la importancia de tomar en cuenta a la localidad como objeto de estudio. El objetivo de este trabajo fue definir las condiciones ambientales y socioeconómicas en las que se realiza la visita al arrecife, llevado a cabo por los lancheros de la localidad de Playa de Chachalacas, así como definir la percepción que tienen los habitantes de la zona arrecifal.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la localidad de Playa de Chachalacas, municipio de Úrsulo Galván, Ver. El método utilizado fue la investigación cualitativa, se fundamentó en una investigación documental que analizó las disposiciones legales y administrativas de gestión que deben seguirse para el buen manejo de los arrecifes y de las Áreas Naturales

Protegidas. Además, se diseñaron dos tipos de cuestionarios, estos muestran el conocimiento de la población sobre la zona arrecifal. El primero se aplicó a todos los prestadores de servicios (lancheros) que se encuentran en la localidad y el segundo a una proporción representativa de los habitantes, ambos cuestionarios se aplicaron durante el periodo vacacional del mes de abril y julio del 2015, por ser el de mayor afluencia turística localmente. Los resultados fueron interpretados de manera gráfica, para poder realizar un análisis más detallado de la información obtenida.

Resultados y discusión

El 92% (32) de los lancheros (Figura 1), brinda el servicio de visita a la zona arrecifal de Playa de Chachalacas. Esta actividad se realiza en México sin una legislación específica para la protección de los arrecifes de coral (AIDA, 2015). Al no existir una ley que regule claramente las actividades que se prestan en el ecosistema éste se ve amenazado por su uso desmedido y por las embarcaciones menores que provocan estrés por ruido a las áreas vivas y bancos de peces (Jiménez et al., 2014).

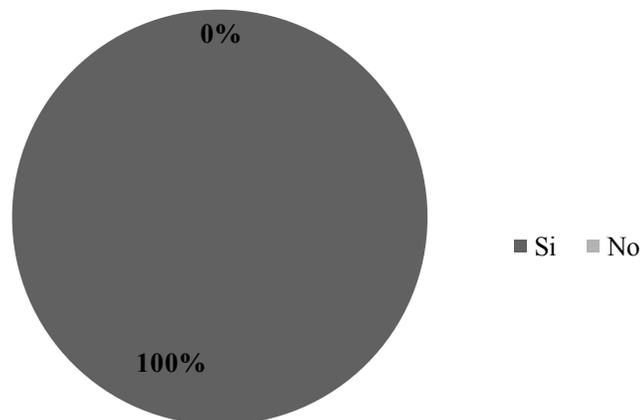


Figura 1. Prestadores de servicios (lancheros) que realizan la visita a la zona arrecifal de la localidad de Playa de Chachalacas.

De los 32 lancheros que realizan la visita al arrecife, el 100% contestó que la única actividad que se realiza es el snorkel. El turismo es una de las actividades socioeconómicas que confluyen alrededor del arrecife (Jiménez et al., 2014).

De los 32 lancheros que realizan la visita al arrecife (Figura 2), el 100% mencionó que las precauciones que se deben de tomar al visitarlo son: no pisar, no extraer nada, no tocar y no

usar protector solar, esto demuestra que los prestadores del servicio están conscientes de las actividades que dañan al arrecife como son el saqueo desmedido de corales y peces de ornato (Jiménez et al., 2014).

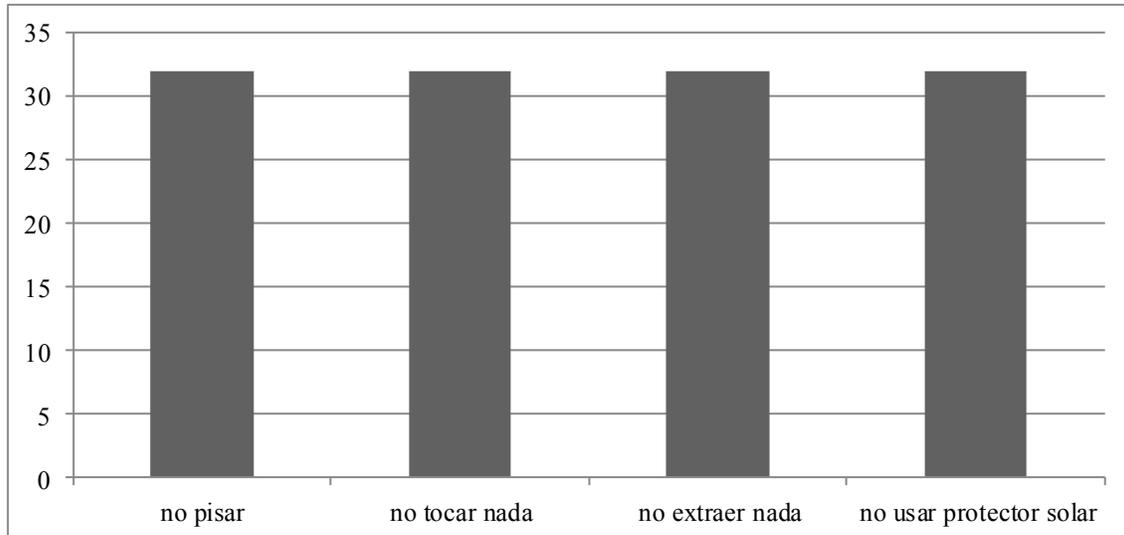


Figura 2.- Precauciones que se deben de tomar al visitar la zona arrecifal de Playa de Chachalacas.

El 53% de los habitantes encuestados (Figura 3) consideran al arrecife como un atractivo turístico, el arrecife es un ecosistema marino complejo y diverso, su importancia radica en el valor ecológico, social y económico, no únicamente en el atractivo turístico que ofrece (Calderón et al., 2017).

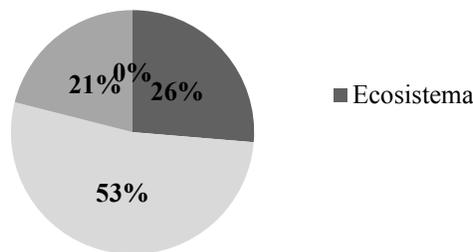


Figura 3. Percepción de los habitantes de Playa de Chachalacas al identificar la zona arrecifal.

El 53% de los habitantes encuestados (Figura 4) considera que el arrecife es importante en primer lugar para ellos y en segundo para los turistas. El desarrollo económico y la

generación de empleos que produce el turismo en la localidad no se pueden separar del uso del ecosistema.

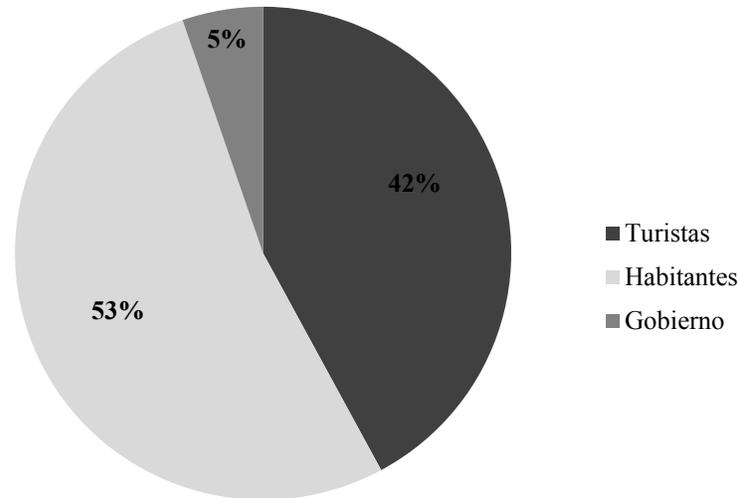


Figura 4. Importancia del arrecife que perciben los habitantes de Playa de Chachalacas.

Conclusiones

Los prestadores de servicios (lancheros) sí realizan visitas al arrecife, siendo el snorkel la única actividad que se realiza, no se detecta la presencia de las autoridades que vigilen la correcta ejecución del servicio turístico y que contribuyan a un mayor cuidado de la zona por parte de los lancheros y habitantes.

Los habitantes perciben al arrecife como un atractivo turístico y no como ecosistema o área natural que debe protegerse. La percepción que tiene la población de su entorno determina la forma en que hace uso de él.

La zona arrecifal de Playa de Chachalacas colinda con el Sistema Arrecifal Veracruzano, su complejidad exige una evaluación de todos aquellos factores, ambientales y socioeconómicos, que afectan o podrían afectar directa e indirectamente este sitio. Su cuidado y conservación van ligadas a las prácticas que alrededor de ella convergen por lo que es importante crear sinergias entre los actores clave que hacen uso del arrecife para generar estrategias que impacten localmente, contribuyan a su preservación y mejoren el desarrollo regional.

Literatura citada

AIDA (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente). 2015. La protección de los arrecifes de coral en México, rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad. 39 p.

Calderón A L. D., H. Reyes B, C. O. Norzagaray L. y R. A. López P. 2017. Los arrecifes coralinos en México: servicios ambientales y secuestro de carbono. Elementos para políticas públicas 1(1):53-62.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2014. Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). México D. F. 301 p.

DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 1992. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano.

Jiménez, B. M. L., C. Rodas S., L. Aburto M. A. y R. Quiroz G. 2014. Problemática ambiental y socioeconómica del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Investigación y Ciencia 22(60):58-64.

Ortíz, L. L., A. Granados B., I. Espejel, J. Salas P. y C. González G. 2015. La zona costera de Veracruz a Antón Lizardo: un análisis sobre la vulnerabilidad de sus servicios ambientales. E-BIOS 2(8):152-177.

ACTITUD DE PROPIETARIOS DE ANIMALES EN RIESGO POR DESASTRES NATURALES

Bertha Clementina Hernández-Cruz⁵³⁸, Lorena López-de Buen⁵³⁸, Concepción Ahuja-Aguirre^{538*}, Apolo Adolfo Carrasco-García⁵³⁸, Roberto Castillo-Tlapa⁵³⁸ y María Luisa Robledo-Salinas⁵³⁸

Resumen

La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, junto con la Organización Protección Animal Mundial (World Animal Protection), realizaron un estudio para conocer la actitud de propietarios de animales de compañía y de producción hacia situaciones de riesgo por desastre natural. Se aplicaron 196 encuestas a dueños de mascotas y 129 a ganaderos de los municipios de Veracruz, Medellín y La Antigua, en el estado de Veracruz. La mayoría de los entrevistados consideró que su colonia y/o vivienda pueden ser afectadas por desastres naturales o inseguridad. Por medio de las encuestas se observó que los animales más utilizados como compañía y protección fueron perros y gatos. La mayoría de éstos recibía atención veterinaria, tenía algún método de identificación y contaban con un medio para ser movilizados o transportados en caso de ser necesario. Más de la mitad de los propietarios había tenido que desalojar su vivienda por inundación y la mayoría consideró necesario tener un plan de emergencia para sus familias y mascotas; aunque mencionaron que en situación de riesgo dejarían a sus mascotas con familiares o amigos. En el caso de animales de producción, los más comunes fueron caballos y bovinos, éstos últimos identificados generalmente por arete. Las funciones atribuidas por sus propietarios fueron producción, trabajo y autoconsumo, y la mayoría solamente recibía atención veterinaria por enfermedad. Los ganaderos consideraron las inundaciones como el principal desastre natural, aunque también indicaron que la inseguridad es grave. Algunos manifestaron haber tenido que desalojar su predio y la mayoría consideró que, en caso necesario, movería a sus animales a zonas altas o seguras en sus mismos predios, pero no toman medidas de prevención. En conclusión, es necesario diseñar programas de prevención de riesgos que involucren autoridades, ciudadanía y sector privado, y que en el Plan DN-III-E se incluya el auxilio y movilización de animales de compañía y producción, así como la instalación de clínicas veterinarias transitorias para la atención de los animales afectados durante desastres naturales.

⁵³⁸ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

*Autor para correspondencia: cahuja@uv.mx

Palabras clave: ganado, mascotas, inundación, huracán, prevención de riesgos

Introducción

En las últimas décadas la presentación de catástrofes por fenómenos naturales ha aumentado, afectando de 1990 a 2012 alrededor de 217 millones de personas cada año (Lorente et al., 2004; Navarro, 2017). Anteriormente las acciones de protección se enfocaban en la gestión del desastre y los pasos a seguir eran la respuesta humanitaria o ayuda inmediata, la rehabilitación y reconstrucción, y la mitigación de las áreas afectadas. Actualmente no se maneja la temporalidad y se han incorporado conceptos de intervención política e identificación y medición del riesgo (SRE, 2015).

La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) establece alianzas globales con cuatro objetivos principales: 1) aumentar la conciencia pública para la comprensión del riesgo y la reducción; 2) comprometer a las autoridades públicas para la implementación de políticas y acciones de reducción; 3) estimular el establecimiento de alianzas interdisciplinarias e intersectoriales; y 4) mejorar el conocimiento científico sobre la reducción de desastres (UNISDR, 2015).

México se ubica en una zona geográfica de alto riesgo, con fenómenos geológicos e hidrológicos que obligan a mantener en alerta a la población, al gobierno y a las autoridades de Protección Civil. En el estado de Veracruz, la presencia de huracanes ha aumentado en las últimas décadas. En relación con lo anterior, en septiembre de 2010, la zona centro del estado sufrió graves inundaciones durante el paso de los huracanes Karl y Matthew, lo que resultó en la pérdida de vidas humanas y animales, así como estragos en la economía de la zona. Estos acontecimientos evidenciaron la vulnerabilidad del estado ante los fenómenos climatológicos y la inexistencia de planes de contingencia adecuados (Hernández-Cruz et al., 2017).

Estudios realizados por la Organización Internacional Protección Animal Mundial (World Animal Protection [WAP]), en diferentes países, muestran que los propietarios de animales de compañía mantienen una estrecha relación con ellos y los llevarían consigo en caso de desastre. Sin embargo, no hay información al respecto en animales de producción. En México, los protocolos de protección para manejo de animales en caso de desastre se concretan a la atención y control de las zoonosis pero no consideran la disminución de la vulnerabilidad de ésta.

En este contexto, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, en coordinación con WAP, realizó un estudio cuyo objetivo fue conocer la actitud de propietarios de animales de compañía y de producción en los municipios de

Veracruz, Medellín y La Antigua, en el estado de Veracruz, que fueron afectados severamente por el paso de los huracanes Karl y Matthew en el año 2010, con la finalidad de tener un marco de referencia para la toma de decisiones en lo que se refiere a gestión de riesgo de desastres naturales.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo de noviembre 2014 a marzo 2015 en los municipios de Veracruz, Medellín y La Antigua, en la zona centro del estado de Veracruz, México. Estos municipios se vieron severamente afectados por las inundaciones causadas por los huracanes Karl y Matthew en septiembre de 2010. Para determinar la actitud que tenían los propietarios de animales sobre el riesgo de desastres naturales, se aplicaron 196 encuestas a dueños de mascotas y 129 encuestas a ganaderos de las principales zonas de los municipios afectados por dichas inundaciones.

Área de estudio

El municipio de Veracruz se ubica en la zona costera del estado (Lat. 19°16' N y Long. 96°21' O) a 10-200 msnm y abarca 247.9 km², que representan el 0.33% del total de la superficie estatal. La superficie urbana ocupa 1955 ha y la superficie destinada a la ganadería 9791 ha (SIAP, 2014). El clima es cálido sub-húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 25°C y precipitación pluvial anual de 1500 mm (INEGI, 2017). Los fraccionamientos seleccionados para aplicar las encuestas a propietarios de mascotas fueron Floresta y Flores del Valle, al sur de la ciudad de Veracruz, que son 100% urbanos, están densamente poblados y sufrieron inundaciones severas por el desbordamiento del canal de La Zamorana y el Arroyo Moreno que los atraviesan.

El municipio de Medellín (19° 09' LN y 96° 16' LO) se ubica a 5-60 msnm, y abarca 398.2 km², que representan el 0.6% del total de la superficie estatal. La superficie dedicada a la ganadería es 20953 ha y lo atraviesan los ríos Jamapa y Cotaxtla (SIAP, 2014). El clima es cálido subhúmedo con temperatura anual de 24 a 28°C y precipitación pluvial de 1100 a 1600 mm (INEGI, 2017). Las principales localidades son El Tejar, Los Robles, Fraccionamiento Puente Moreno, Fraccionamiento Arboledas San Ramón y Paso del Toro. Las tres últimas sufrieron serias inundaciones por el desbordamiento de los ríos Jamapa, Cotaxtla y el Arroyo Moreno. En este estudio se seleccionó al fraccionamiento Puente Moreno, que es 100% urbano y conurbado con la ciudad de Veracruz, para aplicar las encuestas a propietarios de mascotas.

El municipio de La Antigua se localiza en la zona costera central (19° 13' LN y 96° 13' LO) a 10-100 msnm y abarca 131.5 km², que representan el 0.2% de la superficie estatal. Cuenta con 25,500 habitantes y 4,552 ha están dedicadas a la ganadería (SIAP, 2014). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura anual de 24 a 26°C y precipitación pluvial anual de 1100 a 1300 mm. Este municipio cuenta con 34 localidades, de las que solo José Cardel es urbana, y además, es atravesado por el río La Antigua, que recoge las aguas de los ríos Atliyac, Paso de Ovejas y San Juan (INEGI, 2017). Durante el paso de los huracanes Karl y Matthew varias localidades del municipio sufrieron graves inundaciones y se eligieron las localidades rurales de La Antigua, Nicolás Blanco y Salmoral para aplicar las encuestas a ganaderos propietarios de animales de producción.

El formato de las encuestas para mascotas y para animales de producción fue proporcionado por la WAP. En el caso de las encuestas para mascotas, de noviembre 2014 a febrero 2015 se visitó cada casa de los fraccionamientos seleccionados y se entrevistaron a los propietarios que accedieron a contestar ésta. En el caso de las encuestas para animales de producción, éstas se aplicaron a los ganaderos durante la Asamblea Regional de la Asociación Ganadera Regional de la Zona Centro de Veracruz, realizada en Boca del Río, Ver., en marzo de 2015.

Resultados y discusión

Mascotas

En los municipios de Veracruz y Medellín se aplicó encuesta solamente a 196 propietarios de mascotas, pues no todas las personas a quienes se les solicitaba la entrevista aceptaban dar información. De los 196 propietarios entrevistados, 87% (170/196) tenía perros, 21% (42/196) gatos, y 14% (27/196) otras especies; asimismo, se observó que muchos propietarios tenían más de una especie como mascota. En cuanto al número de perros por propietario, 88% (149/170) tenía 1 o 2, y 12% (21/170) tenía 3 o más. En cuanto al número de gatos por propietario, 90% (38/42) tenía 1 o 2, y 10% (4/42) 3 o más. En lo que respecta a las otras especies que tenían como mascotas, se encontraron canarios, loros, pericos, tortugas, roedores y serpientes. La función que cubrían los propietarios para con sus mascotas era primordialmente de compañía (93%, 184/196), protección (38%, 75/196), adorno (6%, 12/196) y trabajo (3%, 6/196).

Para seguridad de las mascotas, 86% (168/196) de las viviendas contaban con bardas, mientras el resto no las tenía. En cuanto al lugar donde pasaban el día las mascotas, 71% permanecían dentro de la casa y el resto en la cochera, jardín, patio o fuera de la propiedad. Entre las principales condiciones que los propietarios consideraron como necesarias para

que sus mascotas estuvieran bien se mencionó agua, comida, abrigo, casa, cama, protección del clima, atención veterinaria, vacunas, desparasitaciones, hacer ejercicio, jugar, no estar amarrado, cariño y no sentir miedo ni estrés. En relación con la atención veterinaria, 93% (182/196) de los propietarios dijeron llevar a sus mascotas al veterinario. Para el caso de perros dos veces al año (46%, 79/170), una vez al año o en caso de enfermedad (34%, 57/170), y el resto (20%, 34/170) no los llevaba. En el caso de gatos, la visita al veterinario era por enfermedad (41%, 17/42) o dos veces al año (14%, 6/42), y el resto (45%, 19/42) no los llevaba.

Con respecto a si las mascotas tenían algún medio para su identificación, 60% (118/196) tenía placa con nombre, 2% (4/196) tenía chip y 38% (74/196) no tenía. El 84% (164/196) de los propietarios tenía fotografías de sus mascotas. El 71% (139/196) contaba con un medio para su movilización o transporte, ya fuera automóvil (38%, 53/139), transportadora (33%, 46/139), collar y correa (10%, 14/139), jaula (5%, 7/139) u otros (14%, 19/139).

En lo que se refiere a la tenencia de mascotas y su relación con los desastres naturales, los entrevistados mencionaron inundaciones (70%, 138/196), temblores (23%, 46/196), huracanes (13%, 26/196), y aunque no es desastre natural, también mencionaron a la inseguridad (35%, 68/196). El 74% (146/196) de los entrevistados considera que las situaciones mencionadas podrían afectar su casa. De acuerdo a lo registrado, 57% (112/196) indicaron que tuvieron que desalojar su vivienda súbitamente a causa de inundación; en relación con lo anterior, se preguntó ¿Que harían con sus mascotas en caso de que tuvieran 2 horas para desalojar su casa? Al respecto, 87% (171/196) expresaron que las llevarían consigo, incluso si demoraran su salida (95%, 162/171), o si solo tuvieran 5 minutos para salir de la vivienda (89%, 153/171), mientras que 13% (25/196) contestaron que las dejarían. El 99% (194/196) de los entrevistados consideraron necesario tener un plan de emergencia familiar y 94% (185/196) un plan de emergencia para sus mascotas. Al respecto, 58% (114/196) mencionaron tener un plan de emergencia familiar y 54% (107/196) uno para sus mascotas, considerando, entre lo más importante para esto, tenerlas con un medio de identificación, vacunas al corriente, planes de hospedaje temporal, teléfono de parientes, amigos o veterinario, botiquín, comida y agua almacenada, ruta de evacuación y jaula de transporte.

Cuando se le preguntó a los entrevistados ¿Qué harían si no fuera posible llevar a sus mascotas con ellos y tuvieran que dejarlas por encontrarse en situación de riesgo? El 64% (126/196) respondieron que las dejarían con familiares o amigos, 24% (48/196) en un hospital veterinario o pensión de mascotas, 8% (16/196) las dejaría libres, 6% (12/196) dentro de la casa y 4% (8/196) en el jardín. En cuanto a las medidas de prevención que toman usualmente con sus mascotas cuando viajan o salen de vacaciones, 73% (143/196) de los propietarios mencionaron que las deja con familiares o amigos, 17% (34/196) en un

hospital veterinario o pensión para mascotas, 11% (21/196) dentro de la casa, 7% (15/196) se las llevan y 3% (6/196) las deja en el jardín. Además, cabe señalar que muchos propietarios manifestaron contar con más de una especie animal como mascota y éstos no toman las mismas medidas que los demás, pues indicaron que cuando salen de vacaciones a algunas mascotas se las llevan o las dejan al cuidado de alguien más y a otras las dejan en la casa.

Finalmente, cuando se les preguntó si tenían conocimiento de qué hacer en caso de que fuera necesario evacuar sus viviendas por riesgo de inundación, derrumbe, etc., los propietarios de mascotas dijeron desconocer si había algún procedimiento a seguir en esta situación o si podían llevar a sus mascotas a algún sitio en particular para su resguardo durante la emergencia y, además, brindarles atención médica en caso de ser necesario.

Animales de producción

Se aplicaron solamente 129 encuestas a igual número de ganaderos, dado que muchos no aceptaron dar información por la desconfianza que tenían en cuanto al uso que se lo daría a la misma. También, de los 129 entrevistados, no todos aceptaron responder a todas las preguntas, por el motivo antes mencionado.

De los 129 ganaderos entrevistados, 93% (120/129) tenían bovinos, 48% (62/129) caballos, 27% (35/129) aves, 23% (29/129) cerdos, 18% (23/129) borregos, 14% (18/129) burros, 4% (5/129) cabras, y 8% (11/129) otras especies como perros, abejas y patos. El valor económico individual estimado para sus animales era de \$10 000 a \$15 000 los bovinos, \$15 000 a \$20 000 los caballos, \$2 500 a \$3 000 los cerdos, \$1500 los borregos y burros, \$700 las cabras y \$100 las aves. En caso de pérdida, los entrevistados manifestaron que les tomaría de 6 a 48 meses reponer cada animal, dependiendo de la especie. En cuanto a la función que dan los ganaderos a sus animales, 88% (113/129) los considera de producción, 42% (54/129) de trabajo, 34% (44/129) para autoconsumo, 10% (13/129) de compañía y 3% (4/129) como adorno.

El 98% (126/129) de los entrevistados utiliza algún método de identificación para sus animales, entre los que se incluyen aretes (72%, 93/129), fierro (43%, 55/129) y tatuaje (4%, 5/129). El 90% (116/129) reconoce individualmente a sus animales, principalmente vacas de ordeña y caballos y el 70% (91/129) los reconoce por nombre. Entre las cosas que los ganaderos consideran que sus animales requieren para estar en bienestar mencionaron agua y comida, atención veterinaria, medicinas y vacunas, espacio para caminar, no estar amarrados, expresar un comportamiento natural, abrigo y resguardo del clima, y una muerte sin sufrimiento.

El 100% de los ganaderos mencionaron que el agua está disponible ad libitum para los animales y que la alimentación es diaria, variando la frecuencia según la especie. El 26%

(33/129) mencionaron que amarran a sus animales, ya sea todo el tiempo como en el caso de algunas aves o durante ciertos períodos como la ordeña para el caso de vacas, borregas o cabras. Asimismo, expresaron que la frecuencia con que los animales reciben atención veterinaria es ocasional (40%, 52/129), dos veces al año (36%, 46/129), cuando se requiere (17%, 22/129) o anual (12%, 15/129). Cabe aclarar que dependiendo de la especie es la frecuencia de la atención veterinaria y muchos ganaderos tienen más de una especie en su rancho. En relación con lo anterior, indicaron que la causa de la atención veterinaria es por enfermedad (29%, 38/129), revisión y prevención (14%, 18/129), vacunación o desparasitación (10%, 13/129), diagnóstico de gestación e inseminación artificial (4%, 5/129), y partos o distocias (2%, 3/129).

En lo que respecta a la tenencia de animales de producción y su relación con los desastres naturales, los ganaderos mencionaron que los principales desastres naturales o situaciones que afectan a su comunidad son inundaciones (46%, 59/129), sequía (13%, 17/129), incendio de pastizales (12%, 16/129), temblores (9%, 11/129), huracanes y derrumbes (6%, 8/129), heladas (2%, 2/129), y aunque no es desastre natural, también mencionaron a la inseguridad (40%, 51/129). De entre estas situaciones, 31% (40/129) de los entrevistados mencionaron que alguna vez había tenido que desalojar su predio súbitamente por inundación debida a lluvia o crecida de ríos. En cuanto a la prevención para estos casos, 66% (85/129) de los ganaderos tiene identificadas zonas seguras para los animales y, de éstos, 46% (39/85) consideraría llevarlos a zonas altas, 8% (7/85) moverlos a otros potreros o corrales, 12% (10/85) considera seguro todo su predio, y los demás no contestaron.

Cuando se les preguntó qué medidas toman para proteger a sus animales cuando hay riesgo por alguna situación natural, 20% (26/129) respondieron que los lleva a zonas altas, 12% (15/129) les proporcionan forraje o concentrado, 6% (8/129) los trasladan a otros potreros, 5% (6/129) los encierran en corrales, 2% (2/129) los dejan libres, 18% (23/129) no toman medidas y el resto no respondió. Al cuestionarles sobre si sus animales quedan bajo el cuidado de alguien cuando tienen que ausentarse del rancho o no les es posible atenderlos, 88% (113/129) de los ganaderos indicaron que sí tiene alguien que los cuide y que, generalmente, es un trabajador o familiar.

Finalmente, cuando se les preguntó si tenían conocimiento de algún procedimiento en particular a seguir en caso de que fuera necesario evacuar sus animales por algún riesgo natural, los ganaderos respondieron que no, y tampoco sabían si había algún lugar en particular a donde llevarlos para su resguardo durante la emergencia, y su atención médica en caso necesario.

Conclusiones

1. A los propietarios de mascotas les preocupa protegerlas y resguardar su seguridad durante desastres naturales, pero desconocen el procedimiento a seguir en caso de evacuación, o si hay algún lugar a donde puedan llevarlas para ser resguardadas y atendidas.
2. Los ganaderos saben que durante desastres naturales deben poner a salvo a sus animales, pero solamente algunos toman precauciones; además, desconocen si hay algún procedimiento a seguir en caso de evacuación, o si hay algún lugar a donde puedan llevar a los animales para ser resguardados durante la emergencia y atendidos.
3. Es necesario diseñar planes de prevención con la participación de autoridades gubernamentales, académicas y civiles, y realizar periódicamente reuniones y simulacros.
4. El Plan de Auxilio a la Población Civil en Casos de Desastre (PLAN DN-III-E) de la Secretaría de la Defensa Nacional debe incluir el auxilio y movilización de animales de compañía y producción a lugares seguros, así como el establecimiento de clínicas veterinarias transitorias y el despliegue de brigadas veterinarias en las áreas rurales y urbanas para la atención de los animales.

Literatura citada

Hernández-Cruz, B. C., A. A. Carrasco-García, L. López-deBuen, C. C. Ahuja-Aguirre, P. Paredes-Ramos, A. López-Guerrero y F. Gómez-Boucrin. 2017. Respuesta a emergencias veterinarias: establecimiento de una clínica transitoria para mascotas en respuesta a las inundaciones causadas por el huracán Karl en Veracruz, México en el año 2010. p. 99-120. In Estrada, G. S., Anguiano, R., Taylor, A. y Pulido, E. (eds.). Los animales en Desastres-Gestión de Riesgo-CUMex-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). México. 2017. <http://www.inegi.org.mx/> [consultado el 5 de junio de 2017].

Lorente, I., D. Gamo, J. L. Gómez, R. Santos, L. Flores, A. Camacho, L. Galindo y J. Navarro. 2004. Los efectos biológicos del cambio climático. *Ecosistemas* 13(1):103-110. (<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/587>) [consultado el 24 de abril de 2015].

Navarro, R. 2017. Los servicios veterinarios ante las emergencias provocadas por el cambio climático. p. 15-36. In Estrada, G. S., Anguiano, R., Taylor, A. y Pulido, E. (eds.). Los animales en Desastres-Gestión de Riesgo-CUMex-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Producción pecuaria por estado. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 11 de abril de 2015].

SRE (Secretaría de Relaciones Exteriores). 2015. <http://www.sre.gob.mx> [consultado el 28 de abril de 2015].

UNISDR (The United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015. <http://www.unisdr.org> [consultado el 28 de abril de 2015].

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y SOCIOECONÓMICOS DEL EJIDO TLACUILOLTÉCATL CHICO, ZONGOLICA, VERACRUZ

Sergio Francisco de la Luz Apale^{539*}, Jordan Tzompaxtle Tzompaxtle⁵³⁹ y José Luis López Ayala⁵³⁹

Resumen

El presente estudio se realizó en el Ejido Tlacuiloltécatl Chico, Zongolica, Veracruz, cuyos integrantes están interesados en efectuar un orden territorial comunitario para definir características como clasificación campesina de suelos, áreas de producción agrícola, producción agroforestal, conservación de la biodiversidad y conservación de recursos hídricos. En este sentido el objetivo del estudio fue el de contribuir con la caracterización de los recursos hídricos y socioeconómicos para también proponer alternativas que resguarden los recursos hídricos y naturales en el Ejido. Para ello se efectuó primero la caracterización hídrica en donde se ubicaron y delimitaron las microcuencas utilizando dos plataformas SIG, el SIATL versión 3.1 y QGIS versión 2.4.0 además se georreferenciaron las fuentes de agua presentes en el ejido. En segundo lugar, se realizó un diagnóstico participativo, en el cual se emplearon herramientas participativas tales como talleres, encuestas y entrevistas con informantes claves y recorridos a campo para la identificación de los recursos naturales del ejido. Como resultados se tuvo que el ejido se encuentra ubicado en cuatro microcuencas pertenecientes a la Subcuenca RH28Ad- Río Petlapa. Posee cuatro manantiales temporales ubicados en zonas altas (con mayor cobertura forestal). La economía se basa principalmente en las actividades agrícolas, forestales y avícolas, donde sobresalen la explotación de los cafetales y la explotación forestal. Por ello, se proponen prácticas en el área de captación de la fuente (microcuencas), con el fin de aumentar la filtración del agua en el suelo y recargar los manantiales y fuentes subterráneas; prácticas en la fuente de agua (manantiales), para mejorar la captación, almacenamiento y saneamiento de agua.

Palabras clave: diagnóstico, microcuenca, manantial

⁵³⁹ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Ingeniería Forestal. 136w0355@itszongolica.edu.mx

Introducción

El ejido Tlacuiloltécatl Chico se caracteriza por tener un orden territorial comunitario, en el cual se definen características para la clasificación campesina de suelos, áreas de producción agrícola, producción agroforestal, conservación de la biodiversidad y conservación de recursos hídricos (TERP, 2008). En esta última se presta especial interés, ya que cuenta con manantiales temporales, sin embargo, debido a esta condición y a la falta de prácticas de mantenimiento y saneamiento estos no abastecen de agua a la comunidad, por lo que los ejidatarios han optado por otras fuentes fuera del ejido para su abastecimiento, todo esto ha traído como consecuencia diversos conflictos por este recurso.

Una combinación de inequidad social, marginalidad económica y una carencia de programas de superación de la pobreza, obligan a las personas que viven en estas condiciones a sobreexplotar la tierra y los recursos forestales, los que habitualmente resultan en impactos negativos sobre los recursos hídricos (Zury, 2012).

El manejar, proteger y conservar las fuentes de agua para que se genere una mejor disponibilidad de este recurso en cantidad y calidad, al menos en una buena parte del año, tiene como resultante ofrecer más oportunidades de mejora económica y social en las comunidades campesinas (Saavedra, 2009).

Bajo este marco, el presente estudio tuvo como objetivo el caracterizar los recursos hídricos, y socioeconómicos con la finalidad de proponer alternativas que resguarden los recursos hídricos y naturales en el ejido Tlacuiloltécatl Chico, Zongolica, Veracruz.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ejido Tlacuiloltécatl Chico, el cual se encuentra ubicado en la zona central montañosa del estado de Veracruz, perteneciente al municipio de Zongolica. Cuenta con una superficie de 293 ha. Se encuentra entre los 700 y 1300 msnm, con las coordenadas geográficas 18° 40' 40.91" LN y 96° 53' 0.79" LO. Presenta un clima templado-húmedo-extremoso, con temperaturas promedio de 17°C y precipitación anual de 500 a 1000 mm. El tipo de vegetación es de Selva perennifolia y Bosque de coníferas, Encino, y Mixtos (INEGI-CONABIO-INE, 2008). Con suelos tipo Litosol, el cual agrupa suelos caracterizados por ser delgados y con una fase lítica preponderante (INIFAP-CONABIO, 1995). El estudio se realizó con base en la siguiente metodología: 1) caracterización hídrica y 2) caracterización socioeconómica.

Caracterización hídrica

Delimitación de las microcuencas. Para la ubicación y delimitación de las microcuencas se utilizaron dos plataformas SIG, el SIATL versión 3.1 (INEGI, 2017) y QGIS versión 2.4.0 (Quantum GIS Development Team, 2014). Con ayuda del SIATL, se ubicaron cada una de las microcuencas con base en los ríos tributarios utilizando la herramienta “flujos corrientes arriba”, una vez identificadas se exportaron en formato JPG. Con la herramienta “georreferenciador” del programa QGIS se georreferenciaron cada una de las imágenes de las microcuencas, para poder exportarlas como imágenes ráster. Posteriormente, se cargaron estas imágenes como capas ráster en “vista del mapa” y, con base en éstas, se generó una nueva capa de archivo shape (Datum WGS-1984), utilizando la herramienta “conmutar edición” y “añadir objeto espacial” para delimitar cada uno de los polígonos de las microcuencas. Una vez generados los polígonos se sobrepuso la capa de Red Hidrográfica Escala 1:50 000 de INEGI para obtener los tributarios, posteriormente, con la herramienta de geoproceto “cortar” se realizó un corte de esta capa con base en los polígonos y se guardó como archivo shape. Por último, se sobrepuso la capa obtenida de los tributarios a la capa de los polígonos de las microcuencas. El área de cada microcuenca se determinó con la herramienta “medir áreas” y longitud e tributarios con la herramienta medir línea.

Ubicación de los manantiales. Para ubicar los manantiales presentes en el ejido se entrevistó a personas clave de la comunidad, posteriormente, se corroboró con recorridos a campo con la ayuda de un guía del ejido. Una vez identificados los manantiales se procedió a georreferenciar su ubicación y su altura sobre el nivel del mar.

Caracterización socioeconómica

Para la caracterización socioeconómica del ejido se realizó un diagnóstico participativo y se obtuvo información mediante una revisión bibliográfica de documentos temáticos, tesis, artículos e informes técnicos que se han realizado en el área de estudio. Se realizaron dos talleres (el 19 y el 20 de abril del 2017); en éstos participaron algunos ejidatarios, principalmente agentes clave, como el comisariado ejidal, agente municipal, secretario ejidal y el responsable del comité del agua. Se identificaron los principales sistemas productivos y actividades económicas, se analizaron los recursos naturales de flora y fauna, así como los recursos hídricos y se identificaron los servicios con los que cuenta la comunidad. Por último, se realizó un transecto que abarcó desde la zona alta hasta la zona baja del ejido, para identificar las características físicas y bióticas de la zona: principales usos de suelo y vegetación, disponibilidad de agua superficial y flora y fauna.

Resultados y discusión

Caracterización hídrica

El ejido Tlacuiloltécatl Chico se encuentra ubicado en cuatro microcuencas pertenecientes a la Subcuenca RH28Ad-Río Petlapa. Las cuales fueron clasificadas para fines prácticos con los siguientes nombres: microcuenca A, microcuenca B, microcuenca C y microcuenca D (Figura 1). En el Cuadro 1 se presenta el porcentaje de cada microcuenca con respecto al área del ejido.

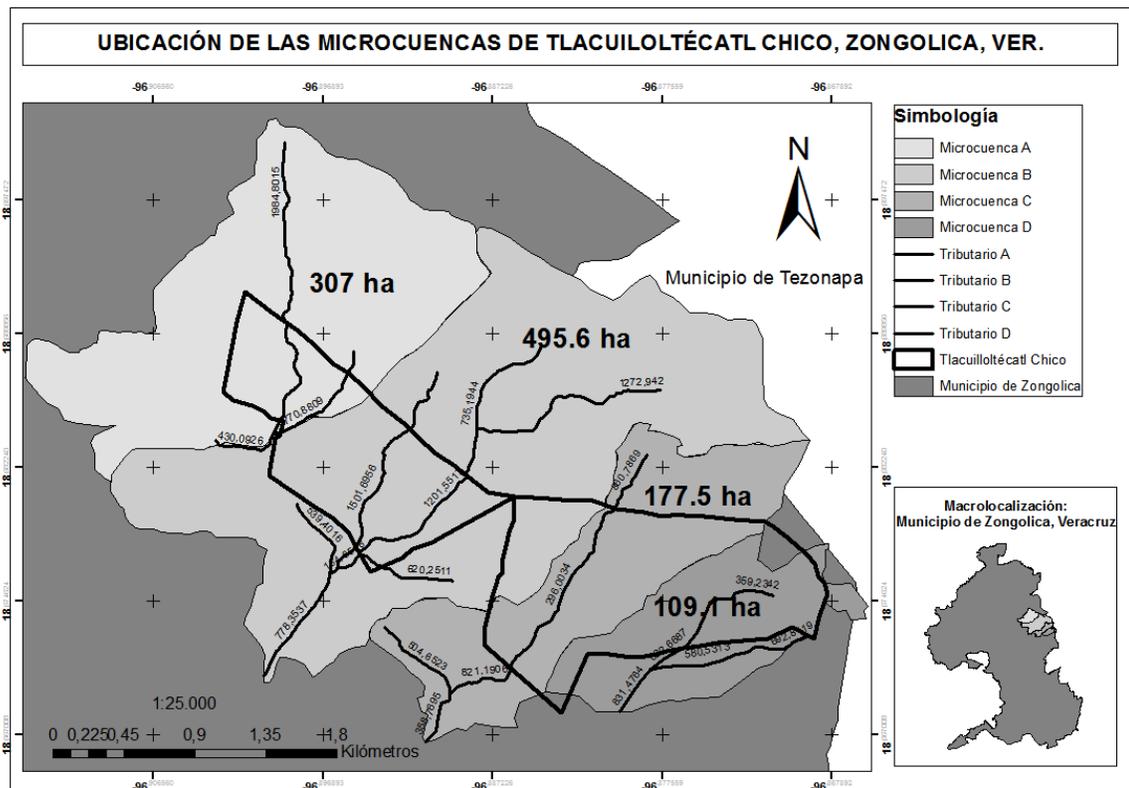


Figura 1. Ubicación de las microcuencas en el ejido Tlacuiloltécatl Chico, Zongolica, Veracruz.

Cuadro 1. Porcentaje del área de las microcuencas con respecto al área del ejido.

Área del ejido (ha)	Microcuencas	Área (ha)	Área sobre el ejido (ha)	Área sobre el ejido (%)
296	Microcuenca A	307	39.9	13.6
	Microcuenca B	495.6	104.2	35.6
	Microcuenca C	177.5	77.9	26.6
	Microcuenca D	109.1	65.4	22.3

Las longitudes de los tributarios de cada microcuenca se presentan en el Cuadro 2, así como las elevaciones máximas y mínimas y porcentajes de pendiente.

Cuadro 2. Atributos de los cauces principales.

Microcuencas	Longitud tributario principal (Km)	Elevación máxima (msnm)	Elevación mínima (msnm)	Pendiente (%)
Microcuenca A	2.4	1029	538	20.33
Microcuenca B	3.5	1224	498	20.87
Microcuenca C	2.5	1216	586	25.58
Microcuenca D	2.1	1354	645	33.68

Se encontraron cuatro manantiales temporales ubicados en zonas altas (con mayor cobertura forestal) del ejido (Cuadro 3). Dos se ubican en la parte alta de la microcuenca C y dos en la parte media de la microcuenca D.

Cuadro 3. Ubicación geográfica de los manantiales temporales del ejido Tlacuiloltécatl Chico.

No. manantial	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
1	18°40'41.93"	96°52'48.67"	904
2	18°40'35.00"	96°52'44.00"	892
3	18°40'27.77"	96°52'36.47"	960
4	18°40'20.12"	96°52'43.16"	886

Caracterización socioeconómica

El ejido tiene una población de 367 habitantes distribuidos en 80 familias, donde el 100% de la población es indígena y el 76% de los adultos son nahuahablantes (RAN, 2017; Catálogo de localidades, 2013).

Para el abastecimiento de agua, la comunidad solo posee una red de agua y la calidad de ésta se clasificó como buena según la percepción de los habitantes. La cobertura de la red abarca todas las viviendas.

Las personas de la comunidad cuentan con fosas sépticas en cada una de las viviendas. Las aguas residuales se descargan directamente al suelo, debido a que no se cuenta con un sistema de alcantarillado.

Dentro del ejido no existe un sistema de recolección de residuos sólidos, por lo cual los habitantes realizan la eliminación de la basura mediante la quema de los desechos en los patios de sus casas. Además, otras formas de eliminar la basura son por medio del entierro y la disposición en fosas sépticas.

El nivel de educación que se brinda en la comunidad es la básica, preescolar, primaria y secundaria. Las principales problemáticas que se detectaron en los tres niveles fueron una infraestructura inadecuada en las escuelas y un abasto insuficiente de agua.

En el ejido la economía se basa principalmente en las actividades agrícolas, forestales y avícolas, donde sobresale la explotación de los cafetales y las explotaciones forestales (Figura 2). Sin embargo, existen otras actividades que generan ingresos económicos, como las remesas y servicios que realizan las personas fuera de la comunidad como albañilería, carpintería y corte de caña.

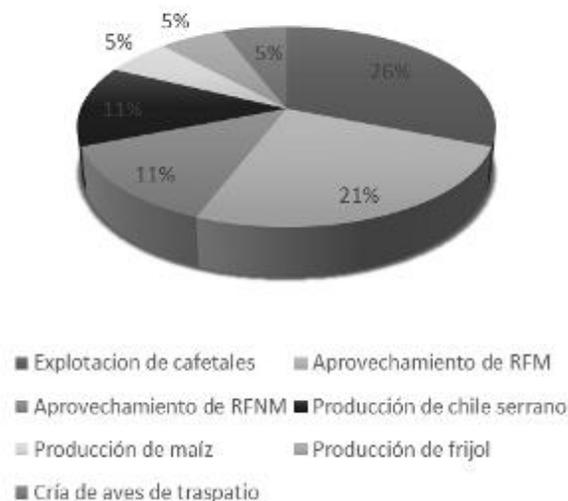


Figura 2. Principales actividades económicas que se realizan dentro del ejido.

Los porcentajes de uso de suelo y vegetación local se presentan en el Cuadro 4. En éste se observa que los sistemas agroforestales, principalmente representados por los cultivos de café con algunas especies forestales del género *Inga* utilizadas como árboles de sombra, sobresalen en relación con los otros.

Cuadro 4. Uso de suelo y vegetación local.

Área del ejido (ha)	Uso de suelo y vegetación local	Área (ha)	Área (%)
293	Bosques naturales	5.6	20
	Sistemas agroforestales	146.5	50
	Agricultura	43.95	15
	Viviendas	43.95	15

Asimismo, se identificaron 23 especies forestales con mayor uso comercial, siendo el cedro y el xochicuahuatl las más aprovechadas por su valor económico. La mayoría de éstas son utilizadas para elaborar madera y muebles (Cuadro 5).

Cuadro 5. Listado de especies forestales con mayor uso comercial en el ejido Tlacuiloltécatl Chico, Zongolica, Ver.

Familia	Nombre científico	Nombre Común	Uso
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Xochicuahuítl	Muebles y tablas
Meliaceae.	<i>Cedrela odorata</i> sp.	Cedro	Muebles y tablas
Juglandaceae	Juglas sp.	Nogal	Muebles, tablas y árbol de sombra
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.	Encino	Madera y carbón
Myrtaceae	<i>Psidium friedrichsthalianum</i> (O.Berg) Nied.	Guayabillo	Leña y madera
Meliaceae.	<i>Guarea glabra</i> Vahl	Cedrillo	Madera
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Huaje	Leña
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> Schltld.	Sangregado	Leña
Sapotaceae	<i>Sideroxylon persimile</i> (Hemsl.) T.D.Penn.	Tempesquistle	Leña y madera
Ulmaceae	<i>Ampelocera hottlei</i> (Standl.) Standl	Aguacatillo	Leña y madera
Rubiaceae	<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	Nazareno	Madera
Boraginaceae	<i>Cordia collococca</i> L.	Tintillo	Madera y leña
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Gateado	Madera y leña
Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	Vainillo	Árbol de sombra y comestible
Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Tepehuaje	Leña
Malvaceae	<i>Heliocarpus pallidus</i> Rose	Jonote	Leña
Fabaceae	<i>Erythrina lysistemon</i> Hutch.	Frijolillo	Leña
Malvaceae	<i>Robinsonella mirandae</i> Gómez Pompa	Manzanillo	Leña
Sapotaceae	<i>Mastichodendron capiri</i> (A.DC.) Cronquist	Cosahuico	Madera y leña
Cannabaceae	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F.Leroy	Peinecillo	Madera y leña
Malvaceae	<i>Ceiba</i> sp.1	Ceibilla	Leña
Malvaceae	<i>Ceiba</i> sp.2	Ceiba	Leña
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Pochota	Leña

De acuerdo con las entrevistas realizadas durante los talleres participativos, se identificaron 18 especies de fauna silvestre (Cuadro 6). Algunas de estas especies son aprovechadas con fines alimenticios (armadillo, ardilla y tuza) y oros con fines de caza (tejón, armadillo y coaqueche).

Cuadro 6. Listado de especies de fauna silvestre reportado por la comunidad.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Agoutidae	<i>Cuniculus paca</i> L.	Tepezcuintle
Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i> L.	Armadillo
Sciuridae	<i>Sciurus</i> sp	Ardilla
Sciuridae	<i>Spermophilus</i> sp	Ardilla
Agoutidae	<i>Dasyprocta mexicana</i> Saussure	Coaqueche
Procyonidae	<i>Nasua narica</i> L.	Tejón
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i> L.	Mapache
Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> Schreber	Zorra
Mephitidae	<i>Mephitis mephitis</i> subsp. <i>varians</i> Gray	Zorrillo
Accipitridae	<i>Circus cyaneus</i> L.	Gavilán
Psittacidae	<i>Psittacara holochlorus</i> Sclater	Périco
Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i> Frivaldszky	Paloma
Fringillidae	<i>Spinus pinus</i> Wilson	Jilguero
Icteridae	<i>Icterus bullockii</i> Swainson	Calandria
Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i> Gould	Tucán real
Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i> Lesson	Pico canoa
Turdidae	<i>Turdus migratorius</i> L.	Primavera
Turdidae	<i>Myadestes occidentalis</i> Stejneger	Clarín

Propuestas alternativas para resguardar los recursos hídricos y naturales

De acuerdo con lo anterior, para la protección y conservación de las fuentes de agua (manantiales) del ejido Tlacuiloltécatl Chico se proponen realizar lo siguiente: prácticas en el área de captación de la fuente (microcuencas), con el fin de aumentar la filtración del agua en el suelo y recargar los manantiales y fuentes subterráneas; prácticas en la fuente de agua (manantiales), para mejorar la captación, almacenamiento y saneamiento de agua. Para esto último las siguientes prácticas deben realizarse de acuerdo con la ubicación de los manantiales (Saavedra, 2009):

De la fuente de agua hacia arriba. Reforestar con especies nativas de la región alrededor de las fuentes de agua, en las laderas y en la parte alta de la microcuenca; planificar el uso adecuado de las parcelas promoviendo la agricultura ecológica, con abonos orgánicos y prácticas culturales, y evitando el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos; y, declarar a nivel ejidal las áreas donde se encuentran los manantiales como zonas protegidas.

De la fuente de agua hacia abajo. Realizar prácticas de conservación y restauración de suelos (control de la erosión a través barreras de material vegetal muerto y terrazas); condicionar las vías de acceso a los nacimientos; e, implementar un programa de mantenimiento de los manantiales periódico.

Lo anterior se puede complementar, con la implementación de un manejo y cuidado del agua en las familias y escuelas. Además de implementar sistemas de captación de agua de lluvia en zonas donde se presenta desabasto de agua (por ejemplo, en las escuelas).

Dado a la gran la diversidad de especies vegetales forestales, se cuenta con la presencia de especies de fauna silvestre que poseen un valor comercial potencial, por lo que la conservación de la cobertura vegetal forestal resulta importante para asegurar su conservación. Es por esto que se proponen talleres de sensibilización orientados a la temática de manejo forestal, reforestación y manejo de fauna silvestre.

Conclusión

1. Las acciones de protección y conservación de los recursos hídricos y naturales deben estar encaminadas en las áreas de captación de la fuente, es decir, en las microcuencas, para asegurar la recarga de los manantiales (fuentes). Además, se deben realizar acciones directas en las fuentes naturales de agua, para garantizar la captación y almacenamiento, lo cual conlleva a una mayor disponibilidad hídrica en el ejido.

Literatura citada

Catálogo de Localidades. 2013. Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP. Secretaría de Desarrollo Social.
<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=300680081> [consultado el 14 de julio de 2017].

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL) versión 3.1. México.

INEGI-CONABIO-INE. 2008. Ecorregiones terrestres de México, 2008, escala 1:100000. Instituto nacional de Estadística, Geografía e Informática-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto Nacional de Ecología. México.

INIFAP-CONABIO. 1995. Edafología, escala, 1:25000-1:100000. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Quantum GIS Development Team. 2014. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

Registro Agrario Nacional (RAN). 2017. Padrón e Historial de Núcleos Agrarios. <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php/sistemas-de-consulta/phina> [consultado el 14 de julio de 2017].

Saavedra, C. 2009. El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales. Cartilla educativa. Programa de gobernabilidad para el desarrollo territorial sostenible-CONCERTAR. III Concurso Nacional del Agua. La Paz, Bolivia. 37 p.

Talleres de Evaluación Rural Participativa (TERP). 2008. Taller de evaluación rural participativa de los recursos naturales y sistemas de producción agropecuario y forestal del ejido Nogales (Tlacuiloltécatl Chico), Zongolica, Veracruz. Informe Técnico del proyecto Programa de Desarrollo Forestal Comunitario PROCYMAP. Tlacuiloltécatl Chico, Zongolica, Veracruz.

Zury, W. A. 2012. Análisis organizacional e institucional de la gestión del agua para consumo humano en las microcuencas Buenavista Esquichá, cuenca del río Coatán, México-Guatemala. Tesis de Maestría. División de Educación y la Escuela de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 160 p.

EFFECTO DE QUITOSANO DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO TECOLUTLA

Verónica López Hernández^{540*}, Edwin Avelino García⁵⁴¹, Oscar Enrique Morales Moguel⁵⁴², Miguel Ángel Ruz Cruz⁵⁴³ y Leonardo de Jesús García Martínez⁵⁴⁴

Resumen

En la región de Tecolutla-Gutiérrez Zamora, la pesca es una de las principales actividades económicas, de la cual se derivan varios residuos orgánicos, tal es el caso del exoesqueleto de camarón. Los residuos derivados de exoesqueleto de camarón se han convertido en un problema ambiental en las zonas de pesca en México debido, principalmente, a que no existe un tratamiento o uso para este tipo de compuestos, contribuyendo de esta forma a la contaminación en distintos aspectos, pues las cantidades generadas diariamente de los residuos son considerables. El exoesqueleto de camarón ha tenido un auge importante en materia de investigación, puesto que es un residuo obtenido en cantidades considerables; además, se ha reportado que parte de su composición está basada en quitina, así como su derivado el quitosano, compuestos para los cuáles se ha encontrado amplia aplicación, como en las áreas de cosméticos, alimentos y tratamiento de aguas.

Por lo anterior, el presente proyecto se enfocó a la obtención de quitosano del exoesqueleto de camarón y en su valoración como material adsorbente en agua del Río Tecolutla. Las etapas para la extracción del producto fueron lavado, secado, triturado, desproteinización, desmineralización con HCl e NaOH, y la última etapa, la desacetilación, en condiciones alcalinas severas. El quitosano obtenido se evaluó en % de humedad, cenizas y solubilidad en ácido acético; los resultados se compararon con muestras de quitosano comercial. Los resultados fueron consistentes con las muestras comerciales. Finalmente, se evaluó el efecto físico-químico de la concentración del quitosano propuesto a través de un diseño experimental en las muestras de agua del Río Tecolutla, considerando los resultados de los análisis de dureza, turbiedad, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto (OD), sólidos solubles totales (SST) y cloruros, para ser comparado con las muestras de agua inicial y con las muestras tratadas con carbón activado grado analítico.

⁵⁴⁰ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, *Autor para correspondencia: veronica.lopez@utgz.edu.mx

⁵⁴¹ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, edwin@utgz.edu.mx

⁵⁴² Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, oscar_d@utgz.edu.mx

⁵⁴³ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, quimica@utgz.edu.mx

⁵⁴⁴ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, 131070815@utgz.edu.mx

Palabras clave: residuos orgánicos, quitina, tratamiento de agua, efecto físico-químico

Introducción

México es uno de los productores con gran influencia de camarón en el mundo, el estado de Veracruz se ubicó en el décimo lugar en producción de camarón en el año 2010 a nivel nacional, con 7.3 t (SIAP, 2010). El camarón es un alimento que proviene de la acuicultura y se utiliza para su comercio como tal; sin embargo, su peso crudo es determinado como residuo de la especie (Kandra et al., 2012). En México, se estima que cada año se generan cantidades considerables de desecho, por lo que los desperdicios de camarón son considerados un problema ambiental en las zonas costeras debido, principalmente, a que son depositados al aire libre, donde comienza el proceso de descomposición. La descomposición de este tipo de residuos lleva a la formación de más grupos contaminantes, ya que en su mayoría el exoesqueleto de camarón es desechado en basureros y no existe un plan de tratamiento para ello. Como residuo, los desechos de camarón han cobrado importancia en distintas áreas de aplicación, dado que, por la naturaleza de su consumo, se dispone de este residuo en proporciones grandes en las zonas costeras. Además, se ha reportado que parte de su composición está basada en quitina, así como, su derivado el quitosano, compuestos para los cuáles se ha encontrado amplia aplicación en las áreas de cosméticos, medicina, alimentos, entre otros. La quitina es un polímero presente en el exoesqueleto de artrópodos (Crini, 2005) y se considera también un polisacárido, con características muy similares a las de la celulosa, aunque con diferencias respecto a su estructura molecular. La quitina posee características, tales como un color blanco, textura dura, inelástica y es un compuesto al que se le atribuye contaminación superficial en las áreas cercanas al mar (Lemus et al., 2007).

Cuando la quitina se somete a un proceso de desacetilación alcalina con temperaturas altas y tiempos largos, su estructura sufre una degradación de grupos de acetamidas, y el compuesto resultante es un polímero denominado quitosano (Prashanth et al., 2002). El quitosano también se considera un polisacárido de cadena lineal, con grupos aminos regulados (Figura 1) y es soluble en soluciones acuosas con ácidos. Los grupos amino que son parte de la estructura del quitosano son aptos para modificaciones químicas (Argukelles et al., 1998). Se ha reportado que el quitosano cuenta con propiedades muco adhesivas, biológicas y absorbentes, las cuales son responsables de las aplicaciones para las que se emplea el quitosano actualmente.

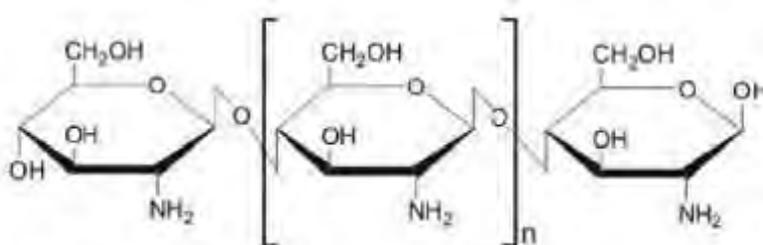


Figura 1. Estructura orgánica del quitosano de exoesqueleto de camarón (Fuente: Hernández et al., 2008).

La contaminación de los cuerpos de agua afecta directamente a las comunidades que viven cerca de los ríos, lagos y otros afluentes provocando daños a la salud y al medio ambiente. Además, representa un alto costo para la sociedad en su conjunto: entre más agua sea contaminada en los afluentes, más costoso será potabilizarla, llevarla a las ciudades y remediar los impactos negativos que deje en las comunidades y en el medio ambiente que fueron afectados. La poca responsabilidad de los ciudadanos, junto con la negligencia de la industria privada, en los últimos años, han provocado graves problemas en los cuerpos de agua de nuestro país.

Con base en esta problemática, se han desarrollado mecanismos de remediación de agentes edificadores; siendo el uso de adsorbentes, como el quitosano, una alternativa efectiva para remover contaminantes en los cuerpos de agua producto de la actividad diaria y actividades industriales, debido a sus características biodegradables, no tóxicas y biocompatibles (Andrade, 2015). El quitosano es una nueva alternativa para la obtención de quitina, lo que resulta en la desacetilación que es la eliminación de grupos acetilos para la formación del quitosano, el cual puede ser utilizado para el tratamiento de estas aguas. De acuerdo a lo anterior, en el presente proyecto se realizó la extracción de quitosano a través de quitina del exoesqueleto de camarón, con el objetivo de evaluar el compuesto extraído en muestras de agua del Río Tecolutla y comparar el efecto logrado con tratamientos de carbón activado en los principales parámetros fisicoquímicos del agua.

Materiales y métodos

La fase experimental se desarrolló en el laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora (UTGZ) desde el mes de Junio del año 2016 hasta Junio del 2017. La materia prima utilizada consistió en residuos de cáscara de camarón recolectados de centros de comida en el Municipio de Tecolutla, Ver. Los reactivos proporcionados por la UTGZ fueron HCl, NaOH, CH₃COOH y carbón activado, todos ellos de grado analítico.

La primera etapa del proceso consistió en eliminar las proteínas, utilizándose una solución de hidróxido de sodio y una temperatura elevada. Al finalizar esta etapa el residuo fue una solución de hidróxido de sodio con un alto contenido de proteínas. La segunda etapa del proceso consistió en eliminar los minerales, lo cual se hizo con una solución de ácido clorhídrico. Al finalizar esta etapa se obtuvo quitina. Para transformar la quitina en quitosano se empleó hidróxido de sodio concentrado, alta temperatura, reflujo y atmósfera de nitrógeno. Extracción de quitosano. El proceso para la extracción de quitina consistió en una etapa de lavado con agua destilada, secado a 60°C y triturado del exoesqueleto de camarón hasta obtener un tamaño de partícula de 2-6 mm, seguido de un tratamiento de desmineralización con HCl 1.3 N a 25°C y 60 min. Finalmente, se llevó a cabo una etapa de desproteización con NaOH 1.3 N a 80°C; una vez obtenida la quitina se termina con un proceso de desacetilación con NaOH 1.3 N durante 15 horas a 100°C para obtener el producto deseado, es decir, el quitosano (Ramírez et al., 2000; De la Paz et al., 2012).

Evaluación del quitosano obtenido. Para la evaluación del quitosano obtenido se realizaron pruebas de grado de desacetilación, cenizas y humedad, y se compararon con aquellas reportadas en la bibliografía para muestras comerciales de quitosano. Para obtener el porcentaje de ceniza se introdujeron 4 g de muestra a una mufla durante 6 horas a una temperatura de 800°C; el proceso final de enfriado se llevó a cabo con un desecador. La determinación del porcentaje de humedad se realizó introduciendo 2 g de muestra a una estufa a 105°C durante 24 horas. El porcentaje de materia insoluble se determinó disolviendo quitosano 0.5% (p/v) en una solución de ácido acético 0.1M con agitación constante de 200 rpm, durante 24 horas; a continuación, la muestra se filtró (papel filtro grado 610) y se secó en una estufa hasta obtener un peso constante (Hernández et al., 2009). Caracterización de la muestra de agua. Las muestras de agua contaminada fueron recolectadas en las orillas del Río Tecolutla, municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Para el diseño experimental se recogieron 32 litros de agua para llevar a cabo los 32 experimentos. Posteriormente, las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la UTGZ con un Test kit para la calidad del agua HI3817BP y HI3817PA de la marca HANNA donde se realizarán las pruebas de turbidez, CO₂, DQO, nitratos, fosfatos, pH, Alcalinidad, dureza, conductividad y acidez. Evaluación de muestras de agua con quitosano de exoesqueleto de camarón y carbón activado. Para el tratamiento del agua de río con carbón activado, la muestra se centrifugó a 2000 rpm durante 20 min y también se filtró. Inmediatamente después se mezcló 2 gr de carbón activado con 100 ml de muestra de agua, la mezcla se agitó por 45 min y se centrifugó a 4000 rpm durante 20 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, la muestra se filtró. El procedimiento se repitió dos veces. El tratamiento con quitosano en las muestras de agua se realizó considerándose las concentraciones siguientes: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 g, para lo cual se siguió el mismo procedimiento.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se observa la materia prima utilizada en este estudio, es decir, el exoesqueleto de camarón lavado y secado (izquierda), así como la muestra final obtenida de quitosano, con las características siguientes: polvo fino de color blanco y con un tamaño de partícula inferior a 2 mm.



Figura 2. Muestra de exoesqueleto de camarón (izquierda) y quitosano obtenido (derecha).

Por otra parte, en la Tabla 1 se presentan las características evaluadas para la muestra obtenida de quitosano, donde se comparan los valores como las muestras comerciales de alta masa molar (M_2) y de media masa molar (M_3). Respecto al contenido de cenizas, el porcentaje registrado es superior a ambas muestras comerciales, aunque es importante mencionar que el valor con la muestra de media masa molar es muy similar. En el valor de cenizas se considera un contenido de minerales, o bien impurezas, que resultó del proceso de obtención del producto; el procedimiento químico expone la estructura del polímero a condiciones alcalinas severas permitiendo la adsorción de material de ignición. Otra de las características consideradas fue el contenido de humedad.

Tabla 1. Cuadro comparativo del quitosano obtenido (M_1) con muestras de quitosano comercial (M_2 , M_3).

Muestra	% Cenizas	% Humedad	Materia insoluble
M_1	0.60	19.1	0.20
M_2	0.48	11.69	0.34
M_3	0.61	13.63	0.94

La muestra obtenida denotó mayor contenido de humedad a diferencia de las muestras comerciales; sin embargo, su pérdida de agua se atribuye, principalmente, a los procesos de secado a los que la materia prima se sometió; además de la desacetilación, donde las moléculas de agua disminuyen y los grupos aminos predominan.

Finalmente, la materia insoluble es una característica atribuida a los compuestos inorgánicos manejados durante el tratamiento y de acuerdo al resultado presentado para el producto, el mencionado porcentaje es inferior a los mostrados para las muestras comerciales.

Tratamiento con carbón activado y quitosano en las muestras de agua. Los resultados de los tratamientos llevados a cabo con carbón activado grado analítico y las distintas concentraciones de quitosano se pueden observar en la Tabla 2, donde se consideraron 7 tipos de muestras evaluadas (M1: muestra inicial, M2: muestra con carbón activado, M3: 0 g de quitosano, M4: 0.5 g de quitosano, M5: 1 g de quitosano, M6: 1.5 g de quitosano y M7: 2 g de quitosano). De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 2, los tratamientos con concentración de 1.5 y 2 g/L fueron los que mostraron valores próximos o incluso menores en los parámetros fisicoquímicos respecto al tratamiento con carbón activado.

Tabla 2. Comparación del tratamiento de las muestras de agua con carbón activado y quitosano.

PARÁMETROS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Dureza [mg/L CaCO ₃]	133	81	105	114	111	126	120
Alcalinidad [mg/L CaCO ₃]	465	540	480	516	600	450	489
Acidez [mg/L CaCO ₃]	150	0	300	300	250	350	200
Nitratos [mg/L O ₂]	5	5	5	5	5	5	5
Fosfatos [mg/L]	1	6.5	1	1.2	0.8	1	5
pH	9.44	10.68	9.1	9.14	9.52	9.12	9.1
Temperatura °C	23	25.3	22.9	25	22.1	24.5	24
Sólidos disueltos (ppm)	650	150	346	426	535	196	165
Conductividad (μS)	163	235	191	448	370	391	331
Oxígeno disuelto [ml/L O ₂]	8.5	5	9.3	6.2	8.9	5.2	8.27

Por lo que se presume que valorar este rango de concentraciones, considerando el tiempo y la velocidad de agitación como factores de bloqueo, podría arrojar resultados positivos respecto a la evaluación fisicoquímica.

Conclusiones

1. Con el quitosano obtenido del camarón, se demostró que es posible conseguir un producto a partir de residuos orgánicos con características similares a productos de la misma clasificación y que las diferencias obtenidas son modificables puesto que están sujetas a las condiciones físicas y químicas del desarrollo experimental.
2. Por otra parte, con la experimentación a diferentes concentraciones de quitosano, se manifestó un efecto visual en las muestras que fueron tratadas con el producto obtenido, el cambio consistió en una muestra turbia transformada en una muestra más clara. Aunado a lo anterior, es importante mencionar que, de las concentraciones utilizadas, la de 1.5 y 2 g de quitosano mostraron los mejores resultados en los parámetros fisicoquímicos evaluados.
3. Finalmente, se debe mencionar que actualmente el sobrante de la industria camaronícola es estudiado ampliamente en diversas áreas de la ciencia y aunque son pocas las investigaciones que concretan una aplicación en el tratamiento de agua residual, el avance que se ha logrado en esta disciplina ha permitido visualizar el cuidado del recurso vital más importante como lo es el agua, así como el uso y manejo adecuado de este tipo de residuos orgánicos.

Agradecimientos

A la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, y al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el apoyo brindado para la realización del presente proyecto.

Literatura citada

Andrade, C. 2015. Tratamiento de aguas contaminadas con crudo utilizando quitosano como adsorbente (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador.

Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, SIAP. Recuperado el 31 de julio de 2016 de: <http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/2013/12/Anuario2010>

Argüelles-Monal, W., Goycoolea, F. M., Peniche, C., & Higuera-Ciapara, I. 1998. Rheological study of the chitosan/glutaraldehyde chemical gel system. *Polymer Gels and Networks*, 6(6):429-440.

- Crini, G. 2005. "Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment". *Prog. Polym. Sci.* 30:38-70.
- De la Paz, N., Fernández, M., López, O. D., Nogueira, A., García, C. M., Pérez, D., & Díaz, D. 2012. Optimización del proceso de obtención de quitosano derivada de la quitina de langosta. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 13(3).
- Hernández Cocolletzi, H., Águila Almanza, E., Flores Agustin, O., Viveros Nava, E. L., & Ramos Cassellis, E. 2009. Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y vacío*, 22(3):57-60.
- Kandra, P., Challa, M. M., & Jyothi, H. K. P. 2012. Efficient use of shrimp waste: present and future trends. *Applied microbiology and biotechnology*, 93(1):17-29.
- Lemus, J., Martínez, L., Navarro, M., & Posadas, A. 2007. Obtención y uso de quitosano para tratamientos dérmicos a partir de exoesqueleto de camarón. *Boletín* (7).
- Prashanth, K. H., Kittur, F. S., & Tharanathan, R. N. 2002. Solid state structure of chitosan prepared under different N-deacetylating conditions. *Carbohydrate Polymers*, 50(1):27-33.
- Ramírez, M. A., Cabrera, G., Gutiérrez, A., & Rodríguez, T. 2000. Metodología de obtención de quitosana a bajas temperaturas a partir de quitina de langosta. *Cultivos Tropicales*, 21(1):81-85.

ESQUEMA DE MUESTREO ESPACIAL PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN EL COMPLEJO LAGUNAR CHACAHUA-PALMARITO-PASTORÍA, OAXACA

Rafael A. Guajardo Panes^{545*}, Gabriel Díaz Padilla⁵⁴⁵, Finlandia Barbosa Moreno⁵⁴⁶, José Antonio Cueto Wong⁵⁴⁷, Ignacio Sánchez Cohen⁵⁴⁷

Resumen

La estadística espacial permite identificar la ubicación o localización de indicadores con la finalidad de deducir su comportamiento, así como su ubicación y dispersión en el espacio. El presente trabajo tuvo como objetivo presentar un proceso metodológico para determinar el tamaño de muestra y determinar la ubicación de zonas donde se realicen tomas de muestras de agua en el complejo lagunar Chacahua-Palmarito-Pastoría del estado de Oaxaca. Con el uso de información previa en el estudio de calidad de agua en el complejo lagunar, la variable de conductividad fue de utilidad para estimar un tamaño de muestra bajo un esquema aleatorio simple con los niveles de confianza del 80, 85, 90, 95 y 99% para diferentes márgenes de error de estimación (5, 10, 15 y 20%) en donde se establece que el tamaño de muestra varía entre 11 y 168 muestras de agua. Mediante un análisis de varianza se identificaron diferencias significativas en la toma de muestras a través del tiempo, junto con un análisis de la climatología histórica de seis estaciones se definió la toma de muestras en tres periodos de tiempo: previo al temporal (finales de mayo), temporal intermedio (agosto-septiembre), y final de temporal (septiembre-octubre). Finalmente, mediante el apoyo de SIG, se definieron un total de 70 puntos de muestreo, de los cuales 25 inciden en puntos de interés, como desembocaduras de afluentes y 45 puntos adicionales distribuidos uniformemente en cada una de las lagunas que conforman el complejo lagunar Chacahua-Palmarito-Pastoría, la cual comprende una extensión de 3,564 ha. Cada uno de estos puntos se ubicó geográficamente en material cartográfico de apoyo para su puntual identificación en campo con la ayuda de un GPS. En trabajos posteriores, esta propuesta metodológica permitirá realizar el modelado de la estructura y medir la correlación espacial de las variables que fueron medidas tanto en campo como en el laboratorio y será auxiliar en la observación de estos indicadores en el espacio del complejo lagunar.

⁵⁴⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Golfo-Centro. Campo Experimental Cotaxtla. S.E. Teocelo. *Autor para correspondencia: guajardo.rafael@inifap.gob.mx.

⁵⁴⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Pacífico-Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

⁵⁴⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Disciplinaria Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera.

Palabras clave: estadística espacial, muestreo, sistemas de información geográfica, complejo lagunar.

Introducción

El agua es un elemento indispensable para la vida en el planeta (Luna et al., 2004) y su protección es uno de los objetivos más importantes (Gábor et al., 2014). Debido a las diversas actividades humanas, el ciclo biogeoquímico del agua se ha visto afectado significativamente (Odum, 1998), no sólo por el volumen de agua utilizado, sino también por el grado de contaminación con que es retornado a los cuerpos receptores como ríos y lagos, entre otros (Ryding & Rast, 1989); (Suess, 1982). La necesidad de acudir a herramientas estadísticas para el análisis de datos en todas las áreas del conocimiento, ha hecho que aparezcan, con el transcurrir de los años, nuevas metodologías que se centran en fundamentos probabilísticos comunes y son específicas para cada una de las diversas disciplinas del saber (Giraldo H., 2011). Las mejoras evolutivas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ahora permiten rutinariamente la gestión y el mapeo de la información espacio-temporal. En respuesta, el desarrollo de modelos estadísticos para combinar información de diferentes tipos y apoyo espacial es de vital importancia para la ciencia ambiental (Handcock, 2007). La estimación y el mapeo de la incertidumbre espacial de variables ambientales son cruciales para la evaluación ambiental y la toma de decisiones. Para una variable espacial continua, la estimación de la incertidumbre espacial puede realizarse en forma de estimación de la probabilidad de superar o no un valor umbral (Li et al., 2010).

El objetivo del presente trabajo fue proponer un esquema de muestreo espacial para la recolección de muestras de agua en el complejo lagunar Chacahua-Palamarito-Pastoría del humedal conocido como Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría, considerando los factores de espacio y tiempo. Esto es, determinar cuántas muestras tomar y dónde y cuándo tomarlas, con el fin de realizar, en el futuro, un estudio geoestadístico que permita establecer las relaciones de causa-efecto sobre las causas de la contaminación y deterioro del humedal.

Materiales y métodos

El sitio se localiza en la franja costera del municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, en el distrito de Juquila y en la región de la Costa del Estado de Oaxaca, en el sureste de la República Mexicana. El complejo lagunar Chacahua-Pastoría es un área natural

protegida del estado de Oaxaca que se localiza entre los 15°59'11.17" y 16°00'58.82" de latitud norte y 97°31'38.43" y 97°47'23.5" de longitud oeste; además, cuenta con una extensión aproximada de 17,424 ha, de las cuales aproximadamente 3,479 ha corresponden a cuerpos de agua y 13,945 ha a tierra firme (Salinas y Jiménez, 2008).

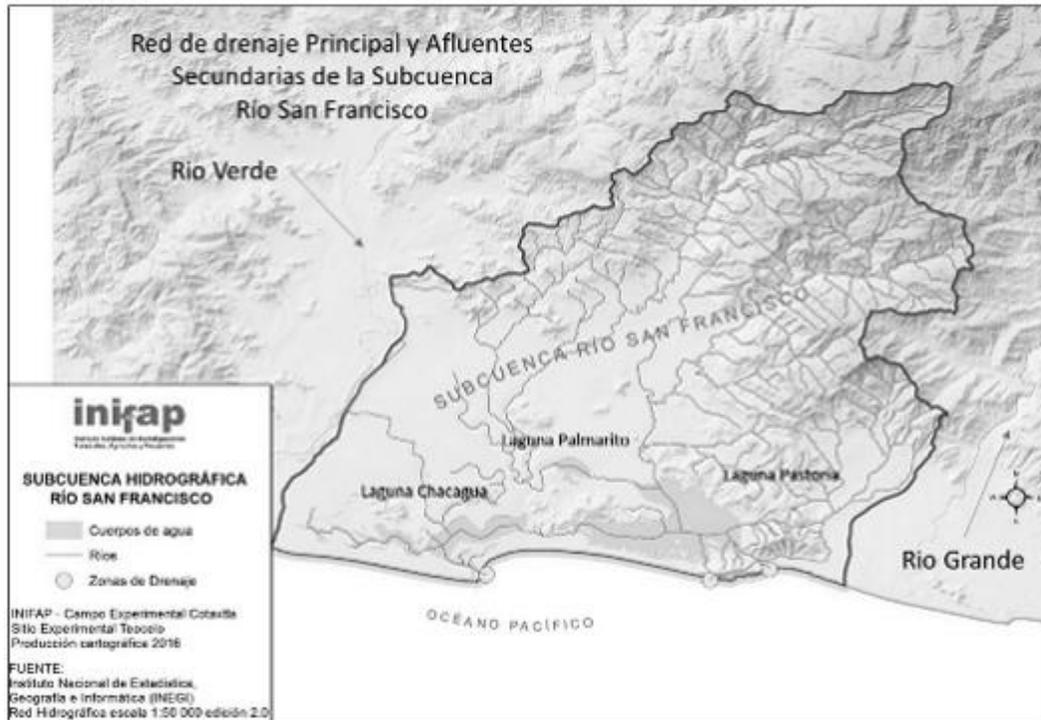


Figura 1. Ubicación de la subcuenca del Río San Francisco, Oaxaca, zona donde se encuentra el complejo lagunar Chacahua-Palmarito-Pastoría.

Para organizar mejor el esquema de muestreo en la zona de estudio, se realizó una segmentación de ésta en cuadrículas de 90 ha y posteriormente se emplearon cuadrículas de 1 ha. Esto, con el fin de definir los elementos de la población a los cuales se hará inferencia con el resultado de las mediciones. Cada una de estas cuadrículas se definirán como unidades de muestreo que dada su codificación se definirá como marco de muestreo para obtener el tamaño de muestra y las unidades que la conforman (Scheaffer et al., 1987). De acuerdo con información proporcionada por la CONAGUA, sobre análisis de agua en el complejo lagunar Chacahua-Palmarito-Pastoría (CONAGUA, 2017), se realizó una depuración de la información y un análisis exploratorio, donde se obtuvieron medidas de tendencia central y de dispersión e intervalos de confianza. Lo anterior, a fin de seleccionar aquella variable con mayor variabilidad y con base en ella establecer un tamaño de muestra robusto y representativo para el complejo lagunar de acuerdo a lo planteado por Scheaffer et al. (1987), como un muestreo aleatorio simple con el planteamiento siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2}$$

$$D = \frac{B^2}{4}$$

Dónde: N , es el tamaño de la población (celdas de 1 ha), σ^2 corresponde a la varianza poblacional de la variable de interés y D corresponde al cociente del límite de error de estimación. B se obtiene de la expresión siguiente:

$$B = 2\sqrt{V(\bar{y})} = 2\sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left(\frac{N-n}{N-1}\right)}$$

donde n es el tamaño de la muestra piloto, que para este caso es el número de muestras consideradas en el estudio realizado por la CONAGUA.

A fin de establecer un esquema de muestreo a través del tiempo, se realizó un análisis de varianza bajo un esquema de un Diseño Completo al Azar (DCA), con el fin de determinar si existen diferencias significativas en el comportamiento de las variables analizadas a través de los meses para determinar si es necesario realizar una o más mediciones. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se realizó una consulta de información climática de las estaciones ubicadas en la zona de estudio (Cuadro 1) (SMN-CNA, 2017) para establecer periodos de observación en el tiempo.

Cuadro 7. Estaciones consideradas para establecer la temporalidad del muestro.

Clave de estación	Nombre de la estación	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud
20047	Santa Catarina Juquila (CFE)	Santa Catarina Juquila	16° 13'59"	97°17'59"	1,690
20086	Paso de la Reyna	Santiago Jamiltepec	16°15'37"	97°37'00"	438
20098	Río Grande	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	16°00'39"	97°25'59"	27
20223	C.A.E.	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	16°01'00"	39°34'00"	70
20251	E.T.A. 199 Santiago Jamiltepec	Santiago Jamiltepec	16°55'00"	97°46'00"	1620
20381	Zapotalito	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	18°59'00"	97°39'00"	65

Con base en el análisis gráfico de las normales climatológicas decenales de las estaciones, se establecieron fechas de medición para estudiar la variabilidad de los indicadores analizados en el complejo lagunar y conocer la fluctuación de éstas a través del tiempo, mediante estudios geoestadísticos posteriores.

Resultados

De acuerdo con la información analizada, se observó que la variable conductividad de campo superficial, se pudo realizar el cálculo de un tamaño de muestra robusto con base en distintos niveles de confianza (NC) y márgenes de error de estimación (ME). Se observó que el número de muestras puede variar desde 11 (NC=80%, ME=20%) hasta 168 (NC=99%, ME=5%). Un mayor detalle sobre los tamaños de muestra propuestos, se encuentran en la Figura 2.

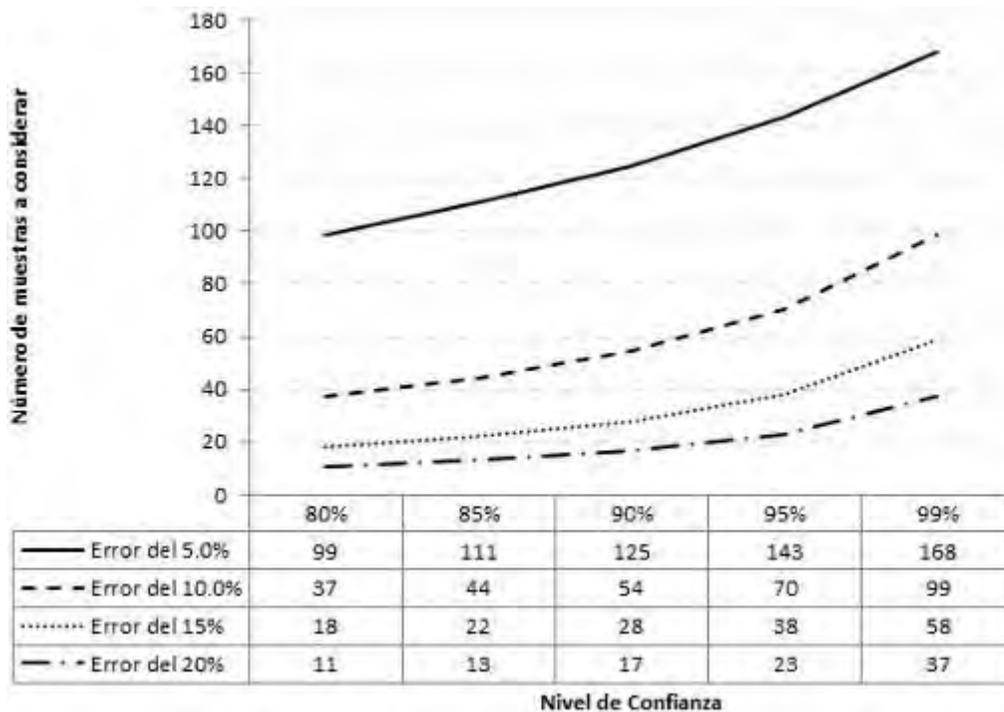


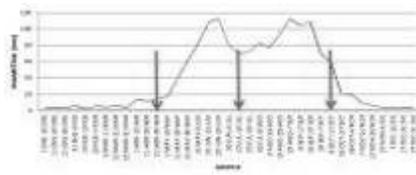
Figura 2. Tamaños de muestra a considerar a diferentes niveles de confianza y márgenes de error de estimación.

Con base en los resultados del análisis de varianza se definió que las muestras pueden tomarse en diferentes etapas del temporal (Cuadro 2). En este cuadro se observa que solo en las variables de nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, sólidos suspendidos totales y turbiedad del agua, no se encontraron diferencias significativas a través de los meses. Además, debido a que la variable de interés con la que se realizó el cálculo de la muestra (conductividad de campo) mostró diferencias significativas a través del tiempo, un análisis de las normales de precipitación decenales se realizó para establecer un criterio de observación a través del tiempo.

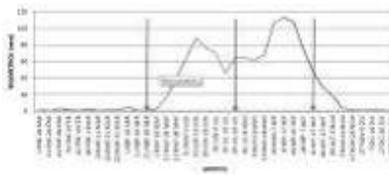
Cuadro 2. Resultados del análisis de varianza de la información proporcionada en estudio piloto de la CONAGUA.

Variables	Muestras Piloto	Media	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Pr > F Mes
Absorción de rayos UV	198	0.15	0.11	75.80	0.000
Clorofila	188	2.73	7.05	258.66	0.003
Color Verdadero	178	29.94	23.60	78.80	0.015
Conductividad de campo	200	39425.00	19426.00	49.27	0.000
Carbono orgánico total	199	11.19	9.44	84.34	0.000
Carbono orgánico soluble	191	6.31	5.17	81.85	0.000
Nitrógeno amoniacal	168	0.16	0.25	159.01	0.128
Nitratos	168	0.22	0.22	99.56	0.000
Nitrógeno orgánico	165	0.54	1.84	343.43	0.707
Oxígeno disuelto	201	5.23	1.26	24.06	0.002
Porcentaje de oxígeno disuelto en la superficie	201	61.98	16.52	26.66	0.000
Ortofosfatos	155	0.09	0.12	134.36	0.000
pH de Campo	201	8.01	0.39	4.88	0.000
Salinidad superficial	164	29.16	9.12	31.26	0.000
Sólidos suspendidos totales	160	53.03	26.75	50.44	0.235
Temperatura del agua en la superficie	201	29.77	1.92	6.46	0.000
Temperatura del ambiente	201	32.29	2.59	8.02	0.000
Turbiedad del agua	181	11.76	17.00	144.57	0.981
Temperatura del agua	201	29.79	1.89	6.33	0.000

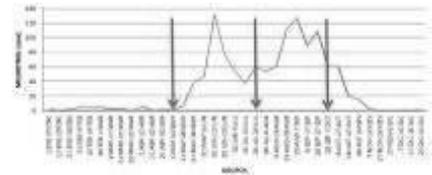
Con base en la información presentada en la Figura 3, se pudo establecer tres periodos para la toma de muestras en el complejo lagunar. Estos son: principio del temporal (finales de mayo), mediados del temporal (finales de agosto-principios de septiembre) y final del temporal (finales de septiembre-principios de octubre). Una vez obtenida la información antes referida, se estableció un esquema de muestreo espacial donde se definieron 25 puntos de interés y 45 puntos adicionales, los cuales se distribuyeron de forma homogénea a lo largo y ancho de cada una de las lagunas comprendidas en el complejo lagunar. La distribución de éstas se muestra en la Figura 4.



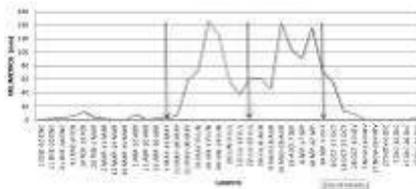
20047: Santa Catarina Juquila (CFE)



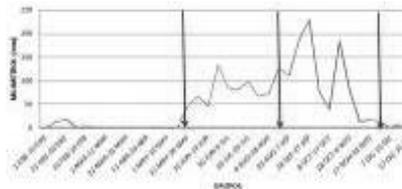
20086: Paso de la Reyna



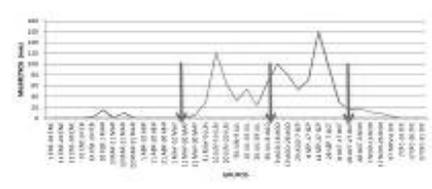
20098: Río Grande



20223: C.E.A.



20251: E.T.A. 199 Santiago Jamiltepec



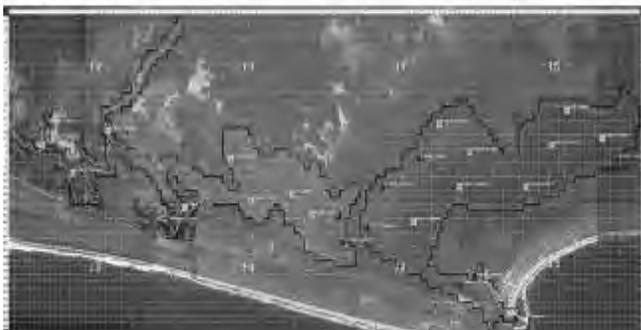
20381: Zapotalito

Figura 5. Gráficas de normales de precipitación decenal para las estaciones ubicadas dentro y cerca de la subcuenca del Río San Francisco.



Laguna Palmarito

Laguna Chacahua



Laguna Pastoria

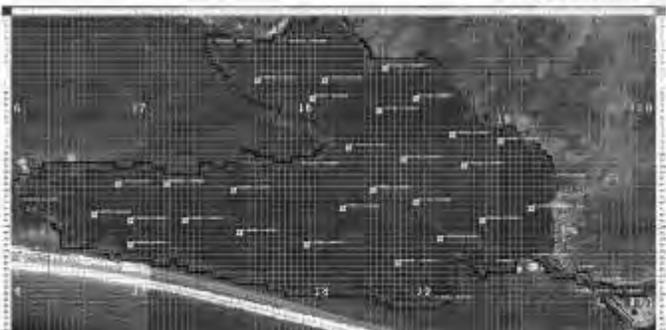


Figura 6. Esquema de muestreo espacial empleado para realizar la toma de muestras en el complejo lagunar Palmarito-Chacahua-Pastoria.

Discusión

En distintos trabajos donde se aborda el tema de muestreo especial, no se considera un planteamiento robusto y estadísticamente respaldado; en la mayoría de ellos se establecen puntos de observación arbitrarios, preferentemente en puntos de interés, por la importancia que en las zonas subyace. Sin embargo, este tema se considera de gran importancia en trabajos relacionados con la conservación y explotación de recursos naturales; así como en temas de contaminación y afectación de áreas naturales protegidas, donde la medición de características con alta precisión es de gran interés. Esto, a fin de realizar la aplicación de análisis posteriores con metodologías que incluyen procesos geoestadísticos, pues este tipo de estudios involucran observaciones debidamente georeferenciadas.

Conclusiones

1. Se desarrolló un esquema de muestreo de acuerdo a los recursos financieros disponibles para realizar el análisis de calidad de agua programado en el complejo lagunar Chacahua-Palmarito-Pastoría.
2. Se realizó una propuesta de fechas de recolección de muestras, con el fin de poder analizar la variabilidad espacial de cada uno de los indicadores en diferentes periodos de tiempo, con base en las condiciones de lluvia que lleguen a ocurrir en la zona durante el periodo de desarrollo del proyecto.
3. En el esquema de muestreo se tomó en cuenta el interés que se tiene sobre la toma de muestras en áreas donde convergen corrientes perennes e intermitentes. Esto con la finalidad de observar si existen elementos provenientes de la cuenca alta que pudieran influir en la química del agua y su dinámica en cada una de las lagunas del complejo.
4. El esquema de muestreo propuesto permitió intensificar el muestreo al interior de cada una de las lagunas que conforman el complejo lagunar.
5. Se consideraron puntos de muestreo en las áreas internas y externas de las lagunas.
6. Esta propuesta permitirá realizar, en el futuro, un análisis geoestadístico sobre el comportamiento espacio-temporal de las variables medidas en cada una de las lagunas, a fin de establecer relaciones causa-efecto de la contaminación y deterioro del humedal conocido como Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría.

Agradecimientos

Al Fondo Sectorial CONACYT-CONAGUA por el financiamiento otorgado, el cual hizo posible el desarrollo de este estudio, mediante la ejecución del proyecto 266193 “Caracterización Biofísica y Estudio Hidrodinámico y Transporte de Sedimentos a nivel de cuenca del Complejo Lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca”.

Literatura citada

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2017. Base de datos de calidad de agua del Humedal de Chacahua-Pastoría. Base de datos. México.

Hatvani, I.; Magyar, N.; Zessner, M.; Kovács, J. and Blaschke, A. 2014. The water framework directive: Can more information be extracted from groundwater data? A case study of Seewinkel, Burgenland eastern Austria. *Hydrogeology Journal* 22:779-794.

Giraldo H., R., 2011. Estadística Espacial, Bogotá: s.n.

Handcock, M. S. 2007. Model-based combination of spatial information for stream networks. *Environmental & Ecological Statistics* 14(3):267-284.

Li, W. Z.; Dey, D. and Wang, S. 2010. Estimating threshold-exceeding probability maps of environmental variables with Markov chain random fields. *Stochastic Environmental Research & Risk Assessment* 24(8):1113-1126.

Luna, P. V., A. Alva M. y A. Bernal B. 2004. Cuerpos de agua superficiales p. 117-143. In: D. G. d. E. d. Posgrados (ed.). *Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*. UNAM. México.

Odum, E. P. 1998. *Ecología: El vínculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales*. México D. F. University of Chicago.

Ryding, S. O. and W. Rast. 1989. *The control of eutrophication of lakes and reservoirs. Man and the biosphere*. Paris and London: UNESCO and Parthenon.

Servicio Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua. 2017. Información climatológica del estado de Oaxaca. México. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=oax> (consultado el 12 de febrero de 2017).

Salinas, O. D. y E. J. Jiménez F. 2008. *Ficha informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)- Versión 2006-2008, Puerto Escondido, Mixtepec Juquila, Oaxaca: RAMSAR*.

Scheaffer, R. L., W. Mendenhall y Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. Grupo editorial Iberoamérica: México.

Suess, M. J. 1982. Examination of water for pollution control. Who/E y Pergamon Press. Londres.

EVALUACIÓN DE LOS SOLVENTES DE EXTRACCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL TALLO DEL BANANO (*Musa balbisiana*)

Alejandro Alarcón Cerda⁵⁴⁸, Luis Rigo Callejas Vázquez⁵⁴⁸, Jesús Daniel Leovigildo Cruz⁵⁴⁸, Martín Adrián Gálvez Vázquez⁵⁴⁸, Jorge Antonio Gómez Garrido⁵⁴⁸ y Raúl Alejandro Limón Hernández^{548*}

Resumen

Veracruz cuenta con una gran biodiversidad, pues en diversas zonas de su territorio se alberga una gran cantidad de recursos de germoplasma útiles, los cuales expresan que el reino vegetal es un tesoro de diversos productos naturales como frutos y productos obtenidos a partir de procesos de ingeniería. Entre éstos últimos se consideran los colorantes, los cuales se derivan de fuentes de origen natural tales como plantas, insectos, animales y minerales. Hoy en día, los colorantes naturales han tomado realce debido a que se han reportado estudios que indican que los colorantes sintéticos generan un impacto ambiental negativo, además, se ha encontrado en la literatura bibliográfica que existen citas que resaltan la toxicidad de los mismos, generando síntomas alérgicos o carcinógenos en el humano. Los colorantes naturales generalmente constan de pigmentos, los cuales son pequeñas partículas que se encuentran suspendidas en un solvente (vehículo), que, al ser aplicados sobre una superficie cambian su color debido a su poder cubriente. Los colorantes son solubles y tienen la particularidad de penetrar en algunas superficies dependiendo la materia. Por lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron evaluar los métodos de extracción, así como los diferentes solventes para su futuro análisis químico y procesamiento; obtener un colorante natural para usos textiles, que sea biodegradable; y generar una propuesta de industrialización de los residuos del tallo del plátano en su género de *musa balbisiana*, con la finalidad de obtener extractos colorantes. De manera tradicional se conoce que al cortar un tallo de plátano, la savia del mismo se impregna en la ropa generando manchas difíciles de erradicar, habiéndose obtenido, como resultado, que el mejor solvente a ser utilizado es una solución de agua al 5% de hidróxido de sodio, la cual genera un colorante de tono café oscuro. Además, con otras soluciones como la acetona y metanol se lograron obtener extractos de tonalidad café claro y rojiza respectivamente.

⁵⁴⁸ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Programa educativo de Química área Industrial.

*Autor para correspondencia: raul.limon@utgz.edu.mx

Palabras clave: sustancias bioquímicas colorantes, extracción líquido-sólido, selección de solvente

Introducción

El estado de Veracruz ocupa el tercer lugar en producción de plátano produciendo 318 mil toneladas de bananas en 15,500 hectáreas situadas en los municipios de Atzalan, Tlapacoyan, Jalacingo, Misantla, San Rafael, Martínez de la Torre, Tecolutla, Gutiérrez Zamora, Nautla, entre otros (El Universal, 2016).

Según Solís (2007), la duración de la plantación es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de los cuidados del cultivo, mientras que la cosecha y los mejores frutos se obtienen de los vástagos nacidos de su pie, que fructifican a los nueve meses de la plantación. Los frutos se pueden recolectar todo el año y son más o menos abundantes según la estación. Para la cosecha, se corta la planta por el pie, dejando los vástagos en la base que, a la postre, fructifican pasados cuatro meses, de modo que en un año se pueden hacer tres recolecciones. Lo anterior deja biomasa útil que puede ser procesado para la obtención de metabolitos secundarios para uso industrial, tal es el caso de la extracción de colorantes. En los últimos años, el uso de colorantes de origen natural ha ganado gran importancia en el sector industrial, debido a las problemáticas tanto de contaminación como de afectación a la salud por parte de colorantes sintéticos. Un colorante es un tinte extraído de plantas o animales (de origen natural) o de minerales procesados en un laboratorio. En química, se denomina colorante a la sustancia capaz de absorber determinadas longitudes de onda, son sustancias que se fijan en otras sustancias y las dotan de color de manera estable ante factores físicos o químicos como la luz y agentes oxidantes (Sánchez, 2013).

Para que un colorante funcione en su estructura química debe tener determinados grupos funcionales denominados cromóforo, que hacen que la molécula absorba en la región visible del espectro electromagnético. Un auxocromo (aumentar color) son grupos cargados positivamente que intensifican una sustancia o cromóforo en la síntesis de colorantes (Noriega et al., 2011).

El color de un extracto depende del grupo funcional que contenga, así los pigmentos responsables del color verde son las clorofilas, del color amarillo los carotenoides o flavonoides, el azul a las antocianinas, y el rojo a las betaninas (Luqués, 2006). El grupo natural que reviste la mayor importancia dentro de los compuestos naturales coloreados son los flavonoides, no solo por presentar una gama amplia de diversas coloraciones, sino también porque últimamente se les atribuye un sin número de características funcionales beneficiosas para la salud como: dilatador arterial, hepatoprotector, antioxidante, colerético,

antifúngico, entre otras. El objetivo del presente trabajo fue identificar el solvente para la extracción del colorante del tallo de banano y evaluar el color al teñir tela de algodón utilizando cloruro de sodio como mordiente.

Materiales y métodos

El presente proyecto se desarrolló en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora en el periodo de enero a junio de 2017. Se estableció un diseño experimental $2k$ donde k tuvo un valor de 6 dando como resultado 64 experimentaciones, los cuales se desarrollaron por triplicado para su análisis estadístico. La experimentación consistió primeramente en secar la materia prima previamente picada, para esto se utilizó un secador de bandejas con la finalidad de eliminar la humedad tanto del tallo como de la cáscara de plátano hasta mantenerlo a peso constante. Como segundo paso, se prosiguió con la extracción del colorante utilizando una maceración de 10 gramos de la materia prima junto a 20 mL de solvente. La maceración se realizó para solvente: etanol, ácido acético, acetona, metanol, cloroformo y una solución acuosa de hidróxido de sodio al 5% (peso/peso), lo anterior con la finalidad de seleccionar el mejor solvente para la extracción. Al finalizar la maceración, se filtró el extracto y se centrifugó con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de materia orgánica y se seleccionaron los solventes con mayores rendimientos medidos utilizando un fotocolorímetro. Posteriormente, se llevó a cabo una maceración utilizando 1 L de solvente y 100 g de materia prima (tallo o cáscara) durante un tiempo de 30 minutos a 60°C . Después, una vez obtenido el extracto se realizó una evaporación con la finalidad de concentrar el extracto eliminando el 80% del solvente de manera isotérmica a 60°C para evitar degradación de los metabolitos secundarios. Finalmente, se evaluó el colorante teñiendo una tela de algodón previamente amordazada con una solución de hidróxido de sodio.

Resultados y discusión

Selección del solvente

Una vez evaluados los 6 solventes, se observó que los que brindaron mayores rendimientos fueron en primer lugar la solución de hidróxido de sodio al 5% seguido del metanol y acetona. Cabe señalar que se optó por utilizar la primera debido a representaba la mejor apuesta en cuanto a los costos del mismo. En cuanto a la selección de tallo o cáscara, se decidió utilizar tallo ya que mostró mayores rendimientos, incluso se pudo observar que la edad del tallo puede influir, ya que las mejores extracciones se realizaron con tallo viejo, es decir, con

biomasa residual de bananos cortados. Esto último realza la importancia que tiene el presente proyecto debido a que se plantea el uso de esa biomasa residual. En la Figura 1 se pueden observar las muestras donde el tubo 1 (izquierda a derecha) representa la solución de NaOH, el 2 a metanol y el 3 a acetona, donde se resalta la tonalidad oscura en comparación a los demás tubos que dieron un resultado negativo.



Figura 7. Pruebas de selección de solventes.

En la Figura 2 se resalta el colorante obtenido de la prueba con la solución de NaOH donde se aprecia una tonalidad oscura lo cual llegó incluso a notarse una tonalidad morada en la parte superior del tubo de ensaye.



Figura 2. Extracto con solución acuosa de NaOH al 5%.

Extracción del colorante

Por otra parte, de la extracción en la que se utilizó 1 L de solvente y concentrado, se obtuvo un color más oscuro, el cual se puede observar en la Figura 3. Cabe señalar que en el líquido aún se notaba la presencia de sólidos suspendidos.



Figura 3. Extracto concentrado de colorante de tallo.

Teñido de la tela de algodón

Finalmente, el teñido de la tela mostró resultados favorables, pero aún queda poder controlar la homogeneidad del color. En relación con lo anterior, en la Figura 4 se puede apreciar que algunas partes quedaron más oscuras que otras, sin embargo, se observa que se cumple el objetivo del proyecto.

Cabe resaltar que el tiempo de teñido fue de 30 minutos por lo que en futuras experimentaciones se plantean dos cosas, la primera, el uso de otras sales mordientes con la finalidad de evaluar el teñido y la segunda, aumentar el tiempo de teñido y obtener el tiempo óptimo del mismo. Otro factor relevante es que, al utilizar NaOH, el pH del colorante era ligeramente básico (pH de 8.2) por lo cual se debe neutralizar para evitar alguna lesión al tocar dicho extracto.



Figura 4. Tela de algodón teñida con el colorante obtenido.

Conclusiones

1. Después de realizar la investigación documental, se puede concluir que varios metabolitos secundarios que producen las plantas sirven como colorantes, siendo estos son más seguros que los colorantes sintéticos. El extracto del tallo de plátano sirve como materia prima en la extracción de un colorante café que mediante el uso de cloruro de sodio como mordiente se puede fijar de buena manera en telas de algodón. Se demostró que el mejor solvente a utilizar es una solución acuosa de hidróxido de sodio al 5% (peso/peso) seguido de metanol y acetona, sin embargo, el primero resulta ser más rentable en cuanto al costo del mismo ya que 1 L tiene un valor de \$2.50 mientras que el costo por litro de metanol grado industrial es de \$28.00 y finalmente el de la acetona está en \$80.00.

Literatura citada

- El Universal. 2016. Veracruz, tercer lugar en producción de plátano. <http://www.eluniversalveracruz.com.mx/negocios-economia/2016/veracruz-tercer-lugar-en-produccion-de-platano-24893.html> [consultado el 13 de julio de 2017].
- Luqués, C. V., Aguilera, J. M. 2006. El color de las aceitunas negras naturales de mesa, nueva técnica de mensura digitalizada para optimizar el método de oscurecimiento natural. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 37(1):65-75.
- Noriega, P. P. Coba S., J. Naikiai y J. Abad. 2011. Extracción, pruebas de estabilidad y análisis químico preliminar de la fracción colorante obtenido a partir del exocarpo del fruto de *Renealmia Alpina*. *Revista Ciencias de la Vida* 13(1):13-20.
- Sánchez, R. 2013. La química del color en los alimentos. *Química Viva* 12(3):234-246.
- Solís, R. A. 2007. Cultivo de plátano (género *Musa*) en México. Monografía. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de agronomía. Saltillo, Coah., México. 81 p.

CARACTERIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS MEDIANTE TRATAMIENTO ANAERÓBICO

Esteban Joaquín Medina¹, Verónica Torres Valencia⁵⁴⁹, Fabiola Corril Sánchez³⁹, Ramiro Escobar Hernández³⁸ y Ramón González Marquez³⁸

Resumen

Se realizó la depuración de aguas negras tratadas mediante la técnica de la digestión anaeróbica, mediante un digestor con una capacidad de 1000 L. Después de la digestión se tomaron muestras de agua antes de iniciar el proceso y después a los 90 días, y posteriormente cada 15 hasta los 180 días. Las muestras se sometieron a análisis físicos, químicos y biológicos para su caracterización. Se encontró que de los 90 a los 180 días las aguas presentaron buenas características, por lo que se consideraron de buena calidad para ser utilizadas en la agricultura o bien incorporarlas a cauces de ríos sin riesgo de contaminación. Con base en lo anterior, la eficiencia del digestor fue considerada excelente, al haber sobrepasado el 90% de efectividad en el proceso de depuración de aguas negras.

Palabras clave: digestor, aguas negras, eficiencia, calidad de agua

Introducción

En México, una de cuatro familias no cuenta con un sistema de disposición de aguas negras, tales como alcantarillado, letrina o fosa séptica; más de la mitad (64%) se encuentra en zonas rurales. Otra gran parte de la población de la ciudad y del campo está conectada a redes de drenaje, pero en tres de cada cuatro casos (75%), los desechos recolectados se vierten directamente en cauces como son: barrancas, ríos y lagos, sin recibir ningún tipo de tratamiento.

La mayoría de los desechos residuales domésticos suelen descargarse en barrancas y ríos, afectándose a pueblos vecinos. Además de los malos olores, la contaminación de fuentes de agua pone en constante riesgo a las familias de contraer múltiples enfermedades gastrointestinales, como son diarreas y fiebres muy altas, las cuales pueden causar la muerte al ser humano. Para reducir la contaminación, se tendrá que construir plantas de tratamiento de aguas residuales.

El agua residual puede definirse como agua de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, servicios agrícolas, pecuarios, domésticos y, en general, de cualquier otro uso. Ésta, por su naturaleza, no puede ser reutilizada nuevamente en el proceso que la generó. Por lo que al ser vertida en cuerpos receptores, puede resultar en una gran afectación a los ecosistemas acuáticos y a la salud pública (Anderson, 1994).

La digestión anaerobia, se define como la utilización de microorganismos, en ausencia de oxígeno, para estabilizar la materia orgánica por conversión a metano y otros productos inorgánicos, incluido el dióxido de carbono (Klely, 1991).

La digestión anaerobia es una opción para el tratamiento de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos urbanos, ya que con su implementación se disminuye el riesgo de generar polos infecciosos a causa de su carácter anaerobio. Además, se produce dos efluentes residuales importantes: el biogás, esencialmente metano y dióxido de carbono (Pavlostathis y Giraldo, 1991), que pueden ser utilizados como fuente de energía (Flotats y Campos, 1881); y un efluente líquido que puede utilizarse como acondicionador de suelos por sus características fisicoquímicas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar las aguas residuales tratadas mediante digestión anaeróbica y caracterizarlas física, química y biológicamente.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó acabo en la comunidad de San Agustín Chatchalzin del municipio de Tlatlauquitepec, localizado en la parte noreste del Estado de Puebla (Figura 1) (INEGI, 2002). El digestor cuenta con un cuarto de baño, dos cámaras de tratamiento para aguas negras con una capacidad de 1000 L, perfectamente selladas, una trampa de grasas y un campo de filtración subterránea. Éste último está formado por capas de piedra, grava, arena y tierra que captan y distribuyen, bajo el suelo, el agua ya tratada.

Se muestrearon digestores ubicados en la localidad de san Agustín Chatchalzin, los muestreos se realizaron cada 15 días, después de haber transcurrido 90 días de confinamiento. El número de muestreos fue ocho; el primero se realizó al tiempo cero y el segundo a los 90 días. Los seis muestreos restantes se realizaron cada 15 días después del segundo muestreo, de tal manera que el total de días transcurridos del trabajo fue de 180. La preparación de las muestras en el laboratorio para su análisis se realizó de acuerdo a la norma NOM-001-ECOL-1999. Las muestras de agua se tomaron al final del tubo que se localiza en el campo de filtración.

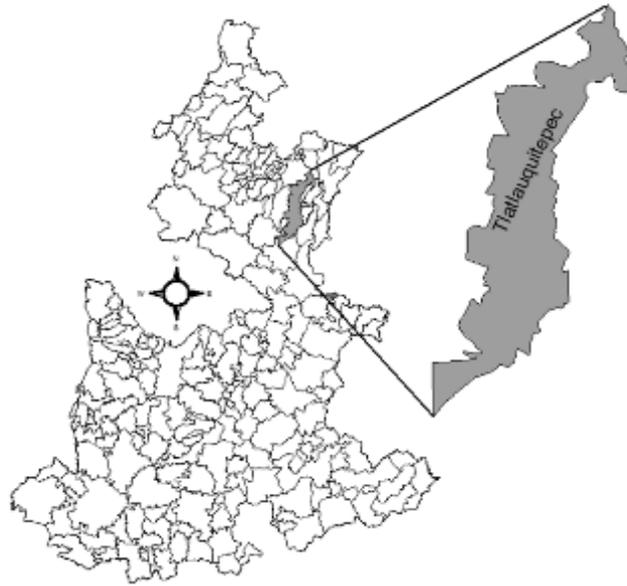


Figura.1. Localización del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.

Para las variables evaluadas de calidad física se consideró sólidos sedimentables por el método del cono y mhoff y; y sólidos suspendidos totales, por el método gravimétrico. Para estos parámetros se tomó la muestra en un recipiente de polietileno y posteriormente se refrigeró a 4°C; el tiempo máximo de almacenamiento, previo al análisis, fue de siete días. En cuanto a los análisis químicos, se determinó el pH, por medio del potenciómetro; nitratos, por el método de Kjeldhal; fosfatos, por el método de colorimetría; y potasio, calcio, magnesio y sodio, mediante el espectrofotómetro de absorción atómica; cloro, a través del método de titulación con nitrato de plata; boro, por el método de Rojo de Carmín; carbonatos, por el método de titulación; sulfatos, mediante el método de azul de metileno; DBO (demanda bioquímica de oxígeno), por el método de incubación por diluciones; y C.E., por el método del conductivímetro. Finalmente, respecto a los análisis biológicos se determinó la concentración de bacterias coliformes totales por el método de tubos múltiples de fermentación; así como los huevos de helminto, para lo cual las muestras se pusieron en un recipiente de plástico y se les adicionó formol al 10% y se mantuvieron en refrigeración a 4°C.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan las características químicas del agua en función de los diferentes tiempos de muestreo, por lo que de acuerdo a los resultados se observa que a los 180 días después del primer muestreo, excepto el pH, los demás valores se redujeron considerablemente en cuanto a su concentración inicial, los que más se redujeron fueron la CE, el Na, y los CO₃.

El promedio resultó de los valores obtenidos de las características químicas entre los periodos de los 90 a los 180 días, para así realizar la comparación con el tiempo inicial o tiempo cero, que es cuando el agua aún no ha entrado al sistema. Por lo que no tiene ningún tratamiento y sus características químicas se muestran el día cero (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas de las aguas tratadas por digestión anaeróbica, en mg L⁻¹, excepto pH y Ce.

	Días Transcurridos								\bar{x}	S ²	Min	Max	CV
	0	90	105	120	135	150	165	180					
pH	8.4	7.47	7.57	7.47	7.43	7.54	7.55	7.53	7.62	0.29	7.43	8.4	3.91
Ce	5.55	0.39	0.49	0.46	0.47	0.40	0.44	0.48	1.08	1.68	0.39	5.55	155.5
Ca	98.4	34.80	37.83	38.00	32.13	34.22	37.28	38.05	43.83	20.74	32.13	98.4	47.27
Mg	25	9.60	10.73	10.28	11.10	10.93	11.07	11.42	12.51	4.75	9.60	25	37.94
Na	190	10.10	10.93	9.40	9.47	10.15	9.10	11.00	32.51	59.53	9.10	190	183
K	27.5	10.00	12.53	11.03	12.70	10.87	11.75	11.90	13.53	5.34	10.00	27.5	39.48
NO ₃	22	16.53	15.17	14.70	15.37	13.80	12.33	15.57	15.68	2.66	12.33	22	16.98
PO ₄	24	15.25	15.23	14.80	15.43	15.90	14.92	15.53	16.38	2.90	14.80	24	17.68
CO ₃	456	5.90	5.33	4.85	5.67	5.26	5.81	5.41	61.77	149	4.85	456	241
SO ₄	28.8	4.50	5.50	4.70	5.10	5.10	4.90	5.32	7.98	7.87	4.50	28.8	98.51

Cationes y aniones (mg L⁻¹); \bar{x} = media; S² = Desviación estándar; Min = mínimo; Max = Máximo; y CV = Coeficiente de variación (%).

En la Figura 2 se observa cómo la concentración de los elementos va disminuyendo conforme pasa el tiempo, hasta llegar a niveles muy bajos como es el caso del sodio y carbonatos, en los cuales su concentración se redujo desde el tiempo cero o inicial hasta los 90 días después del primer muestreo y después permanecieron con cambios mínimos. Los demás elementos se mantuvieron también por debajo de la concentración inicial pero su disminución no fue tan drástica, se mantuvieron casi constantes después del muestreo de los 90 días.

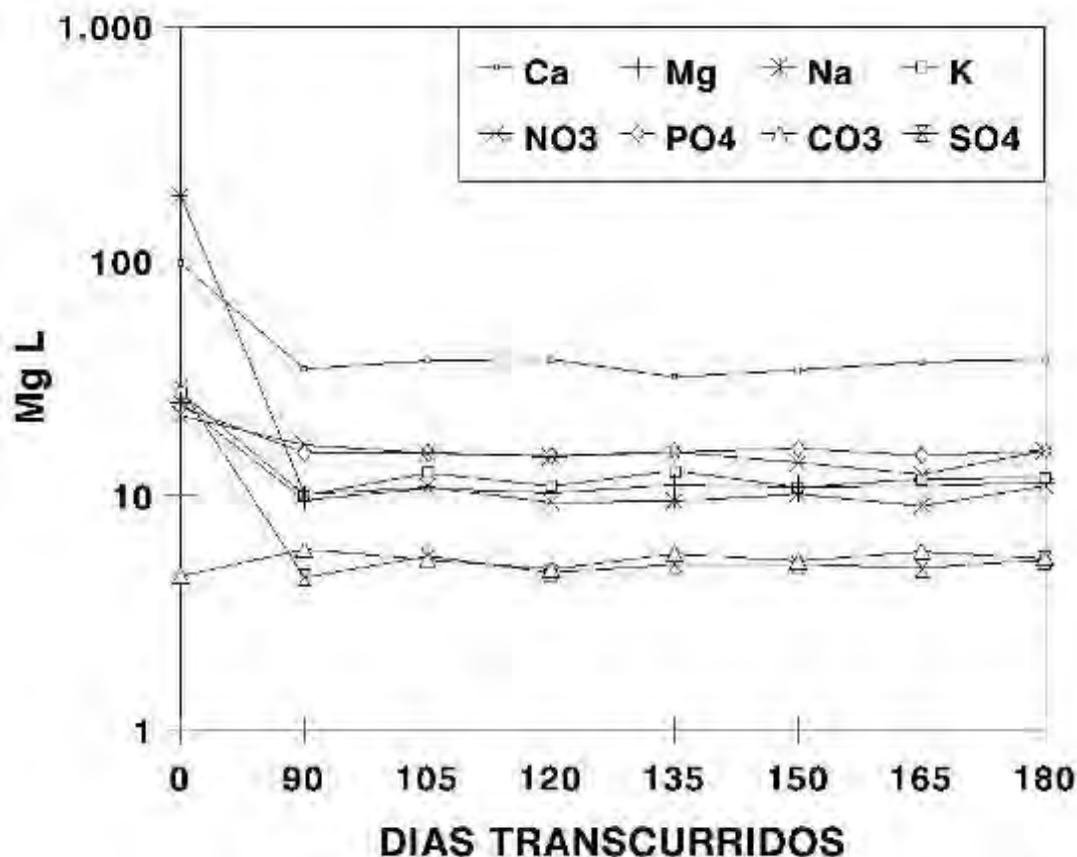


Figura 2. Concentración de cationes y aniones con respecto al tiempo de muestreo.

En el Cuadro 2 se muestran las características físicas de las aguas; se observa que la variación de la concentración de las variables no es significativa, debido a que ésta mostró, en general, poca fluctuación desde el día cero al 180 y su valor medio no cambia mucho respecto a la variable sólidos solubles totales.

Cuadro 2. Características físicas de las aguas tratadas por digestión anaeróbica.

	0	90	105	120	135	150	165	180	\bar{x}	S^2	Min	Max	CV
	Días transcurridos												
SST	0.2	0.39	0.39	0.48	0.28	0.35	0.43	0.35	0.35	0.08	0.2	0.48	22.75
SD	0.9	0.19	0.22	0.20	0.21	0.20	0.19	0.24	0.29	0.23	0.19	0.9	78.19

SST, sólidos solubles totales, y SD, sólidos disueltos, ambos en mg L^{-1} ; \bar{x} = media; S^2 = Desviación estándar; Min = mínimo; Max = máximo; y CV = Coeficiente de Variación (%).

En la Figura 3 se presenta el comportamiento de las dos variables, con respecto al tiempo de muestreo. La concentración de los sólidos disueltos se reduce significativamente del día cero hasta el 90 y de ahí en adelante permanece casi constante, con poca variación, hasta el día 180. Respecto a la variable sólidos solubles totales el rango de variación en los 180 días es de un 26%, incrementándose ligeramente al final de los 180 días.

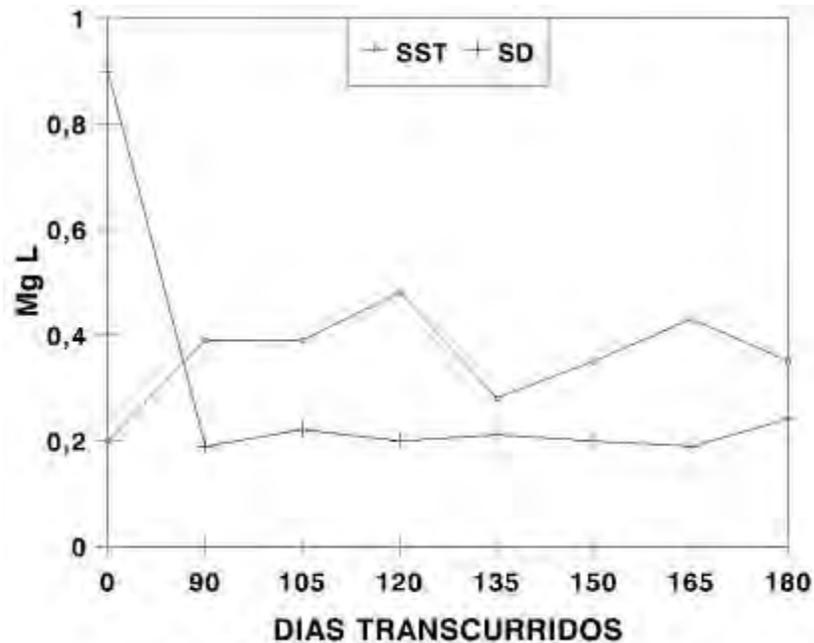


Figura 3. Dinámica de los sólidos solubles totales y sólidos disueltos con respecto al tiempo de muestreo.

Los resultados de las características biológicas se muestran en el Cuadro 3. Las concentraciones de las tres variables estudiadas disminuyeron en más de un 90% a los 180 días de tratamiento de las aguas. En el caso de los huevos de helminto se eliminaron en un 100%.

Cuadro 3. Características biológicas de las aguas tratadas por digestión anaeróbica.

	0	90	105	120	135	150	165	180	\bar{x}	S^2	Min	Max	CV
	Días transcurridos												
Coliformes	2400	37.3	36.3	38.0	34.0	30.6	35.6	32.0	37	827.4	30.7	2400	222
Huevos de helminto	68.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	24	0	68.8	255
DBO	222.6	26.4	27.7	25.4	26.4	27.2	24.8	27.3	54.3	68.6	24.8	222.6	126

DBO, demanda bioquímica de oxígeno (mg L^{-1}); Coliformes y huevos de helminto en NMP/100 ml; \bar{x} = media; S^2 = Desviación estándar; Min = mínimo; Max = máximo; y CV = Coeficiente de variación (%).

En la Figura 4 se observa cómo las concentraciones en las variables DBO y coliformes se redujo drásticamente desde el día cero hasta el día 90 y de ahí se mantuvo casi constante hasta el día 180. Por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que las características biológicas estudiadas se comportaron de manera satisfactoria. De esto resulta que la calidad del agua es buena; asimismo, la concentración de Huevos de helminto se redujo de un valor de 68.8 NMP/100 mL a cero, a partir del día 90.

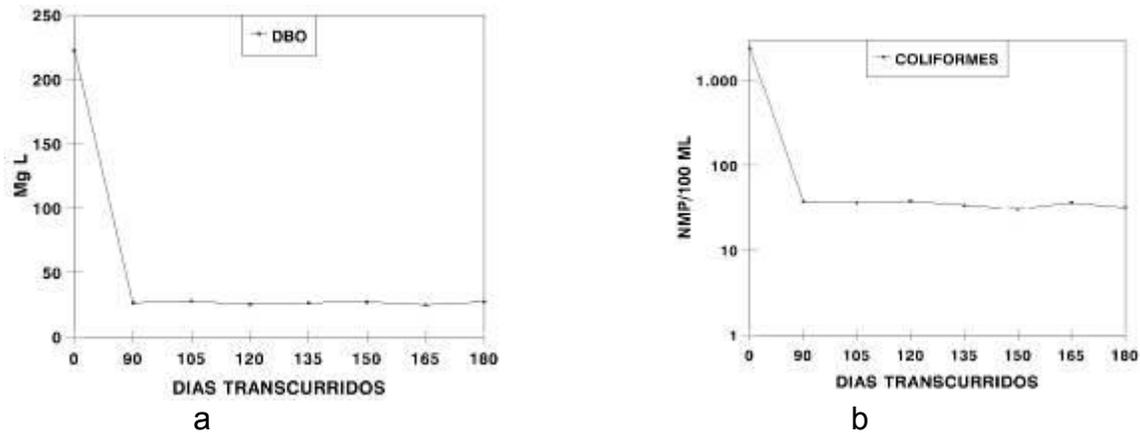


Figura 4. Cambios en la DBO y Coliformes, de acuerdo al tiempo de muestreo. a) Cambios de concentración en DBO (mg L^{-1}); y b) Cambio de número más probable de coliformes (NMP/100 mL).

Conclusiones

1. Con el tratamiento anaeróbico de las aguas negras, mediante el digestor anaeróbico, se logró reducir la contaminación de éstas y, en consecuencia, se observó una reducción importante en la concentración de las variables estudiadas.
2. Además, se encontró que la eficiencia del digestor es adecuada para este tipo de aguas y una alternativa en lugares donde no se tiene drenaje. Asimismo, se reduce también la contaminación tanto del suelo como de los mantos freáticos y, en consecuencia, el riesgo a la salud pública.

Literatura citada

Anderson, D. M. 1994. Red tides. Scientific American 271(2):58.

Klely, Gerard. 1991. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. M.C Graw-Hill. Madrid. 872 p.

Pavlostathis, S.G; Giraldo-Gomez, E. 1991. Kinetics of Anaerobio Digestion. Wastes Sciencie and Technology 24(8):35-59.

Flotats, X., E. Campos y A. Bonmati. 1991. Aprovechamiento energetico de residuos ganaderos. Curs d'Enggingeria Ambiental: Aprofitament Energetic de Residus Organics (3°.1997: Lleida). Memorias:1-21.

INEGI, 2002. Anuario Estadístico del estado de puebla. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Puebla, Pue., México. 188 p.

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN Y NORMATIVIDAD PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA

Hilda Saucedo Rivalcoba^{549*}, Adela Morales Vásquez⁵⁴⁹, Enrique Valle Méndez⁵⁴⁹ y Verónica Saucedo Rivalcoba⁵⁵⁰

Resumen

La agroindustria es un sector altamente importante en el crecimiento social y económico de la nación, esto desde el punto de vista de que la industrialización de los productos. Tiene un doble beneficio a la sociedad, ya que por un lado son generadoras de fuentes de empleo, y por otro lado, forma parte de la alimentación de la población a través de los productos obtenidos. No obstante, las agroindustrias al mismo tiempo son generadoras de grandes cantidades de residuos provenientes de los procesos de transformación. La industria avícola pertenece a este sector; tan solo a nivel nacional, en el 2016, se produjeron alrededor de 3 000 toneladas de carne de aves de corral; sin embargo, el proceso de transformación generó un 34 % de co-productos, sub-productos y residuos. A nivel nacional algunos co-productos y sub-productos son reutilizados en el proceso mismo; sin embargo, en el caso de los residuos sólidos, estos simplemente son confinados a cielo abierto; utilizados como fertilizantes o reciben un manejo especial a través de empresas especializadas. La normatividad aplicable al tratamiento de este tipo de residuos es bastante ambigua y, no está estandarizada la forma en que se aplica y se regula el manejo adecuado de los mismos. Así también, la falta de conocimiento o asesoría especializada, por parte del sector empresarial, del posible uso que se le pueden dar a estos residuos o los beneficios que puedan proporcionarles a las empresas, repercuten directamente en la sustentabilidad y el manejo responsable de los procesos agroindustriales. Por lo anterior, el presente estudio plantea el análisis de los residuos sólidos del sector avícola, visto desde tres ámbitos: el normativo, el regulatorio y el de la reutilización, mediante el uso de nuevas tecnologías.

⁵⁴⁹ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Ingeniería en Gestión Empresarial, Km. 4 Carretera a la compañía s/n Tepetitlanapa, Zongolica, Ver.

⁵⁵⁰ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Ingeniería de Procesos Biotecnológicos y Alimentarios, Av. Veracruz s/n esquina Héroes de Puebla, Col. Pemex, Tierra Blanca, Veracruz. *Autor para correspondencia: yami_sau@hotmail.com

Palabras clave: agroindustria, residuos sólidos avícolas, marco normativo, sanciones, nuevas tecnologías de reutilización

Introducción

La agricultura es una de las principales actividades económicas a nivel mundial y nacional. Sin embargo, la industrialización de los productos agrícolas produce miles de toneladas de residuos, siendo de importancia aquellos provenientes de los procesos de transformación de productos vegetales y animales (Navas, 2015). Por otro lado, existe una imperiosa necesidad de disminuir y reemplazar los productos a base del petróleo; como es el caso de los plásticos, cuya producción mundial ha alcanzado cifras de 299 millones de toneladas por año y, cerca del 95 % provienen de derivados del petróleo, los cuales originan problemas de carácter ambiental. Lo anterior, se debe a la disposición final que se hace de éstos, los cuales ocasionan una disminución de las fuentes fósiles de donde se extrae el petróleo. Es así que la química verde es una alternativa tecnológica, mediante la cual se disminuye o se elimina el uso de componentes químicos derivados del petróleo. Lo anterior provoca menos emisiones de gases y la biodegradación y/o el uso de sustratos provenientes de fuentes renovables. El uso de residuos agroindustriales, como fuentes de compuestos fácilmente degradables o reutilizables, en la producción de bio-plásticos, es uno de tantos casos (Reddy, 2015; Rivero, 2017).

Los co-productos y sub-productos, en cualquiera de sus estados, se generan inevitablemente durante los procesos de transformación. En algunas ocasiones serán reutilizados en el proceso en mayor o menor porcentaje, dependiendo de los productos secundarios que se deseen obtener.

Sin embargo, en el caso de los residuos la mayoría de las veces no tendrán una segunda vida útil. Es así que tendrán un manejo especial; simplemente serán confinados dentro de la misma empresa o remitidos a empresas especializadas para su tratamiento final. En la actualidad, los residuos en general, particularmente aquellos que se encuentran en estado sólido y/o biomasa, pueden ser peligrosos. Los sólidos urbanos o de manejo especial presentan características importantes para ser reutilizados. Como ejemplo de lo anterior podemos citar a los residuos provenientes de los procesos agroindustriales, cuya estructura química básica son los polisacáridos, proteínas y lípidos, considerados químicamente activos por la gran cantidad de grupos funcionales que los forman (Wang, 2009).

La industria avícola es un sector importante como fuente primaria de productos alimentarios. Dentro de éstos se encuentran el huevo y la carne; los cuales representan una fuente importante de proteínas en la dieta de las personas. El constante incremento de este sector

es debido a que son productos económicamente accesibles al promedio de la población, además de poseer beneficios nutrimentales, en comparación con otros tipos de carne como la de res, cerdo o pescado. Los principales productores avícolas a nivel mundial son los Estados Unidos, China y Brasil; con una producción de 40 millones de ton/año y la Unión Europea con cerca de 11 millones de ton/año. En este sentido, México está por debajo de estas cifras, debido a que solo produce en promedio 3 millones de ton/año. A pesar de la importancia que tiene esta industria en la economía y alimentación de la gente, aun no se ha considerado que el aumento de la producción, trae como consecuencia una elevación en la generación de los residuos avícolas; como la piel, carne de segunda, huesos, sangre y plumas. A la fecha, el tratamiento que se le da a estos residuos es utilizarlos como fertilizantes (composta), reutilización dentro del mismo proceso (harinas a partir de carnes de segunda, sangre, huesos y plumas) y, finalmente, los que ya no pueden ser reutilizados en el proceso se dispersan a cielo abierto o a través de empresas especializadas en el manejo de este tipo de residuos, causando graves problemas ambientales (Brandelli, 2015).

En las últimas décadas se ha incrementado en México el número de empresas de competencia federal interesadas en ser sustentables. A principios de los 90's, una de cada cuatro tenía problemas de contaminación. Hoy, esta cifra se ha reducido a una de cada 200. Las compañías más enfocadas en implementar medidas ambientales en sus procesos son, en su mayoría, los grandes corporativos. Éstos, han visto que la adopción de normas ambientales, más allá de los beneficios al entorno, cada vez tiene más peso en la imagen de las empresas en el mercado global. Sin embargo, las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) nacionales, por desconocimiento o falta de interés, no tienen entre sus prioridades adoptar planes de manejo integral para sus procesos, teniendo un beneficio hacia el medio ambiente.

A la fecha, la inocuidad de los alimentos es una característica de calidad esencial en las empresas, para lo cual existen normas en el ámbito nacional e internacional. Sin embargo, aún no es del todo claro el concepto del "proceso verde", el cual no sólo incluye el proceso de transformación, sino el plan de manejo de los residuos generados. Lo anterior, debido a que tanto el empresario como el consumidor, solo se enfocan en una exigencia mayor hacia los atributos de calidad del producto, no así en el manejo integral de los residuos generados durante el proceso de transformación. Dada esta situación, el sector empresarial que esté interesado en mejorar su competitividad y su participación en el mercado global, debe implementar las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), las cuales son aplicadas a un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC o HACCP, por sus siglas en inglés); siendo esta una normatividad de alcance mundial (Vallejos, 2012). Por otro lado, también deben cumplir con un programa de Gestión de Calidad Total (TQM) o de un Sistema de Calidad, propuestas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

Estas normas están contempladas en la normas ISO 9000 (referida a calidad y gestión de calidad en la producción de bienes y/o servicios) (González, 2015) e ISO 14000 (concerniente al Sistema de Gestión Ambiental) (Beejadhur, 2007). Finalmente, pero no menos importante, es atender la normatividad para la gestión y el manejo de residuos de las Normas Oficiales Mexicanas (NOMS). Es por lo anteriormente expuesto, que el análisis que aquí se presenta, pretende visualizar un panorama de la situación de los residuos provenientes de la industria avícola, desde tres perspectivas, es decir, la normativa, la regulatoria y el planteamiento de estrategias para la reutilización de los residuos que se generan en este tipo de agroindustrias, a través de nuevas tecnologías.

Metodología

Debido a la complejidad de los procesos agroindustriales, a la fecha los aspectos importantes en la práctica dentro del proceso se enfocan primordialmente en: a) legislación alimentaria; b) inspección de los alimentos; c) análisis (laboratorios oficiales); d) gestión del control de los alimentos; e) información; educación y; f) comunicación. Sin embargo, los residuos generados por el sector avícola solo se contemplan en menor grado. Es por ello, que aquí se realiza un análisis para una adecuada gestión y manejo de los diferentes residuos sólidos provenientes de la agroindustria avícola. El análisis se estudia bajo tres ámbitos:

1. Análisis del marco normativo
2. Aplicaciones y sanciones de la normatividad
3. Reutilización de los residuos

Análisis 1. Marco normativo. Se considera como primera instancia la Constitución Política Mexicana, seguida de las Leyes y NOM's para aplicarlas posteriormente en el Plan Nacional de Desarrollo vigente, bajo la supervisión de Semarnat, Secretaría de Salud y Asistencia y Profepa. Otro punto a considerar, son los lineamientos de operación para el otorgamiento de subsidios por parte de la Semarnat, a través del Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. Se hace referencia a la alineación con el Programa sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2013-2018, con el objeto de establecer un procedimiento homogéneo, que favorezca la asignación de recursos económicos destinados a mejorar la operación y maximizar el aprovechamiento material o energético de los residuos de manejo especial, y así cumplir con los requisitos, términos y condiciones que se señalan en el mismo.

Análisis 2. Sanciones administrativas. Aquí se consideró el impacto económico que se refleja directamente en las empresas, a través de las penalizaciones administrativas; aplicadas por PROFEPA. Este es un organismo autónomo que pertenece a la SEMARNAT y es el encargado de regular, vigilar y aplicar sanciones a las empresas que no cumplan con los requisitos de manejo de residuos, los cuales pueden ir desde una multa, hasta el cierre temporal o definitivo de la empresa.

Análisis 3. Reutilización de residuos. Ante la creciente necesidad de que los procesos sean ambiental, social y económicamente responsables, la comunidad científica se ha dado a la tarea de proponer alternativas de reuso de los residuos, en los diferentes estados en los cuales se puedan generar en las agroindustrias; en específico las avícolas, y por lo tanto no están exentas de este interés de investigación. Por lo que, se plantean las nuevas tendencias de reutilización de los residuos; concretamente los sólidos, como alternativas para un proceso sostenible en las industrias.

Resultados

Análisis 1. Marco normativo.

La agroindustria como sistema de producción, a nivel mundial genera grandes ganancias, siendo este un punto de referencia como modelo de crecimiento económico. La industria avícola, pertenece a este sector y por lo tanto, es importante un seguimiento de las actividades en este rubro. Tan solo en el 2016, en México, se produjeron 3.275 millones de toneladas de carne de ganado avícola para consumo directo. En el 2011 fueron sacrificados 1.65 millones de aves, y la proyección al 2020 es que sean 1.8 millones de aves, lo que representa un incremento del 9.09 % en una década. A pesar de un aumento relativamente rápido de la producción, también se estima un ligero crecimiento de las importaciones, al pasar de 570 mil a 604 mil toneladas, como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020 (Sagarpa, 2011).

Carne de ave (millones de t/año)	Año											
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Producción	2.64	2.70	2.85	3.00	3.11	3.14	3.21	3.23	3.30	3.32	3.40	3.43
Consumo	3.11	3.21	3.41	3.57	3.68	3.72	3.80	3.83	3.90	3.93	4.00	4.03

En la Figura 1a, se observan qué dentro de los países productores de ganado avícola a nivel mundial, México solo produce el 5 %, sin embargo, a nivel nacional la carne de pollo es la principal fuente de proteína en la dieta de los mexicanos, como se observa en la Figura 1b.

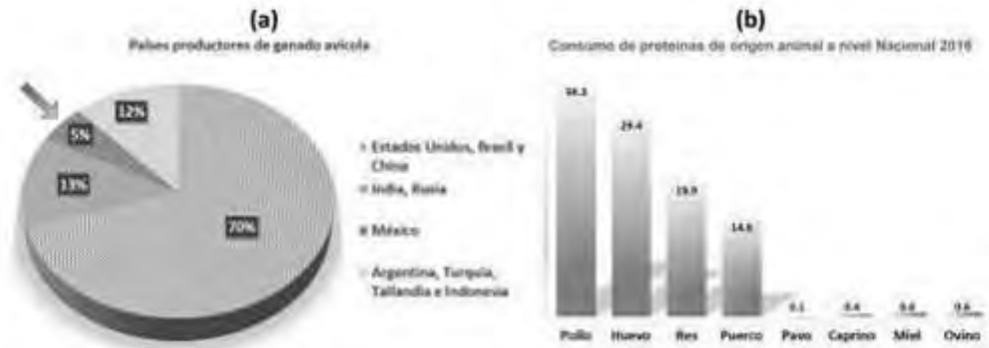


Figura 1. Relación de países productores y consumo nacional de ganado avícola (UNA, 2017).

A nivel nacional el estado de Veracruz ocupa el primer lugar como productor de ganado avícola, teniendo una producción de 396 mil ton/año, de las cuales el 261 mil toneladas se utiliza como carne para consumo directo y las mermas son consideradas residuos sólidos. El resto de los estados que producen carne de pollo por encima del 5 % son Querétaro, Aguascalientes, La Laguna, Jalisco, Puebla, Chiapas y Yucatán, entre todos ellos generan en promedio 642 mil toneladas de residuos sólidos/año, que directa o indirectamente causan problemas ambientales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de aves y residuos a nivel Nacional, correspondiente al año 2016 (UNA, 2017).

Estados	Porcentaje (%)	Producción avícola (miles de toneladas/año)	Carne para consumo (miles de toneladas/año)	Residuos de la industria avícola (miles de toneladas/año)			
				Carne de segunda	Vísceras	Plumas	Sangre
Veracruz	12	396	261	51.88	35.64	31.68	15.84
Querétaro	11	363	239	47.55	32.67	29.04	14.52
Aguascalientes	10	330	217	43.23	29.70	26.40	13.20
La Laguna	9	297	196	38.91	26.73	23.76	11.88
Jalisco	7	231	152	30.26	20.79	18.48	9.24
Puebla	7	231	152	30.26	20.79	18.48	9.24
Chiapas	7	231	152	30.26	20.79	18.48	9.24
Yucatán	6	198	130	25.94	17.82	15.84	7.92
Menor a igual al 5%	31	1023	674	134.01	92.07	81.84	40.92
Total	100	3300.00	2174.70	432.30	297.00	264	132

En México, las dependencias que regulan el manejo y/o tratamiento de los residuos, se presenta en la Figura 2a. Se observa la jerarquización de las leyes para normar el tratamiento de residuos, la cual tiene su origen y fundamentación legal para la aplicación de la normatividad ambiental, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En el tercer nivel jerárquico, se encuentran las leyes federales, en donde la Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos en su artículo 7, fracción IV, hace referencia a la expedición de normas oficiales mexicanas relativas al aspecto ambiental. El artículo 19, clasifica a los residuos de manejo especial; en donde las plumas, sangre, vísceras y carnes de segunda como residuos avícolas se encuentran en la fracción III (residuos generados por las actividades avícolas).

En caso de incumplimiento de un adecuado manejo, serán acreedores a sanciones administrativas que oscilan desde una multa hasta el cierre temporal o definitivo, todo ello establecido en el capítulo IV de la ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEMARNAT, 2015). Por otro lado, en la Figura 2b, se muestra la relación de los diferentes organismos gubernamentales que promulgan y regulan las normas oficiales mexicanas, siendo éstas obligatorias para territorio mexicano. Cabe mencionar que las NMX son de carácter obligatorio y las NOM son de aplicación voluntaria. Así también, se hace alusión a la NOM-161-SEMARNAT-2011, enfocándose básicamente al manejo de residuos de Manejo Especial.

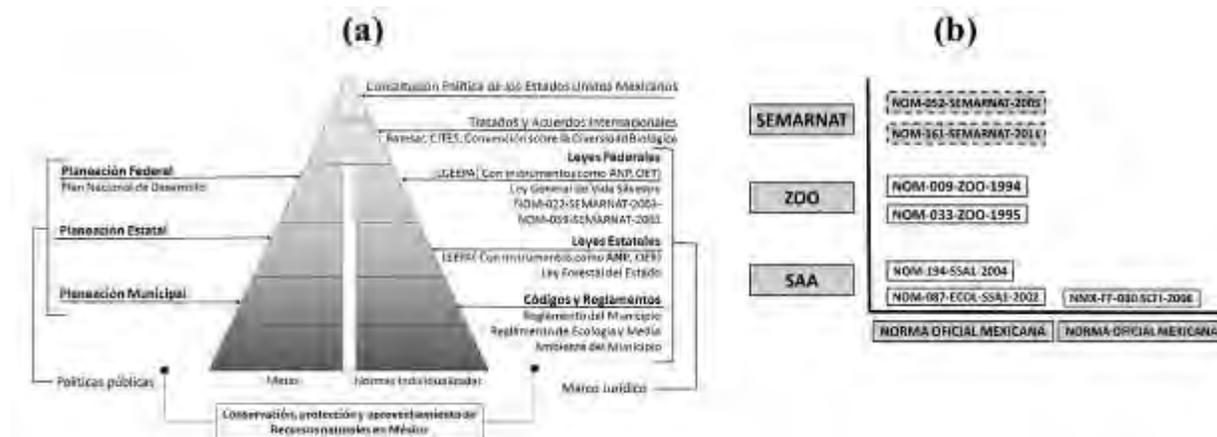


Figura 2. Marco Normativo aplicado a la gestión de residuos sólidos, a) Jerarquización de las leyes para normar el tratamiento de residuos (Vidal, 2015) y b) Relación de los diferentes organismos gubernamentales que promulgan y regulan las normas oficiales mexicanas (DOF, 2016).

El interés del gobierno en atender esta situación de daño ambiental, se ve reflejado en el PND (Plan Nacional de Desarrollo) 2013-2018, ya que en conjunto con el programa sectorial del medio ambiente y recursos naturales (PROMARNAT 2013-2018), plantean como objetivo principal detener y revertir la pérdida del capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo, aplicando como estrategia el fomento a la valorización y el máximo aprovechamiento

de los residuos, siendo su línea de acción el impulsar las actividades de reciclaje a partir de los materiales recuperados de los residuos y, como premisa cero tiraderos a cielo abierto y fomentando su saneamiento y clausura, así como la de sitios abandonados y rellenos en desuso.

Análisis 2. Sanciones y beneficios

La falta de cumplimiento de las empresas públicas y privadas en México, en relación a la normatividad ambiental, generan sanciones económicas y administrativas; que van desde veinte mil salarios mínimos hasta el cierre definitivo de la empresa. No obstante, también existen beneficios por parte de las autoridades, cuando presenten planes de manejo de sus residuos. Por ejemplo, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, recientemente publicó el acuerdo en donde fomenta las inversiones en investigación y desarrollo tecnológico a las universidades y empresas; el día 28/02/2017 emitió el acuerdo en el Diario Oficial de la Federación, mostrando las reglas generales para la aplicación del estímulo fiscal y se podrá aplicar contra el impuesto sobre la renta (ISR), si se cumple con los requisitos que se enmarcan en el acuerdo, propiciando una relación directa entre los investigadores y las empresas.

Análisis 3. Nuevas tecnologías para reutilización de residuos sólidos avícolas

La producción de ganado de corral, ha crecido significativamente en todo el mundo, México no es la excepción, trayendo como consecuencia inmediata la generación de residuos. Esto es un asunto que preocupa al sector agrícola, que constantemente está en la búsqueda de alternativas sustentables para la reutilización de los residuos y no simplemente su eliminación; particularmente en estado sólido. Actualmente, una de las tendencias está enfocada hacia la generación de energías alternas, mediante procesos biotecnológicos, donde los sustratos son básicamente este tipo de residuos avícolas, como lo son las biomásas y/o plumas. Las propiedades energéticas y biológicas de este tipo de compuestos residuales, permiten la obtención de energía por la vía de procesos termoquímicos. Como ejemplo se pueden mencionar la digestión anaerobia, combustión, gasificación, pirolisis o sistemas de co-generación. Todos estos procesos, tienen la característica de presentar bajas emisiones de gases y se utilizan para la producción de calor, electricidad, combustibles o carbón vegetal (Santos Dalólio, 2017; Gonçalves, 2015; Virmond, 2012). Otras aplicaciones que se le están dando a los residuos provenientes de la industria avícola son como rellenos asfálticos y materiales cementantes (Frías-Rojas, 2017; Caro, 2016), nuevos materiales compuestos (Navas, 2015) y biopesticidas (Balasubramanian, 2017), solo por mencionar algunos. Estas nuevas tecnologías, permiten visualizar un costo-beneficio directo a la industria, así como a los especialistas en investigación para la generación de ciencia básica aplicada directamente a la industria.

Conclusiones

1. Con base en el análisis de la gestión y normatividad para el manejo de residuos de la industria avícola, el cual se abordó bajo el enfoque normativo, sanciones y reutilización de los residuos, se observó la falta de inversión por parte de empresas mexicanas en el área de investigación y transferencia de tecnología, así como la complejidad de las leyes para el tratamiento sustentable de los residuos. Sin embargo, el planteamiento del manejo integral de éstos, generaría un beneficio ambiental y económico al país, ya que por parte de las autoridades y de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, actualmente se han generado subsidios y acuerdos, los cuales permiten verse favorecidos estrechamente la industria y la investigación, como punto focal para revertir los daños ecológicos que ocasiona la falta de planes de manejo de residuos agroindustriales.

Literatura citada

Balasubramanian, S. and R. D. Tyagi. 2017. p. 43-58. In: Elsevier ebook. Biopesticide Production from Solid Wastes: Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Solid Waste Management. USA.

Beejadhur, Y. y S. K. Gujadhur. 2007, Sistemas de Gestión Ambiental- ISO 14 000. Cap 1. In: Centro de Comercio Internacional (boletín No. 78/2007). Introducción a ISO 14 000. Ginebra, Suiza Fu.

Brandelli, A., L. Sala and S. J. Kalil. 2015. Microbial enzymes for bioconversión of poultry waste into added-value products. Food Res. Int. 73:3-12.

Caro, S., N. Vega, J. Husserl and A. E. Alvarez. 2016. Studying the impact of biomodifiers produced from agroindustrial wastes on asphalt binders. Constr. Build. Mat. 16:369-380.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2016. Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas. México.

Frías-Rojas, M., M. I. Sánchez de Rojas-Gómez, C. Medina-Martínez and E. Villar-Cociña. 2017. p. 165-183. In: Woodhead Publishing (ed). New trends for nonconventional cement-based materials: Industrial and agricultural waste. Sustainable and Nonconventional Construction Materials using Inorganic Bonded Fiber Composites. Sawston, Cambridge. U.K.

Goncalves, F. A., Silvino dos Santos, E., Ribero de Macedo, G. 2015. Use of cultivars of low cost, agroindustrial and urban waste in the production of cellulosic ethanol in Brazil: A proposal to utilization of microdistillery. Renew. Sust. Energ. Rev. 50:1287-1303.

González Ortiz, O. C., Arciniegas Ortiz, J. A. 2015. Marco referencial de las Normas ISO 9000. Cap. 1. In: ECOE (ed). Sistemas de gestión de calidad. Teoría y práctica bajo la norma ISO. Ingeniería y salud en el trabajo. Bogotá, Colombia.

Navas, C.S., Reboredo, M.M., Granados, D.L. 2015. Comparative study of agroindustrial wastes for their use in polymer matrix composites. *Procedia Mater. Sci.* 8:778-785.

Reddy, N. 2015. Non-food industrial applications of poultry feathers. *Waste Manag.* 45:91-107.

Rivero, C.P., Hu, Y., Kwan, T.H., Webb, C., Theodoropoulos, C. 2017. Bioplastics from solid waste. p. 1-26. In: Elsevier (ed.). *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. ebooks.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. *Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020*. México.

Santos Dalólio, F., Nogueira da Silva, J., Carneiro de Oliveira, A. C., Ferreira Tinôco, I. de F., Christiam Barbosa, R., Oliveira Resende, M. et al. 2017. Poultry litter as biomass energy: A review and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76:941-949.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2015. *Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos. Ley General del equilibrio y la protección al ambiente. Lineamientos de operación para el otorgamiento de subsidios de la SEMARNAT, a través del Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. 2015-2016*.

UNA (Unión Nacional de Avicultores). 2017. *Indicadores Económicos. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2017*. México.

Vallejos Fuentes, C.V. 2012. *Diseño de Buenas Prácticas de Manufactura en una avícola faenadora: Procedimientos Operacionales Estandarizados de Sanidad en un establecimiento avícola de faeneo para su implementación*. Editorial Académica Española. España. 200 p.

Vidal, L., Vallarino, A., Benitez, I., & Correa, J. 2015. Implementación del plan estratégico Ramsar en humedales costeros de la Península de Yucatán: normativas y regulación. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 43(5):873-887.

Virmond, E., De Sena, R. F., Albrecht, W., Althoff, C. A., Moreira, F.P.M., José, H. J. 2012. Characterization of agroindustrial solid residues as biofuel and potential applications in thermochemical processes. *Waste Manag.* 32:1952-1961.

Wang, J., Chen, C. 2009. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnol. Adv.* 27:195-226.

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE *Odocoileus virginianus veraecrucis* EN LA UMA EL POCHOTE, IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ

Fabiola Reyes Rivera⁵⁵¹, Ricardo Serna-Lagunes^{551*}, Norma Mora Collado⁵⁵¹, José Luis Servín-Torres⁵⁵¹, Guillermo Noé Goliat Nava⁵⁵¹ y Juan Salazar-Ortiz⁵⁵¹

Resumen

Los requerimientos de los animales y su interacción ambiental, dan como resultado patrones de actividad como respuesta adaptativa a las variaciones de las condiciones climáticas diarias y estacionales, y que pueden diferir en cada individuo por la edad, sexo y estado fisiológico. El objetivo de este estudio fue determinar los patrones de comportamiento reproductivo de machos y hembras de *Odocoileus virginianus veraecrucis* y relacionarlos con la temperatura y precipitación ambiental en la UMA El Pochote, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Se consideraron 10 ejemplares hembras y tres machos, que fueron observados durante 6 h diarias durante octubre 2016 a junio 2017, periodo de época reproductiva. Se diseñó una tabla con diez comportamientos reproductivos, con indicadores de comportamiento en venados reportados en la literatura científica. De la estación climatológica más cercana a la UMA, se obtuvo la temperatura y precipitación promedio mensual, respectivamente. Se describió la frecuencia de cada comportamiento por mes; se elaboró un etograma y con un análisis de regresión se determinó la asociación entre la temperatura, precipitación y los comportamientos reproductivos. A mayor temperatura, los venados fueron reproductivamente activos ($R^2=0.39$), caso contrario con la precipitación, dedicaron tiempo a alimentarse, estar echados y no se reprodujeron ($R^2=0.07$).

Palabras claves: etología, reproducción, venado cola blanca veracruzano, temperatura, precipitación

⁵⁵¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana. Camino Antiguo Peñuela-Amatlán km. 1. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C.P. 94950. *Autor para correspondencia: rserna@uv.mx.

Introducción

El interés por el comportamiento de la fauna silvestre es una de las ocupaciones más relevantes de los etólogos, ya que tiene implicaciones directas con la producción de estas especies en condiciones de cautiverio. Las características más importantes en un estudio etológico, incluye la descripción de la conducta y su clasificación, buscando patrones que determinen el comportamiento de un grupo animal durante el día o noche, en cautiverio o silvestre. Interesan las conductas complejas, sobre todo aquellas que presentan un patrón estable entre los individuos de una misma especie (Gallina et al., 2005).

Odocoileus virginianus es una de las cuatro especies de cérvidos distribuidas en todo el territorio mexicano, exceptuando la península de Baja California. Es una especie adaptable que habita desde tierras bajas hasta sistemas montañosos por encima de los 3000 msnm. La disponibilidad de alimento, agua y cobertura, condiciones climáticas, presencia de depredadores y competidores, influyen sobre la actividad del tamaño de las poblaciones de esta especie. Las actividades antropogénicas perjudican el hábitat de los venados, disminuyendo el alimento y la dificultad de encontrar pareja para reproducirse.

La especie *O. virginianus veraecrucis* se distribuye desde el centro de Tamaulipas hacia el sur, alcanzando los planos costeros áridos cercanos al puerto de Veracruz, y en regiones montañosas de la Huasteca Potosina e Hidalguense. Esta subespecie es la menos estudiada y es escasa la información publicada sobre aspectos reproductivos en cautiverio o vida silvestre (Mandujano, 2004).

Una de las estrategias para el manejo de *O. virginianus veraecrucis* se basa principalmente en las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs), cuyo objetivo es aprovechar y asegurar la sobrevivencia de la subespecie en su entorno natural. Una de las problemáticas que generalmente acontecen en las UMAs es que los planes de manejo se diseñan en relación al manejo de la especie; esto es, reflejo de la falta de información previa para transferir el conocimiento, la tecnología adecuada y ofrecer las condiciones óptimas para la reproducción de venados en cautiverio o con un manejo extensivo (Serna-Lagunes et al., 2013). Por las razones expuestas anteriormente, el presente estudio tiene como objetivo describir el comportamiento reproductivo de machos y hembras de *O. virginianus veraecrucis* y relacionar sus comportamientos con la temperatura y precipitación ambiental en la UMA, El Pochote, Ixtaczoquitlán, Veracruz, bajo condiciones de cautiverio.

Materiales y métodos

Área de estudio. Este trabajo se llevó a cabo en la UMA El Pochote, ubicada en el municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz, con clave de registro SEMARNAT-UMA-IN-CR-0112-VER/OG. Se localiza en el km. 321, int. 2, s/n de la carretera federal México-Veracruz. Cuenta con 4 ha de extensión registradas y su característica es de una UMA intensiva en modalidad de criadero. Se encuentra en las coordenadas de latitud norte $18^{\circ}52'109''$ y latitud oeste $97^{\circ}03'063''$ (Figura 1).

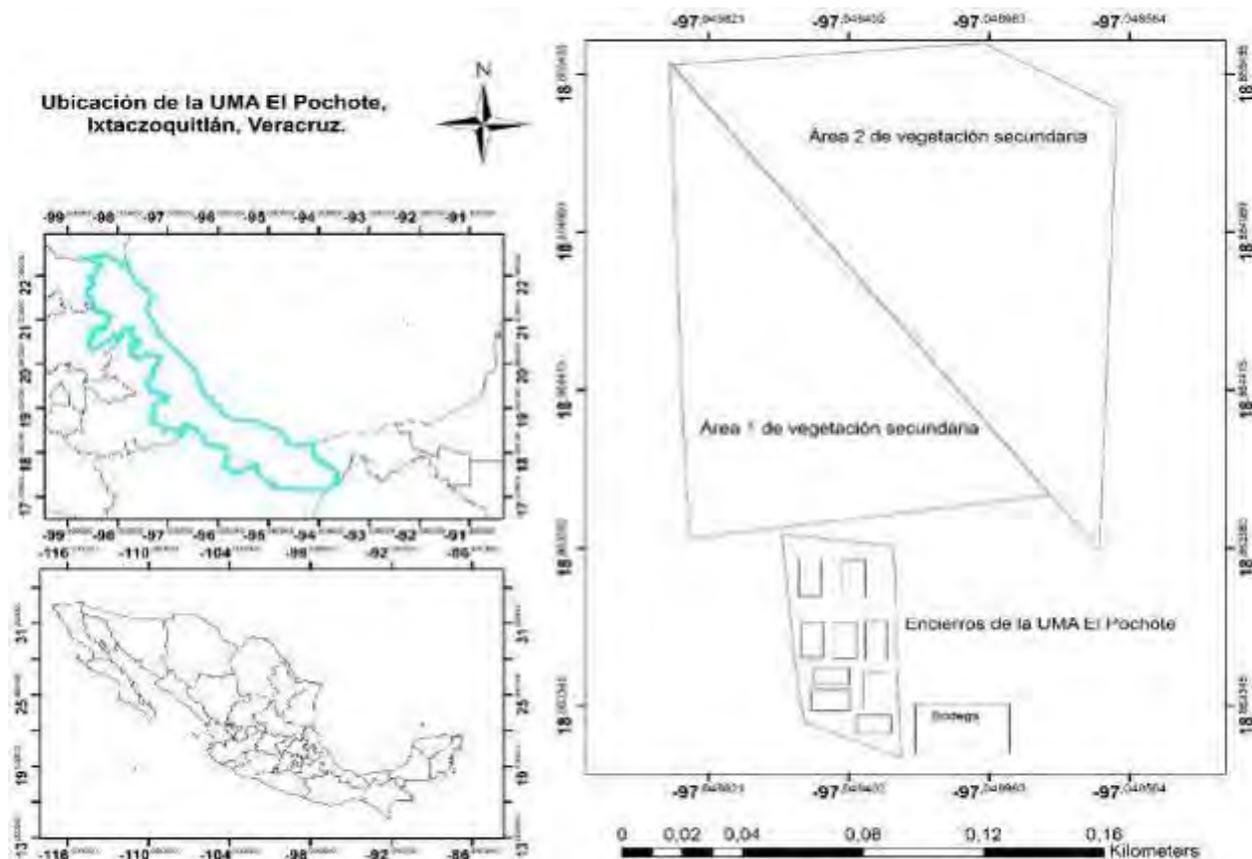


Figura 1. Ubicación de la UMA El Pochote, Ixtaczoquitlán, Veracruz.

Diseño del experimento. En este estudio se consideraron tres épocas reproductivas reportadas en estudios previos, que se establecen en criterios de las características fisiológicas y endócrinas de *O. virginianus veraecrucis*: época reproductiva, época post-reproductiva y época de gestación-crianza. El estudio inició en octubre 2016 a junio 2017, periodo durante el cual se realizaron observaciones directas en 10 hembras y tres machos, con la siguiente proporción: 2 lotes de 3♀ por 1♂ y un lote de 4♀ por 1♂, divididos en tres corrales de 10 x 20 m. Los periodos de observación estuvieron constituidos de los siguientes meses: época reproductiva: octubre, noviembre y diciembre; época post-reproductiva: enero,

febrero, marzo y abril; época de gestación-crianza: marzo, abril, mayo, junio. Cada evento de observación duró 6 h. Adicionalmente, se instaló una trampa-cámara en cada corral para registrar eventos reproductivos nocturnos.

En cada época de muestreo, se registraron anotaciones en tabla de registro de patrones de comportamiento, misma que fue diseñada con datos de comportamiento reportados en la literatura científica para otras especies de cérvidos (Cuadro 1). Para la observación de la época de crianza, se utilizaron binoculares para registrar los comportamientos durante el parto y eventos de crianza.

Los datos de campo se registraron con el software Excel®. Se estimaron las frecuencias (absoluta y relativa) de los comportamientos reproductivos por mes y por sexo, este procedimiento se realizó con el programa Infostat® versión estudiantil libre. Se realizó un etograma donde se relacionó las variables de temperatura y precipitación promedió mensual (información de la estación meteorológica cercana) con las frecuencias de comportamiento. Se aplicó un análisis de regresión (R^2) para determinar la asociación entre las variables climáticas y el comportamiento.

Cuadro 1. Registro de comportamientos reproductivos de *O. virginianus veraecrucis*.

Código	Comportamiento
1	Caminar en círculo en el encierro buscando una ruta para encontrar a la hembra
2	Bramar
3	Echarse
4	Frotar los cuernos en la cerca o tierra
5	Dejar de comer y beber
6	Orejas en forma de advertencia
7	Acicalarse
8	Orinar de manera constante
9	Excretar de manera constante
10	Enfrentamiento

Resultados y discusión

Los comportamientos 3, 5 y 6 fueron los más realizados y los menos realizados fueron el 4, 9 y 10 en machos y hembras, respectivamente. El etograma mostró un patrón de comportamiento reproductivo relacionado con la temperatura, es decir, se observó que a mayor temperatura los individuos caminaron en el encierro buscando una ruta para encontrar

a la hembra, se acicalaron y orinaron de manera constante (territorialidad). Estos cuatro comportamientos fueron los más realizados en función cuando existieron temperaturas elevadas. A temperaturas menores, los comportamientos más notables fueron bramar, echarse, frotar los cuernos en la cerca o tierra, y por último, dejar de comer y beber. Esto se debe a que a mayor temperatura los individuos se mostraron más activos que a temperaturas menores, según se observa en el etograma (Figura 1). Esta relación fue significativa con un ajuste de casi el 40% ($R^2=0.39$).

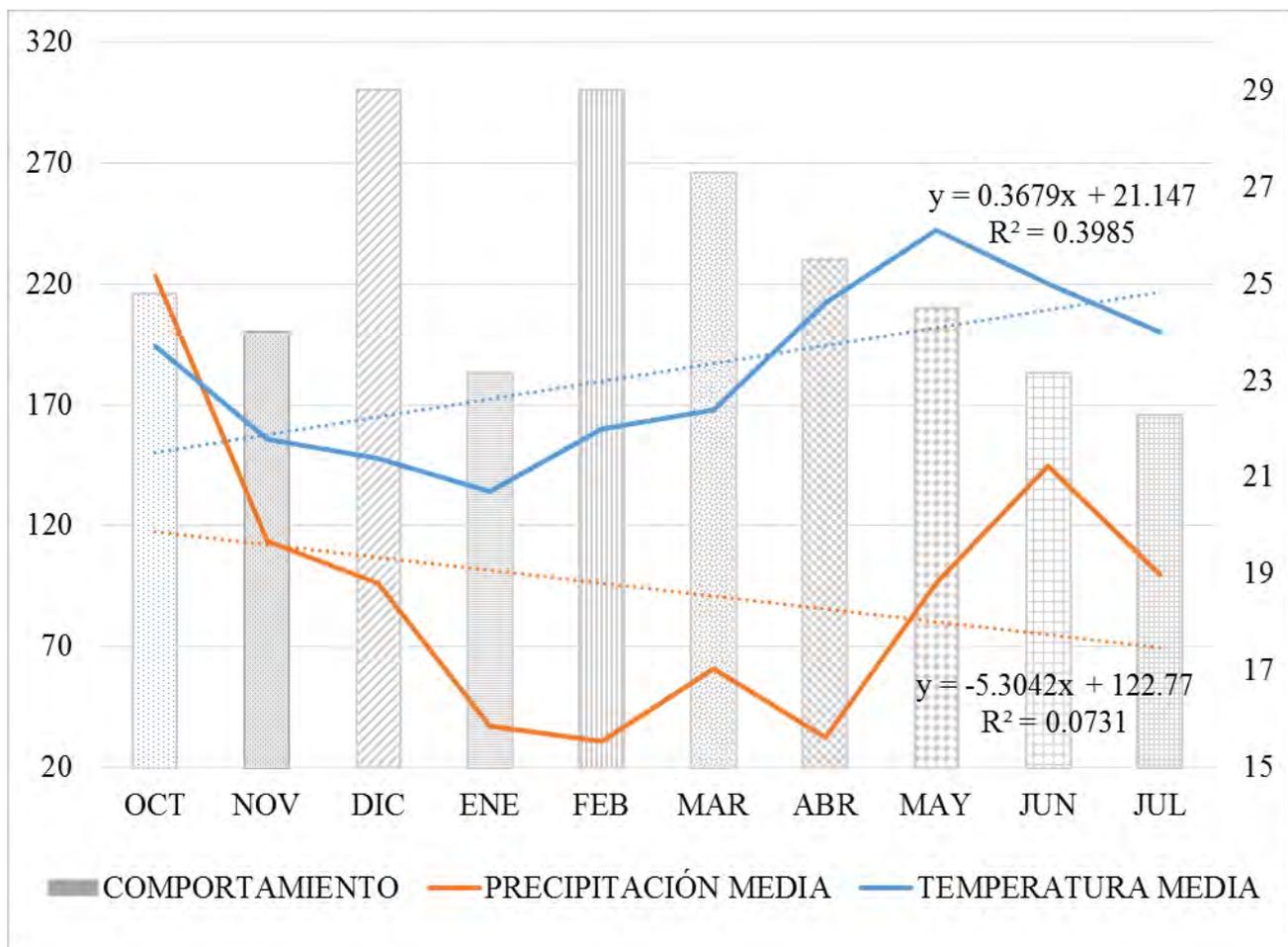


Figura 1. Etograma de *O. virginianus veraecrucis* y su relación con la precipitación y la temperatura en la UMA El Pochote, Ixtaczoquitlan, Veracruz, México.

Un fenómeno inverso ocurrió con la precipitación. A mayor precipitación, los venados dedicaron más tiempo a alimentarse y tuvieron menos comportamientos reproductivos en meses con más lluvia, incluso pasaron la mayor parte del tiempo echados, de acuerdo con el etograma obtenido (Figura 1). Cuando la precipitación fue menor, dedicaron tiempo a realizar actividades como frotar los cuernos en la cerca o tierra (territorialidad) y presentaban las

orejas en forma de advertencia. Esta relación no fue significativa, ya que el ajuste fue menor al 10% ($R^2=0.07$).

Conclusiones

1. El comportamiento reproductivo de *O. virginianus veraecrucis* en la UMA El Pochote, Ixtaczoquitlán, Veracruz, estuvo determinado por la variación de la temperatura ambiental, ya que se mostró una relación positiva entre temperaturas superiores a los 24 °C y la acción de los comportamientos reproductivos como respuesta de la actividad hormonal que se activa a determinadas temperaturas.

Agradecimientos

A la Biol. Arantxa Penagos de la Llave responsable técnico de la UMA El Pochote por las facilidades otorgadas para este estudio. Al personal de la Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, por la ayuda profesional prestada para el desarrollo de este trabajo.

Literatura citada

- Gallina, S., P. Corona-Zárate and J. Bello. 2005. El comportamiento del venado cola blanca en zonas semiáridas del noreste de México. Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa, 193 p.
- Mandujano, S., T. de J. Pérez., L. A. Escobedo., C. Yáñez., L. A. González-Pérez., A. I. Ortiz. et al. 2011. Venados animales de los dioses, México. Instituto Literario Veracruzano. México.
- Serna-Lagunes, R., A. Olguín., J. Salazar-Ortiz., J. A. Pérez-Sato. y C. García. 2013. Venado veracruzano: una opción para la ganadería diversificada y la conservación de ecosistemas en Veracruz. Revista Agroproductividad (Editorial Colegio de Postgraduados). 6(5):58-64.

TOXICIDAD DE NÍQUEL Y VANADIO EN *Clitoria ternatea* L., Y MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL

Grettel A. Avilés Sayas^{552*}, Alejandro Alarcón⁵⁵³ y Gabriela Sánchez Viveros⁵⁵²

Resumen

La contaminación al ambiente por elementos potencialmente tóxicos (EPT) ha aumentado año con año debido a las actividades antropogénicas, el níquel y vanadio son EPT acompañantes del petróleo que pueden llegar a afectar tanto al ambiente como a los organismos pasando de forma directa en la cadena trófica, llegando a causar alteraciones en el metabolismo desde alergias hasta cáncer e incluso la muerte. En plantas, pueden causar problemas en los cultivos al reducir la producción, mientras que en microorganismos existe poca información al respecto. Por lo que el objetivo de este trabajo fue generar información acerca de los daños que estos elementos pueden causar a plantas con alto potencial forrajero y a microorganismos promotores de crecimiento vegetal (MPCV). Se realizó un diseño completamente al azar, es decir, las plántulas de *Clitoria ternatea* L., se sometieron a concentraciones de NiSO_4 (0, 50, 100 y $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y $\text{VOSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0, 15, 30 y $45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) durante 21 d, y posteriormente se cuantificaron las características morfológicas. Usando el mismo diseño experimental, se inocularon cuatro cepas de MPCV (*Candida orthopsilosis* B20, *Serratia marcescens* C753, *Pseudomonas tolasii* P61 y *Rhizobium tropici* Ciat889) en medio líquido a concentraciones de NiSO_4 (0, 25, 50 y $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y $\text{VOSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0, 15, 30 y $45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) durante 5 d. La toxicidad se calculó por el método de turbidez usando un espectrofotómetro para microplacas Synergy2 marca BioTek. Los datos se procesaron en un ANOVA y se realizó una prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$) con el programa SAS para Windows 9.0. En *C. ternatea* los elementos resultaron ser tóxicos ya que redujeron la biomasa en todas las concentraciones que contaban con contaminante, y en el caso del níquel provocó mortalidad del 66 % y 100 % en las concentraciones de 100 y $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente. En los MPCV

⁵⁵²Universidad Veracruzana, Xalapa. Maestría en Ciencias Agropecuarias AV. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N C.P. 91000 Zona Universitaria Xalapa, Ver.

⁵⁵³ Área de Microbiología, Postgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados, Carretera México- Texcoco km 36.5, Montecillo 56230, Estado de México, México. *Autor para correspondencia: grettel_aviles@outlook.com

tanto níquel ($75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) y vanadio ($45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), resultaron tóxicos en todas las cepas microbianas al inhibir su crecimiento.

Palabras clave: elementos potencialmente tóxicos, planta forrajera, fitotoxicidad, crecimiento microbiano

Introducción

El incremento de emisiones de sustancias dañinas al ambiente y a la salud humana ha aumentado debido al constante crecimiento de las necesidades de la población (Delgadillo-López et al., 2011). Un ejemplo de contaminación por elementos potencialmente tóxicos (EPT), son los factores naturales y los antropogénicos, como la minería, combustión de combustible fósil, uso de pesticidas, y otros (Navarro-Aviñó et al., 2007; Khan et al., 2016). Tal es el caso de los metales pesados como el níquel y vanadio, que son los elementos más abundantes en el petróleo y sus emisiones causan daños en el medio ambiente como a los organismos (Campos et al., 2012).

En el caso del níquel, su toxicidad es de gran interés ya que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer lo ha catalogado como un cancerígeno potencial (Galanis et al., 2009). En plantas su toxicidad se aprecia a distintos niveles: reducción del crecimiento, alteración del proceso fotosintético, inhibición de actividades enzimáticas, interferencia en la captura de distintos iones de metales esenciales, y en la reducción de la producción y calidad de frutos (Syam et al., 2016). La toxicidad de vanadio pone en peligro a la salud humana a través de la cadena alimenticia, ya que incrementa el riesgo de padecer cáncer, así como mutaciones cromosómicas (Rodríguez-Mercado y Altamirano-Lozano, 2006; Gosh et al., 2015). En plantas, la toxicidad se expresa principalmente con cambios a nivel de transcripción de varios genes relacionados al proceso metabólico celular (Lin et al., 2013) y con reducción de biomasa (Larsson et al., 2013). En el caso de la toxicidad de estos elementos en microorganismos la información que existe llega a ser escasa (Macomber y Hausinger, 2011; Larsson et al., 2013).

México, al ser un país altamente petrolero, está propenso a la contaminación por níquel y vanadio. Por lo tanto, las plantas utilizadas para forraje se pueden ver afectadas ante su presencia, como es el caso de *Clitoria ternatea* L., una leguminosa perteneciente a la familia Fabaceae (NPGS, 2008), que se ha considerado como una planta forrajera sobresaliente y con un alto potencial para el incremento de la productividad animal debido a su alto valor nutritivo (Villanueva-Ávalos, 2000; Ponce-Mendez, 2014). Del mismo modo, existen algunos microorganismos que ayudan al crecimiento de las plantas al aumentar su biomasa y se les

conoce como microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV) (Sakpirom et al., 2017), y la contaminación por estos metales puede frenar el desarrollo de nuevas técnicas de fertilización como son: los biofertilizantes compuestos con MPCV (Camelo et al., 2011). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue ampliar el conocimiento de la toxicidad de níquel y vanadio en plantas de interés agrícola y especies microbianas consideradas promotoras de crecimiento vegetal.

Materiales y métodos

Los experimentos se montaron en el laboratorio de fijación de nitrógeno del área de Microbiología, del posgrado en Edafología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en los meses de diciembre 2016 a febrero 2017.

Toxicidad en *C. ternatea* L.

Se elaboró un diseño experimental completamente al azar utilizando microcosmos, los cuáles contenían cuatro plántulas con un mes de germinación con una altura promedio de 8 cm, las raíces se sumergieron en 300 mL de solución de Jensen pH 6: CaHPO_4 ($1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), K_2HPO_4 ($0.2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($0.2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), NaCl_2 ($0.2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), FeCl_3 ($0.1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y micronutrientes ($1 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$) a distintos tratamientos con concentraciones ascendentes de NiSO_4 : 0, 50, 100 y $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y $\text{VOSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 0, 15, 30 y $45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, ambas sales fueron de la marca Sigma Aldrich^{MR}. Después de 21 d a los tratamientos y sus dos repeticiones se cuantificaron los aspectos morfológicos: altura de tallo, longitud de raíz (raíz más larga), número de hojas por plántula, área foliar (se colectaron las hojas de cada plántula y se procesaron por el medidor de área LI3100 Area meter de la marca LI-COR), clorofila (con el medidor de clorofila SPAD 502), la mortalidad y el peso seco. Los datos se procesaron con un ANOVA y se realizó una prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$) con el programa SAS para Windows 9.0.

Toxicidad en MPCV

Se seleccionaron cuatro cepas microbianas catalogadas como promotoras de crecimiento vegetal: *Candida orthopsilosis* B20 proporcionada por la Unidad de Servicios de Apoyo de Resolución Analítica de la Universidad Veracruzana (SARA-UV), *Serratia marcescens* C753, *Pseudomonas tolasii* P61 y *Rhizobium tropici* Ciat889, que fueron proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología-Fijación de Nitrógeno, Posgrado en Edafología del Colegio de Postgraduados, Montecillo. Las cepas microbianas fueron inoculadas en un medio mínimo de sales: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ($5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), K_2HPO_4 ($2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($0.1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y como fuente de carbono $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) con un pH de 6.5. Para obtener una toxicidad de níquel se elaboraron cuatro tratamientos con concentraciones ascendentes de NiSO_4 0, 25,

50 y 75 mg·L⁻¹, que fueron añadidas al medio de cultivo líquido. Para la contaminación con vanadio se elaboraron tratamientos con VOSO₄·5H₂O con concentraciones de 0, 15, 30 y 45 mg·L⁻¹. Cada tratamiento contó con dos repeticiones. Los tratamientos y sus repeticiones se incubaron a 28±2°C en un agitador orbital de sobremesa (MaxQ 4000, Thermo Fisher Scientific) a 140 rpm durante 5 d. La cinética de crecimiento microbiano se midió por el método de turbidez en un espectofotómetro para microplacas Synergy2 marca BioTek. Cada 12 h, durante 5 d se tomaron 200 µL de cada muestra por triplicado, se colocaron sobre microplacas de 96 pozos y se leyeron a 600 nm. Los datos de la densidad óptica (DO) obtenida se procesaron mediante un ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey (α=0.05) con el programa SAS para Windows 9.0.

Resultados y discusión

Toxicidad en *C. ternatea* L.

Después de 21 d se presentó una reducción en la altura, el número de hojas, longitud de las raíces y el área foliar en las plántulas ante la presencia de níquel (Cuadro 1). La reducción de biomasa fue una respuesta esperada debido a que la reducción de tamaño es uno de los efectos de toxicidad que produce el níquel (Zia-ur et al., 2016). Otro síntoma encontrado en los tratamientos con níquel fue el de hojas cloradas, este síntoma se compara con lo reportado por Kabata-Pendias (2011) donde manifiesta que las plantas al estar en contacto con el metal presentan síntomas de fitotoxicidad por parte del níquel, lo que coincide con Syam et al., (2016).

Cuadro 1. Características morfológicas después de 21 d en contaminación con NiSO₄.

[]	Altura (cm)	# Hojas	Lng. raíz (cm)	Área foliar (cm ²)	Clorofila (Spad)
0 mg·L ⁻¹	12.09 ± 0.301 a	7.333 ± 0.006 a	5.958 ± 0.567 a	8.873 ± 0.46 a	28.141 ± 0.53 c
50 mg·L ⁻¹	8.567 ± 0.28 b	3.333 ± 0.466 b	2.79 ± 0.249 b	3.05 ± 0.20 b	33.18 ± 0.42 b
100 mg·L ⁻¹	8.908 ± 0.32 b	2.583 ± 0.287 b	2.658 ± 0.202 b	3.651 ± 0.25 b	36.4 ± 0.38 a
150 mg·L ⁻¹	9.492 ± 0.20 b	2.083 ± 0.083 b	2.833 ± 0.130 b	-	-

Los valores representan la media ± ES (Error Estándar). Medias con letras distintas, representan significancias diferentes (Tukey, p≤0.05).

En cuanto a la mortalidad, las concentraciones de 100 y 150 mg·L⁻¹ presentaron un 66 y 100% respectivamente, por lo tanto, no se obtuvo resultados de clorofila y área foliar en esta última. Para el peso seco, se observó que el testigo presentó la mayor cantidad de biomasa al ser el tratamiento con el peso total más alto, los tratamientos en ninguno de sus pesos tuvieron diferencias significativas entre ellos, y de la misma manera, los datos obtenidos del

peso seco de tallo y raíz no presentaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos (Figura 1).

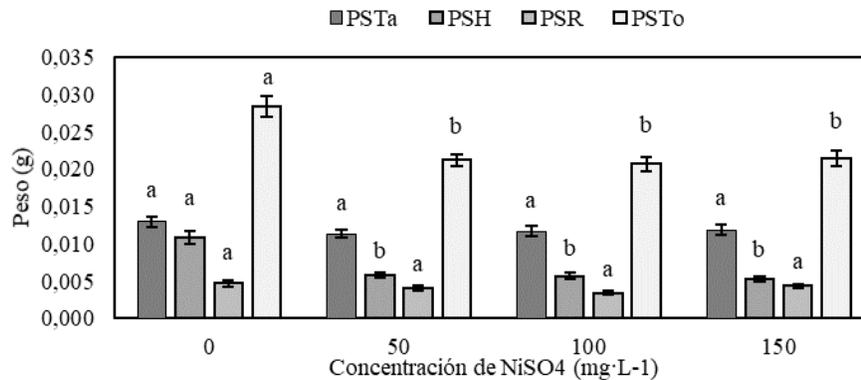


Figura 1. Peso seco de tratamientos con NiSO₄. PSTa=Peso seco de tallo. PSH=Peso seco de hojas.

PSR=Peso seco de raíz. PSTo=Peso seco total. Se muestran las medias \pm SE. Medias con letras distintas, representan significancias diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Para el caso del vanadio (Cuadro 2), no se presentó mortalidad ante ninguna concentración, pero resultó una disminución de altura, así como reducción de la longitud de raíces, que se ha demostrado en uno de los principales resultados de toxicidad del elemento en plantas (Gettier et al., 1987; Wang y Liu, 1999; Larsson et al., 2013). Para ambos casos, la clorofila aumentó cuando la concentración del contaminante fue mayor.

Cuadro 2. Características morfológicas después de 21 d en contaminación con VOSO₄·5H₂O.

[]	Altura (cm)	# Hojas	Lng. raíz (cm)	Área foliar (cm ²)	Clorofila (Spad)
0 mg·L ⁻¹	12.09 \pm 0.301 a	7.333 \pm 0.541 a	5.958 \pm 0.567 a	8.873 \pm 0.461 a	28.141 \pm 3.190 b
15 mg·L ⁻¹	10.418 \pm 0.355 b	6.250 \pm 0.676 ab	3.183 \pm 0.344 b	7.792 \pm 0.456 a	30.472 \pm 2.55 ab
30 mg·L ⁻¹	9.125 \pm 0.388 b	4.666 \pm 0.340 bc	3.000 \pm 0.290 b	5.460 \pm 0.229 b	28.590 \pm 2.690 b
45 mg·L ⁻¹	9.691 \pm 0.374 b	4.667 \pm 0.398 bc	2.191 \pm 0.104 b	3.977 \pm 0.174 c	30.703 \pm 2.220 a

Los valores representan la media \pm ES (Error Estándar). Medias con letras distintas, representan significancias diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

En peso seco, los tratamientos testigos y 15 mg·L⁻¹ no presentaron diferencia significativa entre sus pesos totales, pero sí entre las concentraciones de 30 y 45 mg·L⁻¹. El peso de las hojas mostró diferencias entre el testigo y la concentración de 15, 30 y 45 mg·L⁻¹. Para el caso del peso seco del tallo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos y el testigo, mientras que el peso de las raíces solo mostró una diferencia en el tratamiento testigo (Figura 2).

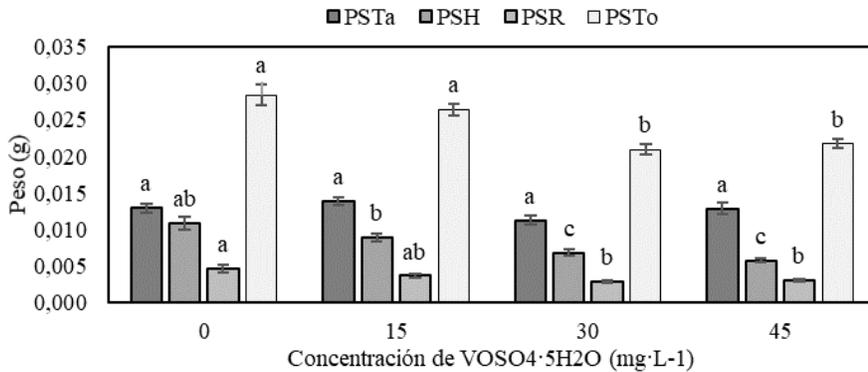


Figura 2. Peso seco de tratamientos con VOSO₄·5H₂O. PSTa=Peso seco de tallo. PSH=Peso seco de hojas. PSR=Peso seco de raíz. PSTo=Peso seco total. Se muestran las medias ± SE. Medias con letras distintas, representan significancias diferentes (Tukey, p<0.05).

Toxicidad en MPCV

El crecimiento de *C. orthopsilosis* B20 se observó severamente afectado ante la presencia de níquel desde las primeras 36 h de tratamiento, donde el testigo comenzó un crecimiento exponencial hasta llegar a estabilizarse a las 60 h. Los tratamientos con contaminación de 25, 50 y 75 mg·L⁻¹ de NiSO₄ redujeron su DO un 93.2, 90.4 y 93.9% respectivamente, en comparación al testigo después de 120 h. Los tratamientos de *S. marcescens* C753 con concentraciones de 25 y 50 mg·L⁻¹, incrementaron su crecimiento un 90.7 y 126.2% respectivamente, mientras que la concentración de 75 mg·L⁻¹ disminuyó un 92.8%. La cepa *P. tolasii* P61 registró un aumento de 9.7 y 2.7% en sus concentraciones de 25 y 50 mg·L⁻¹, mientras que en la concentración de 75 mg·L⁻¹ disminuyó un 4.44%. Finalmente *R. tropici* Ciat889, se mostró afectada de una manera similar que *C. orthopsilosis* B20, donde la disminución de su DO fue de un 99.6, 90.7 y 99.7% en las concentraciones de 25, 50 y 75 mg·L⁻¹. La DO de la cepa *C. orthopsilosis* B20, disminuyó drásticamente al estar en contacto con VOSO₄·5H₂O a concentraciones de 15, 30 y 45 mg·L⁻¹ y se observó una disminución de crecimiento de un 91.2, 91.3 y 93.3% respectivamente después de 120 h. La cepa *S. marcescens* C753 presentó un crecimiento exponencial a partir de las 36 h a concentraciones de 0 y 15 mg·L⁻¹ e incrementó su crecimiento ante una concentración de 30 mg·L⁻¹ un 96.4%, sin embargo, disminuyó a concentraciones de 15 y 45 mg·L⁻¹ al descender un 72.7 y 76.1% después de 5 d. *P. tolasii* P61 mantuvo un crecimiento exponencial de 12 a 36 h y su etapa de estabilización se registró por el resto de las horas, después 120 h incrementó un 8.2 % en la concentración de 15 mg·L⁻¹, pero disminuyó un 4.6 y 7.7% a concentraciones de 30 y 45 mg·L⁻¹. Por otro lado, la cepa *R. tropici* Ciat889, creció exponencialmente a partir de las 36 h, y comenzó su etapa de estabilización a las 6 h en las concentraciones de 0 y 15 mg·L⁻¹,

finalmente después de 120 h, aumentó su crecimiento un 17.6%, pero su DO se redujo un 92.1 y 97.9% en 30 y 45 mg·L⁻¹ (Figura 3).

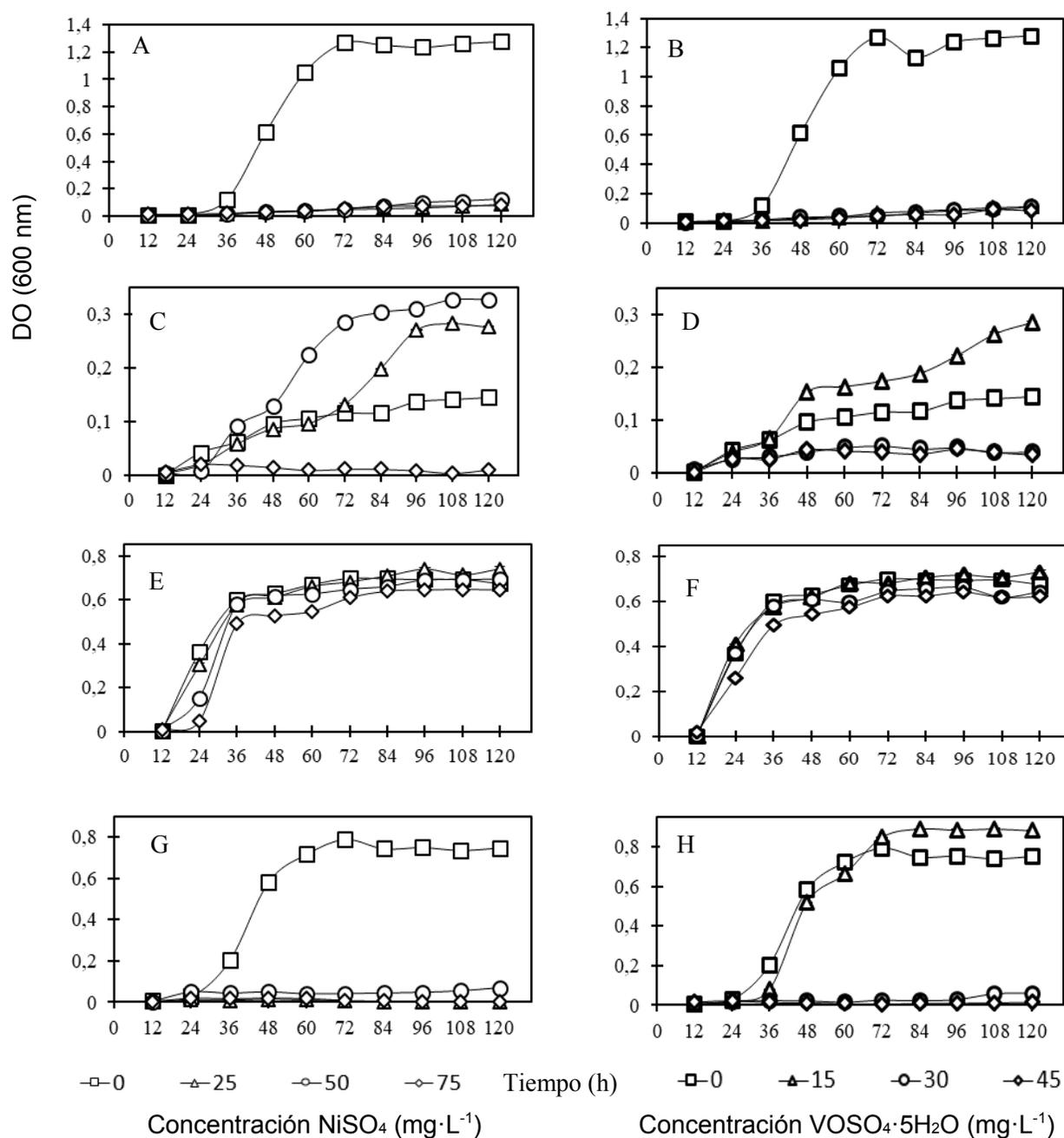


Figura 3. Cinética de crecimiento de *Candida orthopsilosis* B20 ante concentraciones ascendentes (mg·L⁻¹) de A) NiSO₄ y B) VOSO₄·5H₂O, de *Serratia marcescens* C753 C) NiSO₄ y D) VOSO₄·5H₂O, de *Pseudomonas tolasii* P61 E) NiSO₄ y F) VOSO₄·5H₂O y de *Rhizobium tropici* Ciat G) NiSO₄ y H) VOSO₄·5H₂O durante 120 horas de exposición al contaminante, la densidad óptica (DO) se midió a 600nm. Los valores muestran la media ± error estándar (n=9).

Los microorganismos están sujetos a las condiciones de su entorno, por lo que son altamente vulnerables a los cambios de concentración de los metales, por lo tanto, han desarrollado

técnicas para protegerse de sobrecargas de los mismos, como el sistema de eflujo, el cual reduce la concentración interna de los metales (Nies, 2003). Y aunque algunos, como es el caso del níquel, que está clasificado como un micronutriente esencial para varios microorganismos, debido a que es utilizado en enzimas níquel dependientes, tienen un efecto negativo en el crecimiento de microbios de vida libre desde concentraciones de milimolar (Tank y Saraf, 2009; Macomber y Hausinger, 2011). Se han desarrollado hipótesis acerca de la toxicidad de níquel en microorganismos: a) el níquel reemplaza metales esenciales en metaloproteínas, b) el níquel se une a los residuos catalíticos de enzimas no metálicas, c) el níquel se une fuera del sitio catalítico de una enzima para inhabitar alostericamente y d) el níquel conlleva a un estrés oxidativo que puede afectar al ADN o a los lípidos (Macomber y Hausinger, 2011). Por lo que cualquiera de estas causas es probable que haya afectado el crecimiento de las cepas en el presente estudio. En el caso del género *Pseudomonas* se ha demostrado su tolerancia a la presencia de níquel (Tank y Saraf, 2009) y que uno de sus mecanismos de resistencia al metal es el de acumularlo en su periplasma (Tripathi y Srivastava, 2006), al igual que el de acumularlo intracelularmente en forma de níquel metálico (Sar et al., 2001). Por su parte, teóricamente, cuando las bacterias están en contacto constante con el metal (vanadio), éstos comenzaran a adaptarse a él o se vuelva menos biodisponible (Larsson et al., 2013), cualquiera de las dos teorías podría explicar el por qué las cepas bacterianas mostraron cierta tolerancia al EPT, excluyendo la levadura.

Conclusiones

1. Los metales níquel y vanadio resultaron ser fitotóxicos para *C. ternatea* después de 21 d de tratamiento al reducir su biomasa. Níquel provocó la mortalidad de hasta un 100% en las plántulas tratadas. Ambos microorganismos son tóxicos a concentraciones de 75 y 45 mg·L⁻¹ de níquel y vanadio, respectivamente. Este último, sin embargo, puede ser un promotor de crecimiento microbiano en concentraciones bajas para ciertas cepas.

Literatura citada

Camelo, M., S. Vera. y R. Bonilla. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12(2):159-166.

Campos, G., E. Rivas., L. Sánchez., A. Cáceres., B. Bravo., G. Chávez. et al. 2012. Estudio de recuperación de vanadio y níquel en un crudo pesado y en su refracción de asfaltenos y maltenos por ICP-OES. *Ciencia* 20(1):52-59.

- Delgadillo-López, A. E., C.A. González-Ramírez., F. Prieto-García., J.R. Villagómez-Ibarra. y O. Acevedo-Sandoval. 2011. Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2):597-612.
- Galanis, A., A. Karapetsas. y R. Sandaltzopoulos. 2009. Metal-induced carcinogenesis, oxidative stress and hypoxia signaling. *Mutation Research* 674:31-35.
- Gettier, S., W. Burkman. y D. Adriano. 1987. Factors affecting vanadium phytotoxicity. En S. Lindberg, & T. Hutchinson. *Heavy Metals in the Environment* (1):469.
- Gosh, S. K., R. Saha. y B. Saha. 2015. Toxicity of inorganic vanadium compounds. *Research on Chemical Intermediates* 41:4873-4897.
- Kabata-Pendias, A. 2011. Elements of group 5 (Previously group Vb). En *Trace Elements in Soils and Plants* (4ta ed., pág. 505). Boca Raton: CRC Press.
- Khan, M., N. Shahbaz., S. Waheed., A. Mahmood., Z. Shinwari. y R. Malik. 2016. Comparative health risk surveillance of heavy metals via dietary foodstuff consumption in different land-use types of Pakistan. *Human and Ecological Risk Assessment Journal* 22(1):168-186.
- Larsson, M. A., S. Baken., J.P. Gustafsson., G. Hadialhejazi. y E. Smolders. 2013. Vanadium bioavailability and toxicity to soil microorganisms and plants. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32(10):2266-2273.
- Lin, C., N. Trinh., C. Lin. y H. Huang. 2013. Transcriptome analysis of phytohormone, transporters and signaling pathways in response to vanadium stress in rice roots. *Plant Physiology and Biochemistry* 66:98-104.
- Macomber, L. y R.P. Hausinger. 2011. Mechanisms of nickel toxicity in microorganisms. *Metallomics* 3(11):1153-1162.
- Navarro-Aviñó, J., I. Aguilar-Alonso. y J. López-Moya. 2007. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas* 16(2):10-26.
- Nies, D. H. 2003. Efflux-mediated heavy metal resistance in prokaryotes. *FEMS Microbiology Reviews* 2(3):313-339.

NPGS, N. 2008. Germplasm resources information network (GRIN). Database Management Unit (DBMU). NPGS, US., Department of Agriculture.

Ponce-Mendez, F. 2014. Conchita azul, potencial forrajero. *La ciencia y el hombre* 27(2).

Rodriguez-Mercado, J. y M. Altamirano-Lozano. 2006. Vanadio: contaminación, metabolismo y genotoxicidad. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 22(4):73-189.

Sakpirom, J., D. Kantachote., T. Nunkaew. y E. Khan. 2017. Characterizations of purple non-sulfur bacteria isolated from paddy fields, and identification of strains with potential for plant growth-promotion, greenhouse gas mitigation and heavy metal bioremediation. *Research in Microbiology*, 168:266-275.

Sar, P., S. K. Kazy. y S.P. Singh. 2001. Intracellular nickel accumulation by *Pseudomonas aeruginosa* and its chemical nature. *Letters in Applied Microbiology* 32(4):257-261.

Syam, N., T. Wardiyati., M. Maghfoer., E. Handayanto., B. Ibrahim. y A. Muchdar. 2016. Effect of accumulator plants on growth and nickel accumulation of soybean on metal-contaminated soils. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 9:13-19.

Tank, N. y M. Saraf. 2009. Enhancement of plant growth and decontamination of nickel-spiked soil using PGPR. *Journal of Basic Microbiology* 49:195-204.

Tripathi, V. N. y S. Srivastava. 2006. Extracytoplasmic storage as the nickel resistance mechanism in a natural isolate of *Pseudomonas putida* S4. *Canadian Journal of Microbiology* 52(4):287-292.

Villanueva-Ávalos, J. 2000. Clitoria. Leguminosa forrajera de excelencia para el trópico mexicano. Folleto técnico Núm. 1. SAGAR. INIFAP. Campo Experimental "El Verdineño", 44 p.

Wang, J. y Z. Liu. 1999. Effect of vanadium on the growth of soybean seedlings. *Plant and Soil*, 216(1):47-51.

Zia-ur-Rehman, M., M. Rizwan., S. Ali., N. Fatima., B. Yousaf., A. Naeem. et al. 2016. Contrasting effects of biochar, compost and farm manure on alleviation of nickel toxicity in maize (*Zea mays* L.) in relation to plant growth, photosynthesis and metal uptake. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 133:218-225.

SÍNTESIS DE PELÍCULAS POLIMÉRICAS REFORZADAS CON ÓXIDO DE GRAFENO

Irma Yolanda Martínez Valenzuela⁵⁵⁴, Gabriela Hernández Ramírez⁵⁵⁴, Verónica Saucedo Rivalcoba⁵⁵⁴
y Karina Bustos Ramírez^{554*}

Resumen

El uso de recubrimientos es muy utilizado debido a que permiten preservar por largo tiempo los productos que consumimos. Sin embargo, la mayoría de estos recubrimientos son de origen sintético, lo que trae consigo problemas de contaminación ambiental, debido a que al desecharse no se degradan rápidamente. Por lo anterior, se vienen usando los polímeros naturales para la fabricación de productos, con la finalidad de conservar alimentos. Los polímeros naturales son una fuente renovable para elaborar recubrimientos que puedan utilizarse en forma de películas para empaques y cubrir alimentos. El quitosano es un polímero que presenta propiedades anti-fúngicas; es biocompatible, biodegradable y proporciona baja permeabilidad de oxígeno y dióxido de carbono y, posee la capacidad de formación de películas. De igual manera, la pectina es otro polímero importante en la elaboración de recubrimientos, ya que, al utilizarse en combinación con otros compuestos para elaborar películas flexibles, brinda mejores propiedades mecánicas. Sin embargo, el uso de polímeros naturales para recubrimientos requiere el uso de un refuerzo que les permita competir con las características de los recubrimientos comerciales que, como ya se ha mencionado, son en su mayoría de origen sintético. Es por este motivo, que se plantea el uso del óxido de grafeno como refuerzo, observándose que favorece las propiedades mecánicas de los polímeros naturales; ya que así se ha reportado en literatura y ha sido utilizado. También el óxido de grafeno es objeto de estudio, al formular este tipo de materiales el grado de toxicidad que presenta ya sea solo o en conjunto. Al estar compuesto con trazas de grupos oxigenados y por su tamaño nanométrico, causa incertidumbre entre algunas áreas de la ciencia y tecnología. El objetivo de este trabajo fue obtener películas compatibles en

⁵⁵⁴ Subdirección de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

*Autor para correspondencia: karinab1117@gmail.com

mezcla y características físicas, para que posteriormente se evalúe mediante pruebas toxicológicas y así ofertarlo en el sector alimenticio.

Palabras clave: biocompatibilidad, recubrimientos, polímeros naturales, carbono

Introducción

Los cambios en el estilo de vida que las personas experimentan en los últimos años, así como la importancia de ingerir alimentos saludables, han causado un incremento en el consumo de alimentos listos para comer, en especial de frutas mínimamente procesadas (García et al., 2011). El uso de recubrimientos es una tecnología que ha sido utilizada desde hace algunos años. Además, aplicar recubrimientos comestibles en frutas, a partir de fuentes renovables como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de estos, disminuyen su tasa de respiración; retrasan su pérdida de peso por deshidratación, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación, causado por microorganismos. Lo anterior debido a que los recubrimientos proporcionan una barrera semi permeable a los gases y al vapor de agua (Vázquez y Guerrero, 2013).

Las propiedades físicas y estructurales de las biopelículas poliméricas para recubrimiento de alimentos han sido frecuentemente estudiadas. Para estas aplicaciones, se buscan biopolímeros que tengan propiedades como permeabilidad, estabilidad térmica, transparencia óptica, propiedades mecánicas y velocidad de degradación (Siracusa et al., 2008; Roy et al., 2012). El quitosano, el cual es obtenido a partir de la deacetilación de la quitina, tiene estas propiedades prometedoras. Además, incluye, actividad antimicrobiana y antifúngica, biocompatibilidad, biodegradabilidad, elevada capacidad de formación de películas y baja permeabilidad de oxígeno y dióxido de carbono. Esto ofrece una gama versátil de aplicaciones, incluyendo la elaboración de empaques para alimentos. Sin embargo, todo esto se ve limitado debido a su baja estabilidad térmica, oscurecimiento durante almacenaje a altas temperaturas y sufre degradación al ser expuestos a rayos UV (Mahmoudi, 2016). Así mismo, se ha reportado la utilización de pectina en combinación con otros compuestos para la elaboración de películas flexibles, las cuales presentan propiedades físicas y mecánicas más fuertes que cuando se encuentran de manera individual (Rutiaga, 2002). Desarrollar una biopelícula a base de polímeros naturales u orgánicos que se utilice como recubrimiento para alimentos, conlleva agregarle un refuerzo, para establecer competencia con los recubrimientos ya utilizados y que en su mayoría son sintéticos. El grafeno es una estructura nanométrico bidimensional, formada por hasta diez capas superpuestas, cada una de ellas de un átomo de espesor y compuesta de átomos de carbono enlazados en una configuración atómica hexagonal. Existen tres tipos de grafeno: monocapa, bicapa y de tres a diez capas.

El óxido de grafeno es una de las formas para la aplicación de grafeno, material que al ser agregado a otro material, asume una mejor distribución de las hojas de carbono en comparación de las hojas de grafeno, debido a los grupos funcionales que están presentes en las hojas del grafeno oxidado (Bustos, 2013).

Una aplicación del óxido de grafeno, puede ser como refuerzo en la elaboración de materiales compuestos también denominados composites, para lo que en el área de alimentos se le denominaría: película y, es usada como recubrimiento para la conservación de alimentos. En los composites elaborados de polímeros sintéticos se han agregado diversos materiales como refuerzo, por ejemplo, fibras de carbono, que proporcionan ligereza y alto desempeño. En la actualidad, uno de los estudios con más interés es elaborar composites de alta resistencia mecánica, durables y multifuncionales en base a polímeros orgánicos y con la incorporación de estructuras nanométricas como refuerzo (Bustos, 2011; Mahmoudi, 2016). El objetivo de este trabajo fue obtener películas compatibles en mezcla y características físicas, para que posteriormente se evalúe mediante pruebas toxicológicas y así ofertarlo en el sector alimenticio.

Materiales y métodos

La experimentación se llevó a cabo en el laboratorio de química y análisis de alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, utilizando óxido de grafito, agua destilada, glicerol, ácido acético grado alimenticio, quitosano de sigma aldrich, pectina cítrica comercial. A continuación, se describen los métodos empleados.

Obtención de óxido de grafeno. El óxido de grafeno se obtuvo utilizando la metodología reportada previamente por Bustos (2011). Se pesó .001 kg de óxido de grafito y se agregó en 10 mL de H₂O destilada y se llevó a baño ultrasónico durante 3 horas a una frecuencia de 50 – 60 Hz.

Síntesis de películas. Para sintetizar las películas de quitosano, se elaboró una concentración del 2 % p/v, para lo cual se tomaron 0.002 kg de quitosano y se disolvieron en 0.098 L de ácido acético. Una vez homogeneizada la mezcla se dejó reposar de 24 a 48 horas en recipientes de teflón. El método para la elaboración de películas de pectina fue similar al anterior; solo que, en este caso el disolvente que se utilizó fue agua destilada y como agente plastificante se agregó 0.0005 L de glicerol por cada 0.098 L de agua destilada. Películas de quitosano/pectina en una relación 75/25 respectivamente; preparadas con los

métodos antes mencionados y mezclando la relación correspondiente para establecer el 100 %, de igual forma la mezcla obtenida se depositó en moldes de teflón y se dejó reposar durante 24-48 horas. Para añadir el refuerzo de óxido de grafeno se utilizó el método propuesto por Bustos (2011). Se realizaron mezclas correspondientes de pectina y quitosano tal como se describe anteriormente en este apartado y se añadió la cantidad de refuerzo (0.00002 kg para 0.1 % y 0.0001 kg para 0.5 %). Se dejó reposar la mezcla en recipientes de teflón de 24 – 48 horas hasta que se desprendieron. Posteriormente se realizó un lavado de las películas con una solución de NaOH al 1M durante media hora e inmediatamente otro lavado con agua destilada. Se dejaron secar nuevamente hasta que se comenzaron a desprender, para determinar: color, sinergia y textura tangible de las películas obtenidas para después de probarlas puedan pasar a la evaluación toxicológica.

Resultados y discusión

Se encontró que sí existe sinergia entre los polímeros de quitosano y pectina ya que, la mezcla resultante indica la homogeneidad de los polímeros al ser mezclados, y qué si son formadores de películas, hecho que se antecede ya que sin crear materiales compuestos el quitosano y la pectina si formaron películas de manera unitaria. Se obtuvieron películas semitransparentes, de un color amarillo tenue, más flexibles en el caso de las que fueron elaboradas con un solo polímero (blanco), ya sea quitosano o pectina, a diferencia de las elaboradas con ambos polímeros, debido a que mezclados hay un aumento y entrecruzamiento de cadenas poliméricas que hacen aumentar la rigidez de la película, por lo que en al hacer contacto con ella se sienten menos flexibles. Es así que las películas conformadas por la mezcla de quitosano/pectina presentan una flexibilidad menor pero adecuada, su textura de todas las películas sintetizadas es lisa sin rugosidad y con un diámetro de 12.3 cm \pm 0.5 y un grosor de 0.5 mm \pm 0.2. En cuanto a las películas sintetizadas con óxido de grafeno, se puede observar que el material se distribuye sobre toda la película, lo que indica una dispersión adecuada del material de carbono nanométrico y le brinda un aspecto diferente a las películas sin refuerzo pero visualmente aceptable; así mismo, su textura es lisa y el diámetro es al igual que las otras de 12.3 cm de diámetro y 0.5 mm de grosor, con los mismo márgenes de mas-menos.

Conclusiones

El óxido de grafeno utilizado como refuerzo para la elaboración de las películas se distribuye homogéneamente con los polímeros utilizados, otorgando a éstas una apariencia lisa y semitransparente. La flexibilidad se modificó a comparación de las que fueron elaboradas con la mezcla de quitosano/pectina, las cuales presentan rigidez. Estas características hacen que las películas elaboradas con el refuerzo sean una alternativa viable a ser utilizadas como películas para cubrir alimentos; por lo que se plantea el inicio de pruebas toxicológicas.

Literatura citada

Bustos, R.K. 2011. Síntesis y caracterización de composites elaborados con grafeno nanométrico modificado y una matriz polimérica natural. Tesis de maestría. UAEM. Edo. De México. 67 p.

Bustos-Ramírez, K., Martínez-Hernández, A.L., Martínez-Barrera, G., de Icaza, M., Castaño-Meneses, V.M. and Velasco-Santos, C. 2013. Covalently Bonded Chitosan on Graphene Oxide via Redox Reaction. *Materials* 6:911-926.

García, M. A., Ventosa, M., Díaz, R. y Casariego, A. 2011. Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con Aloe vera en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 21:62-67.

Mahmoudi, N., Ostadhossein, F., Simchi, A. 2016. Physicochemical and antibacterial properties of chitosan-polyvinylpyrrolidone films containing self-organized graphene oxide nanolayers. *J. of Apply. Pol. Sci.* 43:1-4.

Roy N, Saha N, Kitano T, Saha P. 2012. Biodegradation of PVP–CMC hydrogel film: A useful food packaging material, *Carbohydrate Polymers* 89: 346 -353.

Rutiaga, Q. O. M. 2008. Elaboración de películas plásticas flexibles a partir de polímeros naturales como una alternativa de empaques y la evaluación de sus propiedades. Tesis de Doctorado, UANL, Nuevo León, México. 98 p.

Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., Rosa, M. D. 2008. Biodegradable polymer for food packaging: A review. *Trends Food. Sci. Technol.* 19:634.

Vázquez, B. M.C. y Guerrero, B. J. A. 2013. Recubrimiento de frutas con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 7:5-14.

ESTADO AMBIENTAL Y HUMANO EN LAS COOPERATIVAS PESQUERAS DE SABANCUY, CAMPECHE

Gabriela Ciriaco Campos^{555*}, Gladys Santiago Antonio, Martín Andrés García Gómez, Guadalupe Nicté-Ha Wicab Cámara, Sandra Aguilar Olivera, Fernando Casanova Lugo.

Resumen

A nivel mundial, México es uno de los pocos países que en su territorio geográfico cuenta con varios tipos de climas. Debido a ésto, cuenta con una amplia diversidad de especies y riquezas naturales en los ecosistemas terrestre y marino. En el sureste del territorio nacional, el estado de Campeche aporta 42 351 toneladas anuales a la producción pesquera. No obstante, las zonas de pesca artesanal o riveña colindan con espacios destinados a la extracción de petróleo, generándose ciertos conflictos entre los sectores, y a la vez la oportunidad de desarrollar estrategias que permitan el aprovechamiento eficiente, sustentable y equitativo de ambas actividades para el beneficio de la economía local. En Sabancuy, municipio del Carmen, Campeche, la mayoría de la población se dedica a la pesca ribereña; sin embargo, se desconocen las adversidades y condiciones ambientales en que operan las sociedades de pescadores. Por lo anterior, con el apoyo de los pescadores y representantes de las cooperativas, se realizó un diagnóstico ambiental participativo e integral para identificar las condiciones ambientales y percepción de adversidades que presentan las cooperativas pesqueras de Sabancuy. Para la obtención de información se integró un grupo con 20 estudiantes. Se diseñó una encuesta de 64 ítems y se encuestaron 27 cooperativas pesqueras de Sabancuy. Los datos fueron analizados mediante Microsoft-Excel y la interpretación de resultados indicó, entre otras cosas, que se requiere capacitación para los pescadores. Los entrevistados mencionaron que la pesca se ve afectada por la contaminación del mar a causa de la actividad petrolera; los pescadores furtivos no respetan

⁵⁵⁵ Instituto Tecnológico Superior de Champotón Carretera Champotón-Isla Aguada Km. 2, Col. El Arenal. Champotón, Campeche, México. *Autor para correspondencia: sa__gla@hotmail.com

los periodos de veda; la pesca rivereña se realiza mediante anzuelo, lanza, nazas y palangre, siendo éste último el más utilizado y que sólo el 73.7 % de las embarcaciones de los pescadores artesanales están equipadas con GPS, radio y salvavidas para la navegación segura.

Palabras clave: pesca, petróleo, diagnóstico, artesanal

Introducción

La biodiversidad está relacionada con aspectos como la genética, especies, comunidades, temperatura, humedad, precipitación y tipo de suelo. México ocupa el tercer lugar en biodiversidad general, con 717 especies de reptiles, 295 especies de anfibios, 500 especies de mamíferos, 1 150 especies de aves, 25 000 especies de angiospermas (Luna et al., 2011), y 2 692 especies de peces (Surukhán et al., 2009). El sector pesquero es una fuente de ingresos y medios de subsistencia para millones de personas en todo el mundo. La pesca artesanal es realizada por personas físicas o morales sin embarcación o con embarcaciones de hasta 32.6 m³ de capacidad de bodega y hasta 15 m de eslora, con predominio de trabajo manual, artes y aparejos de pesca menores y un área de pesca comprendida entre la línea de costa y las cinco millas (Ley General de Pesca, 1993).

El consumo de pescado suele basarse en productos locales y de temporada, no obstante, se ha transformado según la disponibilidad de pescado derivado de las importaciones pesqueras (FAO, 2014). La república mexicana ocupa el lugar diecinueve en el ámbito internacional de producción pesquera, con un total de 1.468 millones de toneladas (CONAPESCA, 2004). La pesca como actividad productiva primaria hace uso de la riqueza biológica del litoral costero y marino disponible. La república mexicana se caracteriza por la diversidad de especies, que aprovecha la variabilidad de las artes de captura y los productos que se obtienen para el consumo humano, como pigmentos, materiales para la construcción, productos ornamentales y sustancias de uso farmacológico (Cerdenares-Ladrón et al., 2014). En el estado de Campeche existen 15,284 pescadores (CONAPESCA, 2010), que extraen 42,351 toneladas anuales representando el 2.43% de la producción nacional (CONAPESCA, 2013).

Respecto al sector petrolero, el México ocupa el décimo tercer lugar le producción de petróleo crudo a nivel mundial. La región sur-sureste que incluye a los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán ostenta la mayor producción de energía con 7 622.28 Pentajoules, no obstante, la extracción de crudo disminuye paulatinamente y el precio del barril bajo de 85 a 43 dólares de 2014 a 2015 (PEMEX, 2016), causando entre otras cosas el incremento de los productos refinados como la gasolina y diésel. Actualmente, Campeche cuenta con los principales campos de crudo a nivel nacional, que promueven el desarrollo económico del estado.

Conocer el contexto, las debilidades, fortalezas y entender las relaciones entre los distintos actores sociales que se desenvuelven en un determinado medio, permite prever reacciones dentro del sistema frente a acciones de intervención o cambios suscitados en algún aspecto de la estructura de la población en estudio (Rodríguez, 2007). La localidad de Sabancuy cuenta con una población total de 7,286 habitantes (3,581 mujeres y 3,705 hombres) en 1,844 viviendas (INEGI, 2010), donde la principal actividad laboral es la pesca ribereña.

Derivado de la constante actividad petrolera y pesquera, la convivencia entre ambos sectores es compleja en esta región. Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo realizar un diagnóstico participativo integral para identificar el estado de desarrollo, cuidado del medio ambiente y necesidades que presentan las cooperativas pesqueras de la localidad de Sabancuy.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la localidad de Sabancuy ubicada en las coordenadas 18°45 a 19°00 de latitud norte y 91°00 a 91°20 de longitud oeste, a 5 msnm, en el municipio del Carmen, estado de Campeche (INEGI, 2015). La comunidad colinda al norte con el Golfo de México, al oeste con Isla Aguada y Laguna de Términos, al sur con Chekubul y Escárcega, y al este con Ley Federal de Reforma Agraria y Champotón. El clima predominante en el lugar es cálido húmedo y subhúmedo con abundantes lluvias en verano, precipitación invernal del 5% al 10% del total anual y periodo seco de octubre a mayo (Atlas del Carmen, 2011), lo que fortalece las actividades de pesca, ganadería, agricultura y servicios en la comunidad. La flora se integra principalmente por manglar, pastizal halófilo, pastizal inducido, sabana, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia y tular, mientras que la fauna se compone de cigüeñas, cocodrilo de pantano, tortuga, delfín, nutria y manatí entre otros (CONABIO, 2009).

Para el desarrollo del estudio se realizó investigación documental, observacional y descriptiva. Se consideraron tres etapas, la primera de septiembre a octubre de 2015 consistió en la planeación: integración del equipo de trabajo, delimitación del área de estudio y definición del tamaño de muestra (Hernández-Sampieri, 2006). La segunda etapa de octubre a diciembre de 2015 radicó en la ejecución: se visitaron 33 cooperativas pesquera para establecer contacto con directivos y pescadores, diseño de la encuesta con 64 ítems que consta de preguntas abiertas y cerradas relacionadas con aspectos ambientales y humanos, capacitación de un grupo de estudiantes de ingeniería ambiental, gestión empresarial, administración y sistemas computacionales del Tecnológico Superior de Champotón para la aplicación de la encuesta, y se asistió a las instalaciones de las

cooperativas pesqueras legalmente constituidas ubicadas en el área limítrofe de Sabancuy para realizar las entrevistas a pescadores y directivos. La última etapa del estudio efectuada de enero a febrero de 2016 residió en la captura de datos en Microsoft Excel 2013 y en el programa SoftDiagnostic, análisis de información cualitativa y cuantitativa, interpretación de resultados obtenidos y comparación con información publicada.

Resultados y discusión

Se realizaron visitas y encuestas en 27 cooperativas pesqueras que realizan actividades productivas en la localidad de Sabancuy, Carmen, Campeche, el resto no fue posible debido a que ya no están activas, se desintegraron o cambiaron de ubicación. A continuación, se mencionan los resultados significativos.

Aspectos ambientales. En la región se aplican diferentes artes de pesca para la captura de las especies marina. En Sabancuy la pesca se efectúa principalmente mediante palangre, sedal y anzuelo, lanza, nazas y redes de filamento, destacando el palangre como herramienta para capturar especies como el pargo, chernas, mojarra, atún e incluso tiburones (Figura 1).



Figura 8. Métodos de pesca ribereña en Sabancuy, Carmen, Campeche.

Bjordal (1996) mencionó que los peces capturados con palangre por lo general son de alta calidad, debiendo cuidar los tiempos de remojo ya que si permanecen en demasía los peces carroñeros los devoran. Es importante considerar el tipo de carnada, debido a que se atraen animales no deseados, como tortugas, tiburones y aves marinas, especialmente estas

últimas que al seguir a los barcos de pesca para aprovecharse de los cebos, quedan atrapadas y mueren ahogadas (Cortés y Gonzales-Solís, 2015).

La mayoría de los encuestados mencionaron que la actividad productiva que contamina el mar es la industria petrolera, debido a los derrames de hidrocarburos registrados durante la historia, causando con ello la emigración, disminución o extinción de algunas especies marinas y afectando de manera directa a los pescadores, porque se ven obligados a alejarse de las costas en sus embarcaciones inseguras, para incrementar la captura. Sin embargo, el 19% dijeron que otra fuente de contaminación marítima es por los propios pescadores y pobladores debido a que arrojan desechos al mar, entre estas bolsas de plástico, botellas de PET y trampas de material contaminante olvidadas en el fondo del mar. Los hidrocarburos son considerados de naturaleza tóxica para el ambiente y la biodiversidad marina. Madariaga (2010) señaló que la entrada y salida de embarcaciones en los puertos, el movimiento de vehículos en los muelles, la operación de maquinaria, las labores de aprovisionamiento o carga, entre otras actividades, generan óxidos de carbono, de azufre y de nitrógeno, así como partículas sólidas, ruidos y agitación en las aguas; mientras que los residuos plásticos con las olas fracturan los corales y deforman o matan a los peces (Jache, 2014).

Respecto a la clasificación y separación de la basura, el 86% desconoce el significado de los términos “residuos orgánicos” y “residuos inorgánicos”, no obstante, respondieron que las bolsas de plástico, botellas de refresco, aceite (inorgánicos), así como los restos de comida, viseras de las especies marinas, escamas y espinas, entre otras cosas (orgánicos) los depositan generalmente en el bote de basura. La disposición inadecuada de estos residuos afecta al medio ambiente, al ser humano y los diferentes ecosistemas (Osorio, 2010). En el pacífico septentrional y en el océano atlántico se han formado islas de basura acumulada. Los residuos inorgánicos y orgánicos en las vías públicas con lleva a la generación de líquidos, gases, proliferación de roedores y aves de carroña, provocando riesgo de enfermedades y epidemias en la población (Kiss y Encarnación, 2006).

Del total de cooperativas pesqueras visitadas, cuatro se dedican a extraer escama; ocho pescan moluscos; ocho cosechan jaiba y el resto extrae otras especies. Los datos obtenidos indican que la mayoría de los encuestados conoce sobre la normatividad que aplica para la captura y vedas de especies marinas (Figura 2), no obstante, por diversos aspectos en la zona aún se presentan pescadores furtivos.

Lo anterior concuerda con lo reportado por SAGARPA (2004), donde se mencionó que el 98 % de la producción nacional de *Octopus maya* (Pulpo rojo) y *O. vulgaris* (Pulpo patrón) proviene de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. La pesca de jaiba se basa en artes de pesca sencilla como trampas, aros y figas. Cisneros-mata et al. (2014) mencionaron que en la república mexicana las jaibas del género *Callinectes* tienen gran aceptación por su calidad, comercializándose enteras, desmenuzadas, a granel o en lata. En

cuanto a especies con escama el robalo representa una valiosa fuente de empleo para las comunidades pesqueras ribereñas de los estados de Campeche, Tabasco y Veracruz.

Respecto a la disminución de volumen de pesca en los últimos cinco años, el 55% opinó que se debe a la contaminación del mar, el 35% señaló que es porque no se respetan los periodos de veda, el 5% consideró que es por usar malla de pesca inadecuada y el resto mencionó que se debe a otros factores. Estos resultados coinciden con Uzcanga et al., (2012) quienes mencionaron que el uso inadecuado de las artes de pesca ocasiona daño al medio acuático, descapitaliza a los pescadores y se presentan conflictos sociales.

Cooperativas pesqueras que conocen sobre alguna normatividad que se aplique para la captura o veda de las especies marinas



Figura 2. Conocimiento de normatividad que aplica para la captura de especies marinas.

Aspectos humanos. El 90% de los entrevistados en las cooperativas pesqueras de la localidad de Sabancuy considera necesario la adopción de medidas de seguridad y protección para la navegación de la embarcación. El 74% de las sociedades de pescadores cuenta con equipos de seguridad establecidos por la capitanía de puerto, como es el dispositivo GPS, radio, salvavidas, compresoras y chalecos salvavidas. Al respecto, Coayla y Rivera (2008) mencionaron que la existencia de pescadores ribereños no registrados y dispersión geográfica de las actividades pesqueras artesanales requieren mejorar las regulaciones sobre seguridad y aplicar las medidas necesarias a las embarcaciones menores. Respecto a la edad de los socios en las cooperativas pesqueras la encuesta indicó que el 91% supera los diecinueve años cumplidos, lo que refleja una población activamente joven (Figura 3).

Edad promedio en las cooperativas pesqueras

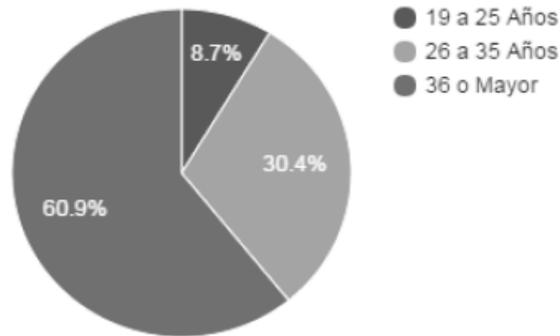


Figura 3. Edad de los pescadores en Sabancuy.

Se observó que sólo el 30% de la población encuestada refiere haber recibido capacitación en materia de seguridad laboral y de primeros auxilios, no obstante, el 86% asistido a la escuela (Figura 4). El 91% respondió que tiene el interés en recibir capacitación para desempeñar otros oficios como la herrería, carpintería, mecánica, electricidad y plomería. Actualmente el 42% de los hijos de los pescadores se encuentra en el mercado laboral, mientras que el 58% no trabaja, ya sea porque están estudiando o porque no han conseguido empleo. Respecto a servicios de salud, el 68% mencionó que no existe lo necesario para un buen servicio en la comunidad.

Grado de estudio de los socios de las cooperativas

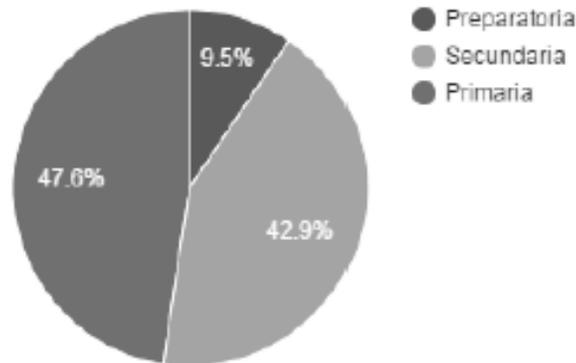


Figura 4. Formación educativa en pescadores de Sabancuy.

Conclusiones

1. Las cooperativas pesqueras mencionaron que el tipo de pesca que existe en la localidad es principalmente ribereña y la captura de especies marinas se realiza mediante palangre, nazas, anzuelo y lanza.

2. Los encuestados indicaron que la contaminación del mar es provocada principalmente por derrames de hidrocarburos registrados en el historial de la industria petrolera, y por la falta de educación ambiental en la comunidad, ya que arrojan desechos de basura en las costas.
3. Los pescadores manifiestan conocen los periodos de veda, no obstante, se presentan pescadores furtivos.
4. Los entrevistados manifestaron que sus ingresos no son suficientes, solo recuperan lo que invierten en gasolina, aceite para el motor, sal, hielo y la comida que llevan para navegar, debido a que usan equipos deteriorados y generalmente los guardan a la intemperie.
5. Para incrementar su ingreso familiar les gustaría recibir capacitación para realizar otros oficios como herrería, carpintería, mecánica, electricidad, plomería y continuar estudiando.

Agradecimientos

Al personal de las cooperativas pesqueras de Sabancuy por compartir sus conocimientos y situaciones adversas durante las entrevistas realizadas; al Biólogo Luis Alberto Pérez Basurto por su participación en la ubicación de cooperativas y gestión de apoyos para los pescadores; y a los estudiantes de licenciatura por la aplicación de las encuestas.

Literatura citada

Bjordal A. and S. Lokkeborg. 1996. Longlining. Fishing News Books, Blackwell Science Ltd., Oxford. 156 p.

Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., E. Ramírez-Antonio, S. Ramos-Carrillo, G. González-Medina, V. Anislado-Tolentino, D. López-Herrera and S. Karam-Martínez. 2014. Impacto de la Actividad Pesquera Sobre la Diversidad Biológica. Revista Iberoamericana de Ciencias 1(1):95-114.

Cisneros-Mata, M. Á., E. Ramírez-Félix, J. A. García-Borbón, L. V. Castañeda-Fernández, A. Labastida-Che, C. Gómez-Rojo y J. Madrid-Vera. 2014. Pesca de Jaiba en el litoral del Pacífico Mexicano. Instituto Nacional de Pesca. México.

Cortés, V., Gonzales-Solís. 2015. Manual de buenas prácticas en la pesca de palangre de fondo. Universidad de Barcelona. 110 p.

Coayla R. y P. Rivera. 2008. Estudio sobre la seguridad en el mar para la pesca artesanal y en pequeña escala. 2. América Latina y el Caribe. Circular de Pesca. No. 1024/2. Roma, FAO. 58 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/sitioPeninYuc.html> [consultado el 20 de diciembre de 2015].

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2004. Anuario Estadístico de la Pesca. México. 216 p.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2010. Anuario Estadístico de la Pesca. México. 305 p.

CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). 2013. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. México. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca> [consultado el 23 de enero de 2016].

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 23 p.

Atlas del Carmen. 2011. Atlas de peligros naturales del municipio de Carmen. Honorable Ayuntamiento del Carmen. Disponible en: http://www.carmen.gob.mx/transparencia/web/Ayuntamiento/2014/OB23/ATLAS_DE_PELIGROS_CARMEN_2011.pdf [consultado el 10 de enero de 2016].

Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado y P. Baptista-Lucio. 2006. Metodología de la Investigación. 4a ed. McGRAW – Hill Interamericana de México, S.A de C.V. México, D. F. p. 120-182.

Kiss K. G. y A. G. Encarnación 2006. Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. Gaceta ecológica 79(2006):39-51. Instituto Nacional de Ecología, México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Población de Sabancuy. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en: www.inegi.org.mx. [consultado el 12 de mayo de 2016].

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2015. Sabancuy, Campeche. Disponible en: www.google.com.mx/maps/place/Sabancuy,+Camp. [consultado el 07 de septiembre de 2016].

Jache, R. 2014. Gestión de plásticos en el medio marino. Universidad de Cantabria. España. 120 p.

Ley General de Pesca. 1993. Ministerio de Pesquería. Decreto Ley N° 25977. Lima, Perú.

Luna, P. R., A. Castañón B. y A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. UNAM. Ciencias 101(1):36-43.

Madariaga, D. E. 2010. Modelo de gestión de los residuos procedentes de embarcaciones en los puertos pesqueros y deportivos de Cantabria: propuestas de control ambiental. Universidad de Cantabria. Departamento de ciencias y técnicas de la navegación y de la construcción naval. España. 123 p.

Osorio, H. C. 2010. Manejo Ecológico de Residuos Sólidos en la Península de Atasta, Campeche. 11 p.

PEMEX (Petróleos Mexicanos). 2016. Informe anual 2015. 139 p.

Rodríguez-Cauqueva, J. 2007. Guía de elaboración de diagnósticos. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jairoromeronovoa7/gua-dediagnostico> [consultado el 22 de septiembre de 2016].

SAGARPA (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación) 2004. Pulpo. Región Iv: Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Programa Rector Nacional de Pesca y Acuicultura. México.

Surukhán J., G. Halffter, P. Koleff, R. González, J. Carabias, I. March, J. Soberón, A. Mohar, R. Dirzo, S. Anta, J. Llorente-Bousquets y J. de la Maza. 2009. Capital natural de México, síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectiva de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F. 100 p.

Uzcanga, P. N. G., Maya M. A. y Cano, G. A. 2012. Diagnóstico sectorial para la planeación en el estado de Campeche. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. San Francisco de Campeche, Campeche, México 148 p.

CALIDAD DEL AGUA BASADA EN MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA MICROCUENCA DE XOTEAPAN, LOS TUXTLAS, VER.

Francisco José Gómez Marín⁵⁵⁶, Erasto del Ángel Pérez⁵⁵⁶

Resumen

Se realizó un diagnóstico de línea de base y evaluación preliminar de la calidad de agua de la microcuenca del río Xoteapan (3037 ha, 125-546 msnm) y en corrientes aledañas del Municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz en época de lluvias (junio – diciembre de 2016). Para ello se utilizó el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) de calidad de agua adaptado a Costa Rica, basado en macroinvertebrados acuáticos aplicado en 18 tramos muestreados donde se identificaron un total de 56 familias de organismos. Se infiere que, dentro de los cauces analizados en la cuenca (38.12 km, 33.38%), 1.3 km (3.5%) presentan calidad excelente (I); 4.8 Km (12.6%) buena (II); 12.6 km (33.2%) aceptable (III); 2.15 km (5.6%) regular (IV), 8.32 Km (21.8%) crítica (V), 8.9 km (23.2%) muy crítica (VI). Se relacionaron las clases de calidad del índice BMWP con el Orden de corriente en la cuenca.

⁵⁵⁶ Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla. fjgmedith@hotmail.com

Los resultados indican que muchos de los macroinvertebrados acuáticos en corrientes de Orden 1 y 2 son impactados seriamente por las descargas de aguas residuales urbanas. Arroyos de orden 2 y 3 mantienen calidad aceptable por dilución de las descargas contaminantes. La diversidad regional y especies endémicas han sido impactadas dentro de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. Urbanización y descargas de aguas residuales en corrientes en laderas pronunciadas ofrecen un escenario de vulnerabilidad y riesgo ambiental, que puede potenciarse ante el cambio climático. Se genera una base de datos de macroinvertebrados y otros organismos acuáticos, una caracterización preliminar de los sitios; una base de datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y sus respectivos indicadores de calidad de agua según normativa, uso y destino del agua. Se proponen acciones de sensibilización, ordenamiento territorial, un análisis de alternativas de obras e infraestructuras de saneamiento ambiental y de manejo del suelo bajo el enfoque de manejo integrado de cuenca y propuestas para disminuir la vulnerabilidad y el riesgo ambiental en escenario de cambio climático.

Palabras clave: bioindicadores acuáticos, manejo integrado de cuenca, monitoreo comunitario, cuencas hidrológicas

Introducción

La actividad humana impacta de muchas formas en los ecosistemas acuáticos y fluviales: modificación de cauces, márgenes y fondo, alteración del régimen hídrico y caudal, alteración de sustratos del cauce, contaminación por materia orgánica, química, metales pesados y contaminación térmica. Estos impactos cambian la estructura, composición y funcionamiento de las comunidades y ecosistemas fluviales. Estas características y la presencia y la abundancia de los diferentes grupos de organismos acuáticos son utilizadas como bioindicadoras en la evaluación de la calidad del agua y el monitoreo biológico de ecosistemas acuáticos continentales. Los macroinvertebrados bentónicos son el grupo más recomendado y de mayor espectro, en especial en ríos y lagos para evaluar contaminación por materia orgánica, eutrofización, variaciones de caudal, de la morfología del lecho y metales pesados (Gamboa et al., 2008, Barba-Álvarez et al., 2013).

En estos ecosistemas, los indicadores biológicos buscan caracterizar la calidad ambiental del hábitat y del agua, especialmente de corrientes superficiales, por la presencia o ausencia de los invertebrados. Generalmente se analizan los invertebrados del fondo, llamados técnicamente bentónicos por su sensibilidad a los diversos contaminantes, reaccionan

relativamente rápido, son omnipresentes, aprovechan prácticamente todos los hábitats disponibles son abundantes y relativamente fáciles de recolectar, su taxonomía está bien establecida en la mayoría de los casos. Los insectos son el grupo biológico más conspicuo en el ambiente acuático y los macroinvertebrados bentónicos en su mayoría son sedentarios y representativos de las condiciones locales, tienen ciclos de vida largos, permiten esclarecer cambios temporales ocasionados por alguna perturbación, sus comunidades son heterogéneas, con una alta riqueza taxonómica y distintos grupos funcionales, y ofrecen un espectro amplio de respuestas a diferentes afectaciones (Barba-Álvarez et al. 2013). El monitoreo fisicoquímico y microbiológico son rutinarios y costosos en equipos, y sólo proporcionan valores puntuales de la calidad del agua en el momento de tomar la muestra. La evaluación de las comunidades de macroinvertebrados informacia de la calidad ambiental en el tiempo, en condiciones pasadas y actuales (De la Lanza-Espino et al., 2011). Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar la calidad del agua de la Microcuenca Xoteapan en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz mediante bioindicadores basados en macroinvertebrados acuáticos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La microcuenca de Xoteapan forma parte de la subcuenca del Río San Andrés tributario del río San Juan, ambos pertenecientes a la cuenca del río Papaloapan (Región Hidrológica No. 28). Abarca 3037 ha entre 125 a 546 metros sobre el nivel del mar en parte de la Zona de Amortiguamiento y Zona de Influencia del sur de la Zona Núcleo I Volcán San Martín Tuxtla (Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas). Sus coordenadas extremas se encuentran entre 18° 28' 35.93" y 18° 22' 22.93" LN y 95° 12' 49.46" 95° 20' 7.28" LO. Se definieron 18 puntos de muestreo entre el autor, la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento y el grupo comunitario de monitoreo del Ejido Tepancan.

Se realizaron 2 muestreos en la época de lluvias (junio – diciembre de 2016) en cada uno de los tramos de río para la colecta de macroinvertebrados. Los muestreos sirvieron para entrenar y capacitar a los miembros del comité comunitario de monitoreo de calidad de agua del Ejido Tepancan que proporcionaron a su vez un gran apoyo como guías y en la misma captura de organismos.

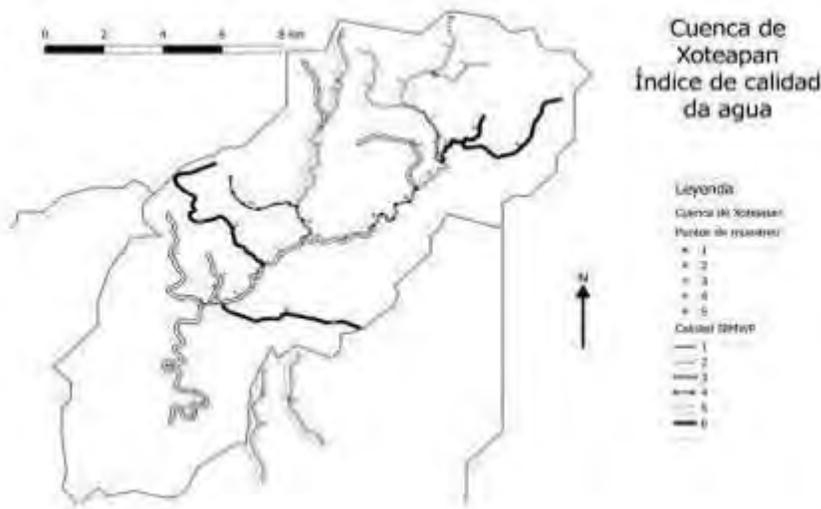


Figura 1. Cuenca de Xoteapan. Puntos de muestreo y calidad del agua y ambiental según el índice BMWP basado en el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

Metodología utilizada

Se siguió la metodología de Ramírez (2010) con adaptaciones en equipo y material disponible. Los macroinvertebrados se capturaron con redes de patada con tela mosquitera de 1 m y las redes Surber o D se sustituyeron por aros de madera (20, 30, 40 cm de diámetro) con malla de tela de tul #15, de elaboración propia por su sencillez, disponibilidad y precio económico. Se realizaron redadas mediante arrastres, golpeo y remoción de los diferentes sustratos y hábitats donde se refugian los macroinvertebrados acuáticos a lo largo de tramos aproximadamente 10 veces el ancho del cada cauce (entre 50-100 m) en los diferentes hábitats existentes: sustrato del fondo, rocas, sedimentos, hojarasca, ramas, vegetación sumergida y en orillas, tanto en rápidos, pozas y corrientes allá donde existían esos microhábitats. Se hicieron redadas hasta no encontrar nuevas familias de organismos en el tramo muestreado en periodos de 1-2 h aproximadamente. Se muestrearon 18 tramos fluviales cuyas características y ubicación se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los tramos donde se realizó el muestreo de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del índice BMWP. Coordenadas se expresan en coordenadas UTM WGS84 en Zona 15Q.

Tramo	Nombre	Bmwp	N° famil.	bmwp/n° fam.	Calidad	Orden cuenca	UTM Longit	Latitud
1	Tep Cam Real	139	27	5.1	1	2	264086	2042412
2	Arr Totolapan	119	22	5.4	2	1	264376	2043857
3	Avescoma	107	20	5.4	2	3	267782	2043559
4	Tular	105	20	5.3	2	1	265542	2047812
5	Pte Xoteapan	88	17	5.2	3	3	260648	2039553

6	Los Pinos	77	17	4.5	3	3	262875	2040719
7	Arroyo Naranja	77	13	5.9	3	1	263699	2042291
8	Benito J.	71	13	5.5	3	3	260401	2037574
9	Texcaltitan	50	10	5	4	1	262180	2040801
10	Pte Dos Arroy	48	13	3.7	4	2	264138	2042103
11	Matac 5 chorros	44	7	6.3	4	3	271635	2040311
12	B. A. Texalpan	31	6	5.2	5	1	262659	2044116
13	Arroyo Limón	17	5	3.4	5	2	262358	2042565
14	Pte1 B.A Texal.	17	5	3.4	5	1	262612	2043331
15	Pte2 B.A. Texal.	9	3	3	6	1	262644	2043359
16	Arr. Matacapán	9	3	3	6	3	271635	2040311
17	Puerta Nueva(S)	3	2	1.5	6	1	260735	2040994
18	Texalpan Abajo	12	3	4	6	1	262624	2039142

El material extraído por la red fue identificado en el sitio y se colectaron ejemplares como muestras representativas y sobre todo de aquellos organismos con mayor dificultad de identificación. Se conservaron en alcohol etílico de 70°C y 96°C etiquetados con los datos de cada tramo muestreado.

Se utilizaron lupas y microscopios estereoscópicos para su identificación al menos a nivel de orden y en la mayoría de los casos a nivel de familia. Se tomaron fotos en vivo y en conservación de la mayor parte de especies. Se creó una base de datos de los organismos encontrados por sitio. El Índice BMWP (traducido del inglés: grupo de trabajo de monitoreo biológico) asigna un valor entre 1 a 10 a cada familia de organismos registrados según si viven o toleran aguas muy contaminadas (valor 1) y que es mayor si requieren aguas más limpias (máximo, 10). Se cuenta y suma una vez el valor de cada familia. El Cuadro 2 indica los rangos de calidad del índice según la suma alcanzada.

Cuadro 2. Niveles de calidad y colores asignados para cartografía según los valores obtenidos del índice BMWP.

BMWP'CR	Nivel de calidad de agua	Color
>120	Calidad I. Aguas de calidad excelente	Lila
101-120	Calidad II. Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas sensiblemente	Azul
61-100	Calidad III. Aguas de calidad aceptable o regular, contaminación moderada	Verde

36-60	Calidad IV. Aguas de calidad mala, contaminadas	Amarillo
16-35	Calidad V. Aguas de calidad mala, muy contaminadas	Naranja
<15	Calidad VI. Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas	Rojo

Resultados y discusión

En el periodo de muestreo se colectaron organismos de 56 familias en 18 tramos de muestreo de la cuenca pertenecientes 7 Phylla y Subphylla, 9 Clases y 17 órdenes o subórdenes de invertebrados.

En la Calidad I y II del índice BMWP se colectaron organismos de 44 familias; en la Calidad III, 28 familias; en la Calidad IV, 23; en Calidad V, 11 y en la Calidad VI solo 6. La presencia y abundancia de organismos es coherente con la de muchos estudios: las familias de aguas limpias y sensibles a la contaminación (plecópteros, frijáneas y efémeras) están presentes en corrientes con índice BMWP más alto. Los dípteros abundan en aguas de mala calidad.

Cuadro 3. Valor de cada taxón de macroinvertebrados para el índice BMWP de los tramos fluviales muestreados y valor del índice para cada tramo a partir de la suma de los valores de cada taxón por sitio.

Taxón	Nombre del tramo muestreado																		
	Tpc	Tot	Ave	Tul	Ptx	Pin	Nar	Bj	Tex	Da	Mat	Bat	Li	Ba1	Ba2	Mtb	Pn	Tab	
Dry	5																		
Dyti	5																		
Elmi	5									5									
Hyd	5							5					5	5					
Lutr	7																		
Not	4											4	4						
Am				7															
Atyi			6	6			6				6								
Cam	6	6	6	6			6												
Hya				7															

Isop																			
Pal																			7
Pse			7	7			7	7			7	7							
Cer	4																		
Chir	2	2				2					2			2	2	2	2	2	2
Dixi																			4
Eph						2													
Lim																			4
Psy						3													3
Sim	4																		
Stra																			4
Syr																			1
Tab																			4
Bae	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5								5
Lep	5	5				5	5												5
Lpt	8	8				8	8				8	8							
Oli	5					5	5				5	5							5
Bel	4	4	4	4	4	4	4	4	4										4

Continúa Cuadro 3. Valor de cada taxón de macroinvertebrados para el índice BMWP de los tramos fluviales muestreados y valor del índice para cada tramo a partir de la suma de los valores de cada taxón por sitio.

Taxón	Nombre del tramo muestreado																		
	Tpc	Tot	Ave	Tul	Ptx	Pin	Nar	Bj	Tex	Da	Mat	Bat	Li	Ba1	Ba2	Mtb	Pn	Tab	
Ger			3	3															
Na	4		4		4														
Veli	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								3
Se	3				3	3													
Cor	6	6	6	6	6	6		6											
Anc	6																		
Phy	3		3	3	3	3				3	3								
Pla				3															
Thi	6		6		6					6									
Ne	4	4		4															4

Aes	8		8			8				8								
Cal		4	4			4		4	4							4		
Co	4	4	4	4	4	4	4	4	4							4		
Go	7	7	7	7	7		7							7				
Lib			6													6		
Me	7						7		7									
Ani	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5								
Zyg	5	5	5	5	5	5	5	5							5	5		
Lu	1																	
Tub															1			
Per	10	10	10	10	10		10	10										
Heli	5																	
Hb	10	10					10								10			
Hp	5																	
Lep																		
Pla			5	5	5												5	
Tre				5														
Tot	139	119	107	105	88	81	77	75	50	48	44	31	17	17	9	9	3	12

En los tramos con Calidad I a III cada familia presente contribuyó con $5.2 + 1.92$ al índice. En las corrientes con Calidad IV cada familia contribuyó con 5.0 ± 2 . En estos cuatro niveles la desviación estándar puede reflejar una disponibilidad de microhábitats y condiciones adecuadas tanto para organismos sensibles como tolerantes a la contaminación. Con valores bajos de calidad (V y VI) desciende acusadamente el valor promedio aportado por cada familia al índice (4 ± 1.8 ; 2.9 ± 1.3 respectivamente) y la desviación estándar. Esto se interpreta como una mayor limitación de microhábitats, de recursos para muchas familias de especies y quedan las tolerantes o resistentes indicadoras de contaminación y que suman poco al índice. Considerando la localización y fuentes de descargas de aguas residuales, distribución de zonas urbanas y las confluencias de los cauces se consideró que el valor obtenido para el índice BMWP para cada tramo muestreado es representativo de la corriente a la que pertenece. En el Cuadro 4 se muestran las longitudes de los tramos según cada clase de calidad de agua aplicando el índice BMWP y los porcentajes sobre el total de corrientes evaluadas y el total de la cuenca. Se pudo evaluar una tercera parte de la cuenca. El Cuadro

5 relaciona el orden de cada una de las corrientes en la cuenca con el valor del Índice BMWP del tramo analizado en cada una de ellas, considerado como representativo de las mismas.

Cuadro 4. Longitud y porcentaje de tramos según calidad del agua basada en las 6 clases de calidad determinadas por el índice BMWP. Se muestra longitud de cada clase y los porcentajes respecto a las corrientes evaluadas y respecto al total de la cuenca.

	Calidad del agua según índice BMWP						Total
	I	II	III	IV	V	VI	
Long. Corrientes (km)	1.34	4.81	12.64	2.15	8.32	8.87	38.12
% longitud muestreada	3.51%	12.63%	33.17%	5.64%	21.81%	23.25%	100.00%
% cuenca	1.17%	4.21%	11.07%	1.88%	7.28%	7.76%	33.38%

Cuadro 5. Longitudes totales y porcentajes de cada orden de corriente (Stahler) de los cauces evaluados en la cuenca de Xoteapan, en relación a la calidad del agua según el Índice BMWP basado en macroinvertebrados.

Calidad	Orden de corriente						(Sub)total
	1	%	2	%	3	%	
I	0.00	0.00%	1.34	3.39%	0.00	0.00%	1.37
II	3.94	9.97%	0.88	2.22%	0.00	0.00%	4.94
III	5.96	15.08%	0.00	0.00%	6.28	15.90%	12.39
IV	1.40	3.53%	0.75	1.90%	1.63	4.12%	3.83
V	5.80	14.67%	1.78	4.51%	0.89	2.26%	8.66
VI	7.55	19.12%	1.31	3.31%	0.00	0.00%	9.09
(Sub)Total	24.64	62.38%	6.06	15.34%	8.80	22.28%	39.50

Las corrientes de orden 3 son más resistentes las descargas que reciben por su capacidad de dilución y cierta capacidad de autodepuración a lo largo del tramo. Su calidad más baja (V) la presenta en su parte más alta, después de unirse corrientes con alta carga de aguas residuales. Las corrientes de orden 1 y 2 tienen valores diferentes dependiendo de las descargas que reciben de las zonas urbanas. Según el tamaño y concentración de éstas y si pasan por dentro o por su periferia sufren más o menos descargas e impacto. En épocas de secas algunas corrientes de orden 1 se abastecen casi únicamente de aguas residuales llegando a niveles de calidad críticos o muy críticos. En época de lluvias la dilución puede mejorar el índice de calidad, caso del tramo de Puerta Nueva. Las corrientes de nivel de orden 1 y en grado menor las de nivel 2 son las corrientes de mayor variación y respuesta a la precipitación. Las lluvias fuertes pueden arrastrar parte de la comunidad de invertebrados. Los arroyos del sureste de la cuenca presentan cauces estrechos de paredes muy lisas, con escasas piedras y vegetación en orillas, y con poca capacidad de retener los organismos

ante corrientes fuertes; uno de los motivos de su baja diversidad y abundancia de organismos.

Conclusiones y propuestas

1. El Índice BMWP basado en macroinvertebrados refleja los niveles de contaminación que reciben los diferentes tramos. Las corrientes de poco caudal situadas abajo de zonas urbanas, presentan los mayores niveles de contaminación. Su comunidad de macroinvertebrados es poco diversa y de especies muy tolerantes o adaptadas, indicadoras de alta contaminación orgánica. Ejemplos de éstas son los tramos de Tepanacan, San Isidro, Colonia Progreso, Buenos Aires Texalpan y Xoteapan.

Se requieren adecuar los valores asignados a algunas familias para el cálculo del índice BMWP. El tramo de Tepanacan obtiene un valor de excelente calidad, aunque está algo contaminado e impactado. Este hecho parece temporal y una elevada diversidad, incluso de especies tolerantes, puede ser la razón.

2. En general, los caudales y calidad de agua mejoran y es más estable al descender a los cursos medios y bajos de la cuenca, por el aporte de otros afluentes que permiten diluir la contaminación que sufren muchos de los arroyos estudiados en la parte alta de la cuenca.

3. La contaminación, e impactos sobre la comunidad acuática rompen su continuidad, dificultan la migración y movimiento de especies a lo largo del continuum del río y genera el aislamiento de las poblaciones de la parte alta del río con las partes más bajas.

4. Las corrientes de orden 1 y algunas de orden 2 son las más sensibles a cambios de caudal estacional. Algunas sólo casi solo reciben aguas residuales hasta principios de la época de lluvias, por lo que presentan valores críticos o muy críticos de contaminación. Con fuertes lluvias son sensibles a fuertes crecidas que arrastran la comunidad acuática. Algunos organismos pueden no disponer del tiempo requerido para finalizar sus ciclos ante los intensos cambios de caudal e incremento de la contaminación y la migración puede ser limitada por aislamiento y fragmentación.

5. El cambio climático puede potenciar el impacto de la contaminación y degradación de los ecosistemas fluviales, debido a las sequías y precipitaciones más frecuentes e intensas.

6. Propuestas: El monitoreo se completará con una mejor caracterización preliminar de los sitios. Paralelamente se están analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y sus respectivos indicadores de calidad de agua. Según normativa y uso del agua. Se proponen acciones de sensibilización, ordenamiento territorial, un análisis de alternativas de obras e infraestructuras de saneamiento ambiental y de manejo del suelo bajo el

enfoque de manejo integrado de cuenca y propuestas para disminuir la vulnerabilidad y el riesgo ambiental en escenario de cambio climático.

Agradecimientos

A la Dirección de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Programa PROCODES- CONANP, 2016. A la Oficina de Gestión Municipal de San Andrés Tuxtla y a la CMAS del H. Ayuntamiento de San Andrés Tuxtla y al grupo de monitoreo del agua de Tepanacan, San Andrés Tuxtla, Veracruz.

Literatura citada

Barba-Álvarez, R., G. De la Lanza-Espino, A. Contreras-Ramos y I. González-Mora 2013. Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista mexicana de biodiversidad* 84(1):381-383.

De la Lanza-Espino, G., S. Hernández-Pulido y J. L. Carbajal-Pérez (compiladores) 2011. *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdés Editores, México, D. F. 643 p.

Gamboa, M., R. Reyes y J. Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 48(2):109-120.

Ramírez, A. 2010. Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical* 58:41-50.

ESTUDIO POBLACIONAL DE *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* (Maxon) R.M. Tryon EN LA RESERVA DEL BICENTENARIO, ZONGOLICA, VERACRUZ

María del Carmen Pérez Ríos⁵⁵⁷, H. David Jimeno Sevilla⁵⁵⁷ y A. Carolina Elizondo Salas⁵⁵⁷

Resumen

⁵⁵⁷ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Herbario del Campus Zongolica. Carretera la Compañía km 4 Zongolica, Veracruz. mar_rios94@hotmail.com.

En México se encuentra representadas 14 especies de helechos arborescentes, algunas especies de la familia Cyatheaceae son usadas como ornamentales y para la obtención del Maquique. La mayoría de los componentes de la familia Cyatheaceae se encuentran incluídas en alguna categoría de riesgo dentro de la lista roja internacional, y en la legislación mexicana. Actualmente hay un vacío de información en el estudio de la estructura poblacional de las especies de helechos arborescentes. En el presente trabajo se realizó un estudio poblacional del helecho arborescente *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* (Maxon) R.M. Tryon; la cual se encuentra en la categoría de “Protección especial” (Pr) en la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT. Se realizaron 8 cuadrantes de 20 x 20 m en donde se contabilizaron 138 individuos en una superficie de 3200 m², distribuidos en 8 clases, considerando el diámetro y la altura; con una amplitud de clase de 1.3 cm y 0.08 m respectivamente. Los individuos presentaron un diámetro mínimo de 2 cm y una máxima de 12.3 cm. La altura mínima fue de 0.10 m y una máxima de 6.42 m. Se encontró que la población de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* se encuentra dinámica y estable al presentar un mayor número de individuos en las tallas de menor tamaño (plantas jóvenes con tallos de menos de 3 m de altura), pocos son de tamaño intermedio (entre 3 y 7 m de altura) y no se encontraron individuos altos (tallos de más de 7 m) y al presentar una distribución de “j” invertida para la variable altura, lo que indica que tiene un alto potencial de regeneración y expansión. Este estudio se considera como pionero en la ecología poblacional de la especie, lo que representa una línea base para diseñar propuestas de conservación y aprovechamiento sustentable, ya que es utilizada como un recurso no maderable por los pobladores de la región de Zongolica.

Palabras clave: bosque mesófilo de montaña, sierra de Zongolica, productos forestales no maderables, maquique, protección especial

Introducción

Los helechos arborescentes (Cyatheaceae) con su característico tallo y grandes hojas constituyen un componente conspicuo del bosque mesófilo de montaña (Large y Braggins, 2004; Bystriakova et al., 2011; Pérez-Paredes et al., 2014). En México se encuentra representadas 14 especies de helechos arborescentes (Mickel y Smith, 2004), algunas especies de helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae son usadas como ornamentales y para la obtención del “maquique”⁵⁵⁸, (estructura fibrosa que se extrae de sus tallos), que es utilizado para elaborar artesanías y como sustrato para sembrar orquídeas,

⁵⁵⁸ Es un material formado por las raíces adventicias de algunas especies de helechos arborescentes.

bromelias, helechos y otras epífitas (Eleutério y Pérez-Salicrup, 2009). Esta actividad provoca su extracción indiscriminada de sus áreas naturales y por lo tanto una disminución en sus poblaciones y su regeneración natural.

La mayoría de los componentes de la familia Cyatheaceae se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo dentro de la lista roja internacional (IUCN, 2016) y de la Norma Oficial Mexicana 059 de la SEMARNAT. Por mencionar algunas tenemos a *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *C. salvinii*, *C. scabriuscula*, *C. schiedeana*, *C. valdecrenata*, *Nephelea mexicana* y, *C. divergens* var. *tuerckheimii* que se encuentran en la categoría “sujeta a protección especial” (Pr) (SEMARNAT, 2010). Y dentro de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, el género *Cyathea* se encuentra dentro del apéndice II. *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* presenta troncos de hasta 12 m de alto; frondas de 4 m de largo, estípites marrón a tostado, ligeramente a fuerte espinoso, espinas oscuras, escamas largas, bicoloras, de color marrón oscuro con márgenes pálidos, lámina bipinnada-pinnatífida, pinnas hasta de 2.7 cm de largo. Los soros son mediales con indusio globoso. Se distribuye en México, Belize, Guatemala, Honduras y Nicaragua; a una altitud de 300-2500 msnm (Mickel y Smith, 2004).

La Sierra de Zongolica forma parte del hábitat de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii*. La destrucción de su hábitat por el cambio de uso de suelo ha generado que sus poblaciones naturales sean cada vez más escasas. La Reserva del Bicentenario, en el municipio de Zongolica es uno de los hábitats de esta especie en donde se desconoce el estado de conservación de sus poblaciones. Actualmente hay un vacío de información en el estudio de la estructura poblacional y la fenología de esta especie de helecho arborescente, sin embargo, existen trabajos relacionados al tema, como el de Pérez-Paredes (2013) en donde realizó la evaluación de riesgo de extinción de las especies de Cyatheaceae en dos municipios del estado de Hidalgo, México. Así mismo el estudio de estructura poblacional y características del hábitat de dos especies de Cyatheaceae del estado de Hidalgo, México realizado por Pérez-Paredes et al. (2014).

Por ese motivo se ha propuesto realizar este estudio para determinar el tamaño poblacional de *C. divergens* var. *tuerckheimii* en la Reserva Bicentenario para generar información sobre la estructura actual de las poblaciones y contribuir a crear propuestas adecuadas de conservación, comercialización y aprovechamiento para esta especie. Este estudio es la primera contribución al conocimiento ecológico y biológico de *C. divergens* var. *tuerckheimii*, y representa un aporte más a los escasos estudios de la familia Cyatheaceae en México. El objetivo del presente estudio fue determinar el tamaño y estructura poblacional de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* (Cyatheaceae) en la Reserva del Bicentenario.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó entre los meses de Febrero a Junio de 2016, en La Reserva del Bicentenario (Figura 1), un área privada de conservación, certificada en el año 2009, con una superficie de 63 ha de bosque mesófilo de montaña (Roldán, 2015) Se encuentra ubicada en el Instituto Tecnológico superior de Zongolica en el Km 4 Carretera la Compañía S/N Tepetitlanapa, municipio de Zongolica, Veracruz; en las coordenadas geográficas 18°38'59.02" N 97°00'27.14" O, a una altitud de 1,318 msnm a 1500 msnm (Figura 1).

Se realizaron recorridos para localizar poblaciones de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* en el área de estudio en donde previamente se había identificado la especie (Roldán, 2015).

Se siguió el método para caracterizar poblaciones de helechos arborescentes en bosques del neotropico ampliamente usado en diversos trabajos (Kluge y Kessler, 2006; Alfonso-Moreno et al., 2011 y Pérez-Paredes et al 2014) el cual considera un área de 400 m² en cuadrantes de 20 x 20 m. Se realizaron un total de 8 cuadrantes, dentro de cada uno se contabilizaron las siguientes variables poblacionales: densidad de individuos (se consideró cada tallo con una corona de frondas como un individuo); altura del tallo de cada individuo (la longitud total combinada del tronco y la copa de los individuos), se obtuvo mediante un clinómetro; el diámetro normal (a 130 cm, o en la base del tallo por debajo de las frondas en individuos de menor altura), estos datos se tomaron con una cinta diamétrica. (Kingston et al., 2004; Jones et al., 2007; Pérez-Peredes et al., 2014).

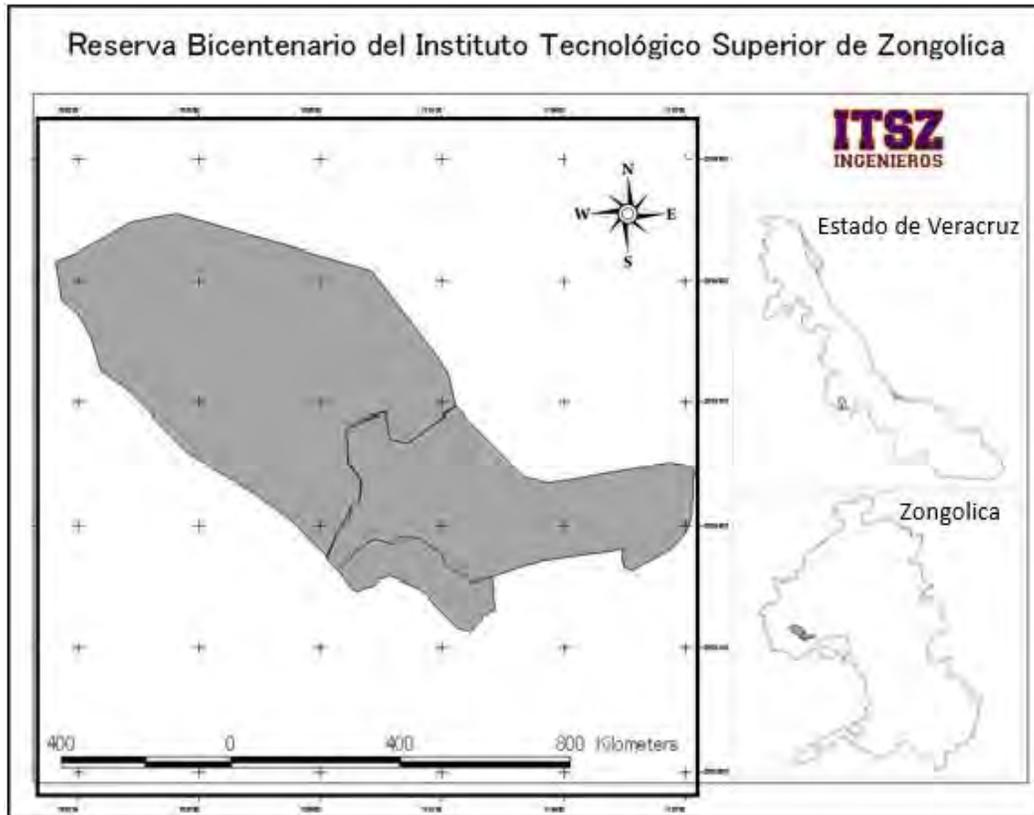


Figura 9. Mapa del área de estudio.

De acuerdo con diferentes autores (Nagano y Susuki, 2007; Mehlreter y García-Franco, 2008; Schmitt y Windisch, 2012; Pérez-Paredes et al., 2014) la altura del tallo de los helechos arborescentes continúa siendo un criterio ampliamente utilizado para definir la estructura por edades de las poblaciones.

Para definir la estructura poblacional de *C. divergens* va. *tuerckheimii* en el presente estudio se utilizaron los valores de densidad y altura del tallo de los individuos; y de esta manera se clasificaron con base en una simplificación del método propuesto por Aguraiuja et al. (2008) en dinámicas, normales o regresivas y siguiendo el criterio de Pérez-Paredes et al. (2014) se estableció que una población dinámica contenía un elevado número de individuos de talla pequeña (más de 65% de los organismos de menos de 3 m de altura), y un número menor de individuos de tamaño intermedio (de entre 3 y 7 m de altura) y alto (de más de 7 m); una población normal o estándar se caracterizó por la presencia de individuos de todas las clases de tamaño, pero con predominio de los de altura intermedia (35-65% de los organismos) y una población regresiva, por presentar un número elevado de individuos altos (más de 65%), y un escaso número de estatura baja o intermedia. Para determinar los intervalos de clase se empleó el método de Caldato et al. (2002), considerando el diámetro normal (130 cm) y la altura total de todos los individuos (Rangel y Velázquez, 1997).

Resultados y discusión

Se encontraron 138 individuos de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* en 3200 m², estableciéndose en 8 categorías diamétricas y altimétrica siguiendo el criterio de Valerio y Salas (1998), con una amplitud de clase de 1.3 cm y 0.08 m respectivamente. (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución por clases diamétricas y altimétricas para *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii*.

Clases	Diámetro (cm)	Clases	Altura (m)
1	0 - 1.3	1	0-0.8
2	1.6-2.9	2	1.1-1.9
3	3.2-4.5	3	2.2-2.9
4	4.8-6.0	4	3.2-4.0
5	6.3-7.6	5	4.3-5.1
6	7.9-9.2	6	5.4-6.2
7	9.5-10.8	7	6.5-7.2
8	11.1-12.4	8	7.5-8.3

Las clases diamétricas que presentaron los números de individuos más altos se encuentran en la quinta y sexta categoría con 37 individuos respectivamente. Figura 2.

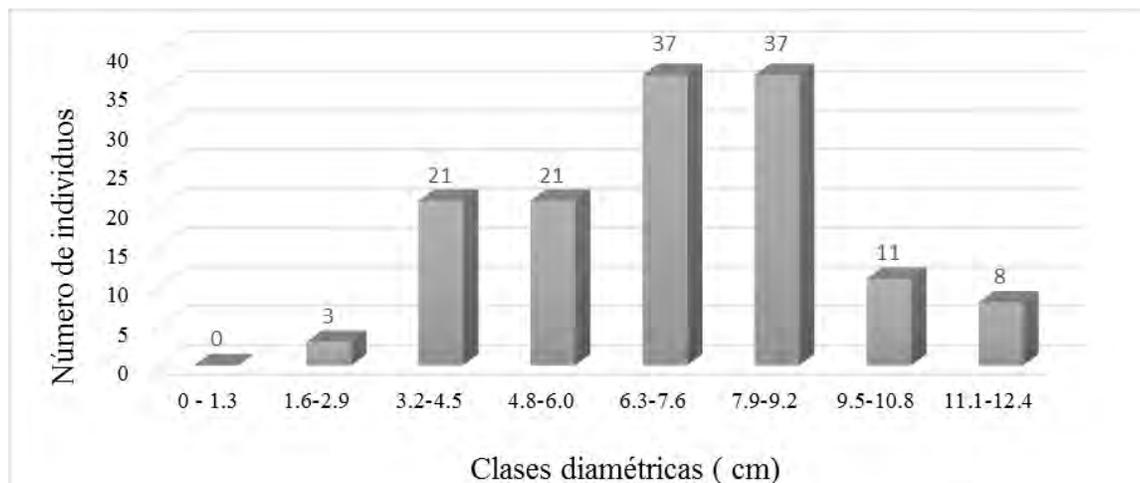


Figura 10. Número de individuos por clases diamétricas de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* en el área de estudio.

Los estudios realizados por (Bystriakova et al., 2011; Pérez-Paredes et al., 2014) indican que el diámetro del tallo en los helechos arborescentes no aporta una información fiable acerca del tamaño de los individuos, debido a que se mantiene casi constante conforme crecen las plantas, los resultados del presente estudio coinciden con los autores, debido a que no se

presentó un comportamiento de J invertida. Los individuos presentaron un diámetro mínimo de 2 cm y una máxima de 12.3 cm.

La distribución de clases altimétricas de la población estudiada, presentaron un mayor número de individuos en las tallas de menor tamaño (plantas jóvenes con tallos de menos de 3 m de altura), pocos son de tamaño intermedio (entre 3 y 7 m de altura) y no se encontraron individuos altos (tallos de más de 7 m), por lo que la población puede considerarse dinámica y presenta una tendencia de “J” invertida lo cual demuestra que es una población estable. Los individuos presentaron una altura mínima de 0.10 m y una máxima de 6.42 m. (Figura 3.)

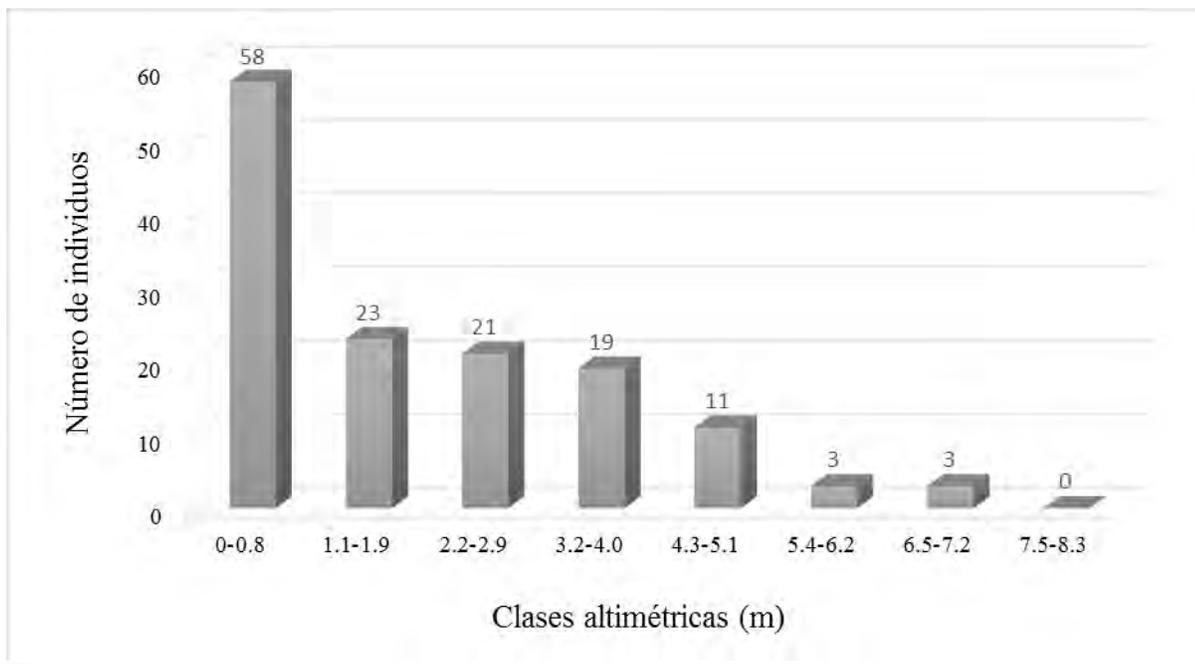


Figura 3. Número de individuos por clases altimétricas de *Cyathea divergens* var. *tuerckheimii* en el área de estudio.

Este tipo de comportamiento se ha registrado por Pérez-Paredes et al., (2014) con dos especies de helechos arborescentes en donde se encontraron poblaciones normales y dinámicas (tres dinámicas y una normal en *Alsophila firma*, dos dinámicas y dos normales en *Cyathea fulva*).

De acuerdo con los autores; Nagano y Suzuki (2007); Schmitt et al. (2009) la presencia de poblaciones dinámicas (con mayor número de individuos jóvenes o de tamaño pequeño), en varias especies de helechos arborescentes, es un indicador de que tienen un alto potencial de regeneración y expansión.

Pero a su vez Eleutério y Pérez-Salicrup (2009) menciona que este tipo de población (dinámica), también puede ser producto de la acción de otros factores externos; extracción ilegal de individuos adultos para comercializar o para obtener el maquique, lo cual modifica la

estructura de edades de la población, debido al bajo número de individuos de más de 7 m de altura (maduros y viejos). Se recomienda realizar estudios en diferentes regiones de Zongolica para comparar los resultados obtenidos con el presente estudio ya que este se realizó en una Reserva la cual es un área de privada de conservación.

Conclusiones

La población muestra una distribución alimétrica de “J” invertida lo cual sugiere que la población está estable y dinámica, quizá porque se encuentra dentro de un área protegida y la presión por tala y pérdida de hábitat es baja.

Dado que la especie está incluida en la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT (2010) dentro de la categoría “sujeta a protección especial” (Pr) se deben realizar estudios en otras regiones de la Sierra de Zongolica, que no tienen protección, para evaluar las poblaciones y establecer una línea base para diseñar propuestas de conservación y aprovechamiento sustentable, ya que es utilizada como un recurso no maderable por los pobladores de la región.

Literatura citada

Agurauja, R., M. Zobel, K. Zobel, y M. Moora. 2008. Conservation of the endemic fern lineage *Diellia* (Aspleniaceae) on the Hawaiian Islands: Can population structure indicate regional dynamics and endangering factors? *Folia Geobotanica* 43(1):3-18.

Alfonso-Moreno R.A., Cadena-Vargas C.E., Morales G., Peña N. y Pérez B. 2011. Conservación integral de *Dicksonia Sellowiana* Hook., en Bogotá D.C. y su área de influencia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 35:79-96.

Bystriakova N., Schneider H. y Coomes D. 2011. Evolution of the climatic niche in scaly tree ferns (Cyatheaceae, Polypodiopsida). *Botanical Journal of the Linnean Society* 165:1-19.

Caldato, S. L., Vera, N., Mac D, P. 2002. Estructura poblacional de *Ocotea puberula* en un bosque secundario y primario de la selva mixta misionera. *Ciencia Forestal, Santa María* 13(1):25-32.

Eleutério A. A and D. Pérez-Salicrup. 2009. Transplanting tree fern to promote their conservation in México. *American Fern Journal* 99:279-291.

- IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2011. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org [consultada el 13 de julio de 2017]
- Jones, M. M., R. P. Olivas, H. Tuomisto y D. B. Clark. 2007. Environmental and neighbourhood effects on tree fern distributions in a Neotropical lowland rain forest. *Journal of Vegetation Science* 18:13-24.
- Kluge, J. y M. Kessler. 2006. Fern endemism and its correlates: contribution from an elevational transect in Costa Rica. *Diversity and Distribution* 12:535-545.
- Kingston N., S. Waldren and N. Smyth. 2004. Conservation genetics and ecology of *Angiopteris chauliodonta* Copel. (Marattiaceae), a critically endangered fern from Pitcairn Island, South Central Pacific Ocean. *Biological Conservation* 117:309-319.
- Large M.F. y Braggins J.E. 2004. *Tree ferns*. Timber Press, Portland.
- Mickel J.T. y Smith A.R. 2004. *The Pteridophytes of Mexico*. Memoirs of the New York Botanical Garden. 1054 p.
- Mehlreter, K. y J. G. García-Franco. 2008. Leaf phenology and trunk growth of the deciduous tree fern *Alsophila firma* (Baker) D. S. Conant in a lower montane Mexican forest. *American Fern Journal* 98:1-13.
- Nagano T. y Suzuki E. 2007. Leaf demography and growth pattern of the tree fern *Cyathea spinulosa* in Yakushima Island. *Tropics* 16:47-57.
- Pérez-Paredes, M.G., A. G. Sánchez y J. D. Tejero. D. 2014. Estructura poblacional y características del hábitat de dos especies de Cyatheaceae del estado de Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 92(2):259-271.
- Pérez-Paredes, M. G. 2013. Evaluación del riesgo de extinción de las especies de Cyatheaceae en dos municipios del estado de Hidalgo, México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. 99 p.
- Roldán, H. J. 2015. Estudio de la Flora de la Reserva del Bicentenario, Zongolica, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Zongolica, Veracruz, México. 92 p.
- Rangel, J. O. y A. Velázquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. p. 59-87.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.

Schmitt J. L. y Windisch P. G. 2012. Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72:397-405.

Valerio, J. y C. Salas 1998. Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Manual Técnico, BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

DIAGNÓSTICO DE PB, CD Y V EN PARTÍCULAS SUSPENDIDAS DE LA POSICIÓN NORTE DEL (PNSAV)

Fabiola de María Beltrán García^{559*}, Fabiola Lango Reynoso⁵⁵⁹ y María del Refugio Castañeda Chávez⁵⁵⁹

Resumen

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano integrado por 23 Arrecifes de coral y seis islas, ubicado en el puerto de Veracruz, área natural protegida impactada por el aporte de los ríos grande, la antigua los cuales realizan sus aportaciones geológicas sedimentarias a la parte norte del PNSAV. Además del efecto del tráfico marítimo y las descargas puntuales y no puntuales de contaminación todo ello afectando a la calidad del agua y elevando la cantidad de metales pesados en esta zona por ello se evalúa la concentración de Plomo, Cadmio y Vanadio. La toma de muestras se realizó en 16 puntos de la posición norte del PNSAV. Colectadas en dos periodos agosto 2016 analizadas mediante la Técnica de Espectrofotometría de absorción atómica. El tratamiento estadístico se realizó mediante el programa MINITAB 16 para determinar la calidad de metales en la zona.

Palabras clave: aportaciones geológicas, calidad de agua, descargas puntuales y no puntuales

Introducción

El Parque nacional Sistema Arrecifal Veracruzano es un sistema que se encuentra expuesto a diversas fuentes de contaminación como lo son las descargas de los ríos las cuales son ricas en nutrientes además de los sedimentos estas características causan efectos adversos para los arrecifes coralinos los que prefieren condiciones oligotróficas y de aguas claras. (Veron, 2000). Cabe mencionar que el PNSAV se encuentra ubicado junto a la ciudad costera más grande de México (INEGI, 2005). Con el tráfico portuario más grande del país, estimado anualmente entre 1809 y 1505 buques (APIVER, 2005). Uno de los principales agentes de contaminación de la zona costera son los metales pesados cuya movilización por las

⁵⁵⁹ Instituto Tecnológico de Boca del Río Carr. Veracruz-Córdoba 12, 94290 Boca del Río, Ver. Biomar.mg@gmail.com

actividades productivas del hombre ha superado los flujos naturales derivados de los procesos geológicos como producto de las descargas pluviales. Aunado a esto se sabe que los sedimentos marinos actúan como integradores y concentradores de metales pesados dependiendo de la forma química y física de cada metal (Zamudio et al., 2014). Los metales pesados constituyen un serio problema ambiental debido a su toxicidad y sus repercusiones fisiológicas tanto en los humanos como en los animales tal es el caso de los peces (Contreras et al., 2004). Las corrientes marinas las cuales generan el transporte de sedimentos en diferentes direcciones mientras que las propiedades físicas y químicas de las masas de agua influyen en las características del material que finalmente alcanza el piso marino, generalmente la velocidad de transporte a través de la columna de agua se ve aumentada por la formación de agregados de sedimentos (floculación). Los metales pesados pueden adsorberse en aluminosilicatos, óxidos de hierro y manganeso, carbonatos de calcio y materia orgánica. (Filius et al., 1998). Además, su distribución en las diferentes fracciones geoquímicas está condicionada por las propiedades de cada metal, la competencia por los sitios de adsorción del sedimento, la capacidad de formar complejos y la magnitud de la contaminación de los sedimentos (Campbell, 1995). El suelo y agua en ambientes cercanos a las vías contiene elevadas concentraciones de metales pesados debido a la contaminación difusa. (Legret y Paggoto, 2006) Las fuentes difusas urbanas han sido identificadas como una de las mayores causas de contaminación en los cuerpos de agua. Entre las fuentes difusas, la escorrentía urbana ha sido citada como la segunda causa más frecuente de contaminación después de la agricultura, y en corredores fluviales urbanos es la más significativa. (WPCF., 1986). El objetivo de este estudio fue identificar la concentración de metales pesados Plomo, Cadmio y Vanadio en las partículas de sedimentos suspendidas del PNSAV para realizar un diagnóstico de la cantidad de estos tres metales pesados en la zona.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la parte norte del PNSAV en la zona más cercana a los trabajos de dragado de la aplicación del puerto se tomaron muestras en 16 puntos de muestreo en el mes de octubre 2016; la toma de muestra fue directa en la parte superficial de la columna de agua almacenada en una botella de plástico de un litro debidamente etiquetada las cuales fueron transportadas al Laboratorio de Recursos Acuáticos (LIRA). Posteriormente, se aplicó un método de filtrado Nalgene Secado de las Muestras a 50-70°C por 24 horas en estufa y se realizó una pre digestión con ácido nítrico y la digestión en parilla a 100°C durante tres horas, después, fue aforado a 50 ml con agua ácida. Posteriormente se realizó la lectura Espectrofotométrica en un equipo Thermo Scientific ICE 3000 Series, con lámparas para la

lectura de Cd, Pb y V todo basado en la NOM-117-SSA1-1994. El método de análisis estadístico se realizó mediante el programa Minitab 16 para determinar la cantidad de metales pesados que tiene esta zona.

Resultados y discusión

Los resultados espectrofotométricos demuestran que en cuanto al vanadio se presentan algunas variaciones de concentraciones en mL/L en los tres primeros puntos de muestreo teniendo el cuarto punto una concentración un tanto baja de 0.01 mg/l y en el punto seis otra variación de concentración de 0.038 mg/L y a partir de ese punto en adelante una constante de 0.01 mg/L en el caso del plomo se observan concentraciones constantes de 0,01mg/L en los 16 puntos de muestreo el cadmio solo tiene una variación en el segundo punto analizado teniendo a los demás puntos en un estándar de 0.01mg/L. conforme a la norma NOM-117-SSA-1994. Estos valores encontrados son bajos y no representan impacto ambiental por metales pesados significativo en la zona. Los valores que se obtuvieron indican que existe una amplia variación de cantidad de metales pesados por zona de muestreo en la parte norte de la poligonal del PNSAV así como una diferencia significativa con otros autores en cuanto a la zona de la toma de muestra en este caso muy particular tomada en la parte superficial de la columna de agua demuestra parámetros bajos de metales pesados en comparación con otros autores que han obtenido mayor nivel de metales en sedimentos.

Conclusiones

Se observa una diferencia significativa con otros autores en relación a la diferencia en la concentración de metales pesados plomo, cadmio y vanadio encontrado, en las muestras de agua. En este estudio se tomaron las muestras en la superficie de la columna de agua determinándose valores por debajo de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Lo cual determina la importancia de la zona de la toma la muestra de agua marina.

Literatura citada

APIVER, 2005. Resumen de movimientos de buques y carga. Administración Portuaria Integral de Veracruz. <http://148.223.221.118/apiwww/op-movimiento2.htm>.

- Contreras Pérez, José B.; C. L. Mendoza y A. Gómez. 2004. Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina Ciencia y Sociedad 29(1):38-71.
- Campbell, N. 1995. Surficial bottom sediments of Lake Taupo, New Zealand: texture, composition, provenance and sedimentation rates. New Zeal. J. Geol. Geop. 38:61-79
- Filius, A., T. Streck y J. Richter. 1998. Cadmium sorption and desorption in limed topsoils as influenced by pH: isotherma and simulated leaching. J. Environ. Quality 27:12-18.
- INEGI. 2005. Anuario Estadístico Veracruz Ignacio de la Llave. [En línea] URL:<http://www.inegi.org.mx/sistemas/productos/> (consultado el 30 de mayo de 2017)
- Fergusson, J. E. y P. R. Simmonds. 1983. Heavy metal pollution at an intersection involving a busy urban road in Christchurch-New Zealand” New Zealand J. Sci. (26):219-228.
- Legret, M. y C. Pagotto. 2006. Heavy metal deposition and soil pollution along two major rural highways”. Environ. Technol. (27):247-254.
- Valdez, (s. f.) Sedimentos Marinos Geoquímica Marina. Universidad de Antofagasta. Chile www.cona.cl/publicaciones/geologia_marina/6.pdf, (consultado el 25 de mayo de 2017).
- Veron, J., 2000. Corals of the world, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia. Vols. 1 – 3. 1410 p.
- WPCF. 1986 “Meeting the challenge of nonpoint source control”. J. Wat. Pollut. Control Fed. (58):730-740
- Zamudio-Alemán, R. E., Ma. del R. Castañeda-Chavez, F. Lango-Reynoso, I. Galaviz-Villa, I. A. Amaro-Espejo y L. Romero-González. 2014. Metales pesados en sedimento marino del parque nacional sistema Arrecifal Veracruzano, Revista Iberoamericana de Ciencias 1(4):159-168.

IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MUNICIPIOS CAFETALEROS DEL CENTRO DE VERACRUZ

Juan Angel Tinoco Rueda^{560*} e Iris Jetzabel Carrillo Negrete⁵⁶⁰

Resumen

El cambio climático es un fenómeno que se está presentando a nivel planetario por efecto de la liberación de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera derivado de actividades humanas. Las modificaciones en las variables climáticas pueden ocasionar alteraciones en los sistemas agrícolas, como por ejemplo cambios en la distribución de los cultivos, mayor incidencia de plagas y enfermedades, déficit de humedad en el suelo, alteraciones de la fenología de los cultivos, variabilidad en los precios, etc. Estudios recientes sugieren que las regiones cafetaleras de México son altamente vulnerables a este fenómeno debido a su dependencia de las condiciones meteorológicas de temperatura y humedad principalmente, aunado a la diversidad biocultural en donde se desarrolla esta actividad productiva. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto del cambio climático en los municipios cafetaleros del centro de Veracruz. Para lograr el objetivo planteado se utilizaron 18 indicadores que representaran características biofísicas, agronómicas, sociales, culturales y económicas de los municipios que integran la zona de estudio. Como resultado se encontró que los municipios de Tehuipango, Coscomatepec, Ayahualulco y La Perla registran un nivel de impacto muy alto. Los resultados obtenidos muestran un diagnóstico integral de la cafecultura en la región y permiten desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático de acuerdo a las condiciones particulares de cada municipio.

Palabras clave: cafecultura, calentamiento global, riesgo

Introducción

Actualmente se está iniciando un nuevo periodo de cambio climático, aunque a diferencia de los registrados en épocas pasadas, se presenta por efecto de las actividades del humano o antropogénicas (Rivera, 1999). Este cambio climático antropogénico se origina por la

⁵⁶⁰Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente. tinoco@correo.chapingo.mx

creciente concentración de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC y SF_6) en la atmósfera, lo que provoca el incremento de la temperatura mundial. El proceso de contaminación atmosférica mundial ha ocasionado que las concentraciones de CO_2 pasen de 280 ppm antes de la revolución industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, o bien a 430 ppm si se considera a todos los GEI en términos de su equivalencia en dióxido de carbono lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años. Las principales actividades que liberan GEI a la atmósfera son la quema de combustibles fósiles y de biomasa, incendios forestales, el cultivo de arroz, la producción pecuaria, residuos sólidos urbanos, uso de fertilizantes, refrigerantes industriales, aparatos de aire acondicionado, la actividad petroquímica, entre otros (CICC, 2007; Solomon et al., 2007).

El incremento en las concentraciones de GEI en la atmósfera, están generando alteraciones en el sistema climático global. La evidencia más contundente es el aumento en la temperatura superficial que hasta el momento se estima entre 0.8°C y 2.5°C comparando el periodo 1901-2012. Los mayores incrementos se registran en las regiones del norte de Canadá, Brasil y Argentina, el noroeste de África, Europa oriental y Rusia (ENCC, 2013). Otras evidencias que se tienen registradas son el incremento en el nivel del mar, disminución en la cobertura de nieve, entre otras. Se estima que este cambio climático antropogénico tenga efectos sobre los sistemas ecológicos, productivos, económicos y sociales. Algunos ejemplos de los posibles impactos del cambio climático en el sector agrícola son: (1) Cambios en el desarrollo y productividad de los cultivos, por afectaciones en los ciclos fenológicos. (2) Incremento en el periodo libre de heladas de las zonas agrícolas, que se traduciría en un mayor periodo útil para el desarrollo de algunos cultivos y aumento en el número de ciclos agrícolas por año. (3) Reducción de la superficie cultivable y en los rendimientos generados en zonas de temporal, debido al aumento en la duración e intensidad de la sequía. (4) Afectaciones en los distritos de riego del noroeste del país, en cuanto a la disponibilidad de agua (Monterroso et al., 2010). Para el caso de la cafecultura el principal impacto que el cambio climático puede ocasionar es la pérdida de aptitud para la planta del cafeto en las actuales regiones cafetaleras, originado por el incremento en la temperatura y fluctuaciones en la precipitación. La variación climática futura bajo un escenario de calentamiento global puede ocasionar también mermas en la producción y calidad del aromático originados por afectaciones en el periodo de floración, estrés hídrico, reducción en la fertilidad del suelo por erosión hídrica, incremento de la incidencia de plagas y enfermedades, eventos de granizadas y heladas, etc.

Es por lo anterior que el objetivo de la presente investigación fue evaluar y cartografiar el impacto potencial del cambio climático en municipios cafetaleros del centro de Veracruz.

Materiales y métodos

Zona de estudio. Para la delimitación de la zona de estudio se georreferenciaron las áreas bajo producción de café en los municipios del centro de Veracruz registradas por el Sistema de Consulta de Información Geoestadística Agropecuaria (INEGI, 2016). Para esta tarea se utilizó el ArcGIS© Software by ESRI, 10.1.

Evaluación de los impactos del cambio climático. Para evaluar el impacto potencial del cambio climático se utilizó la metodología propuesta por Monterroso et al. (2012) para lo cual se seleccionaron 18 indicadores (Cuadro 1). Los indicadores utilizados pretenden evaluar atributos de la variabilidad climática, aspectos socioeconómicos y cambios en la distribución del café con escenarios de cambio climático.

Cuadro 1. Indicadores utilizados en la evaluación del impacto del cambio climático.

ID	Indicador
1	Riesgo de impacto de ciclones tropicales
2	Riesgo de granizadas
3	Riesgo de sequías
4	Riesgo de bajas temperaturas
5	Incidencia de roya del café
6	Población en pobreza
7	Población en pobreza extrema
8	Vulnerabilidad por carencia social
9	Rezago educativo
10	Carencia de servicios de salud
11	Carencia de seguridad social
12	Carencia en los servicios de la vivienda
13	Carencia en calidad de la vivienda
14	Carencia en acceso de acceso a la alimentación
15	Ingreso inferior a la línea de bienestar
16	Ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo
17	Cambio en la aptitud para el café bajo el escenario GFDL RCP 8.5
18	Cambio en la aptitud para el café bajo el escenario HADGEM RCP 8.5

Sistematización de la información. Debido a las diferentes escalas en las que se presentan los valores de los indicadores fue necesario realizar una estandarización de los datos, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Z_i = \frac{X_i - X}{DS}$$

Donde Z representa el valor estandarizado, X_i el valor observado, X el valor medio del conjunto de valores i, y DS la desviación estándar del conjunto de valores i.

Con los indicadores estandarizados se procedió a calcular el Índice de Impacto del Cambio Climático (IICC) mediante la suma de los indicadores respectivos. Para registrar el IICC en cartografía digital se normalizaron los valores entre 0 y 100 de acuerdo con la fórmula:

$$N = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Donde N es el valor normalizado entre 0 y 100, X_i es el valor observado, X_{min} es el valor mínimo observado y X_{max} es el valor máximo observado en el conjunto de datos i. Los valores normalizados se agruparon en cinco categorías como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Categorías de agrupación de los valores normalizados.

Rango N	Categoría
0 – 20	Muy baja
20 – 40	Baja
40 – 60	Media
60 – 80	Alta
80 – 100	Muy alta

Los modelos de cambio climático que se utilizaron para realizar las simulaciones a futuro fueron el GFDL RCP 8.5 y el HADGEM RCP 8.5 para el horizonte de tiempo 2015-2039, desarrollados por la Red Mexicana de Modelación del Clima.

Resultados y discusión

La simulación de la distribución del café para los dos escenarios de cambio climático se presenta en la Figura 1. Se observa que en el 56% de la zona de estudio para el escenario

GFDL y el 61% para el escenario HADGEM se estima un decremento en la aptitud para el café. Los municipios de Juchique de Ferrer, Cosuatlán de Carbajal, Tlaltetela, Totutla, Ixhuatlán del Café, Fortín, Zongolica y Tezonapa son los municipios que presentan mayor superficie con decrementos en la aptitud.

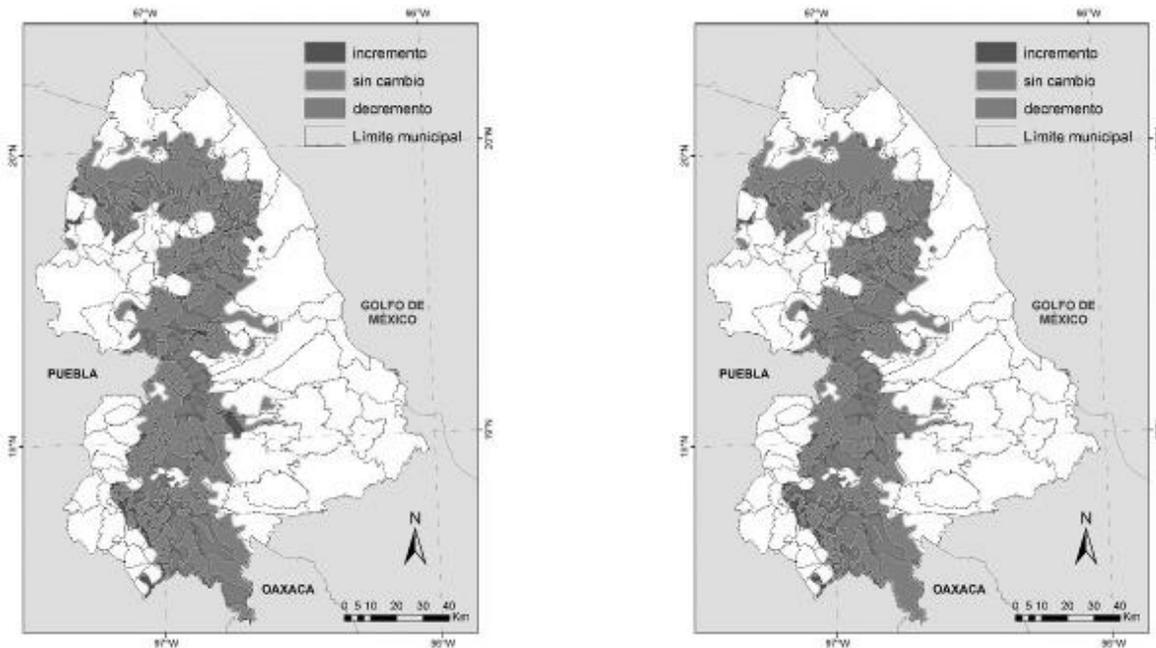


Figura 1. Cambios en la aptitud para el café bajo los escenarios GFDL RCP 8.5 (izquierda) y HADGEM RCP 8.5 (derecha).

En la evaluación del impacto del cambio climático (Figura 2) se identifican a los municipios Tehuipango, Coscomatepec, Ayahualulco y La Perla como las áreas en donde se ubican las zonas cafetaleras que registran el nivel Muy alto de impacto. En contraparte se ubica a los municipios Emiliano Zapata, Xalapa, Río Blanco y Camerino Z. Mendoza como las áreas en donde se presenta las áreas con Muy bajo impacto.

Analizando los indicadores utilizados se observa que las variables de índole socio-económico son un complemento importante a los indicadores agronómicos y de variabilidad climática para determinar el nivel de impacto del cambio climático. Lo anterior refuerza la pertinencia de abordar bajo una perspectiva multifactorial el impacto del cambio climático en los sistemas silvoagropecuarios como lo establece Monterroso et al. (2012).

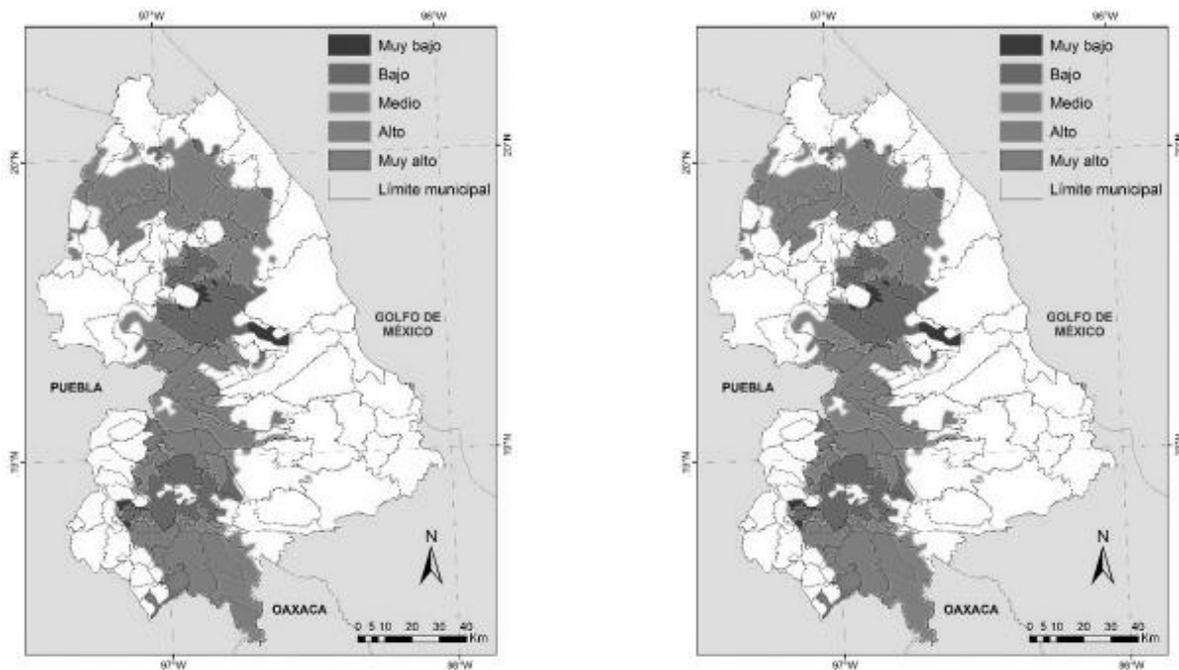


Figura 2. Grado de impacto del cambio climático en los municipios cafetaleros del centro de Veracruz bajo los escenarios GFDL RCP 8.5 (izquierda) y HADGEM RCP 8.5 (derecha).

Conclusiones

1. Se identifican municipios de la región cafetalera del centro de Veracruz que presentan una exposición alta frente a fenómenos tales como eventos de lluvia extremos y ciclones tropicales. Aunado a lo anterior las características socioeconómicas y las características agronómicas de estas regiones fomentan el impacto del cambio climático sobre las áreas cafetaleras.
2. El fenómeno de cambio climático como agente de presión puede incrementar la vulnerabilidad a futuro de todas las regiones cafetaleras, sin embargo, los productores que están organizados y que fomentan la innovación en sus técnicas de manejo del cafetal tienen una capacidad adaptativa más alta que podría disminuir su vulnerabilidad.
3. Los resultados de esta investigación permiten identificar desde una perspectiva territorial las regiones cafetaleras que son más propensas a ser afectadas por cambios en las variables climáticas.
4. Se identifica que utilizando información a nivel localidad en los indicadores socioeconómicos se puede incrementar el detalle de los resultados y del análisis de los impactos del cambio climático en las regiones cafetaleras.

Literatura citada

- CICC. 2007. Estrategia nacional de cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- ENCC. 2013. Estrategia nacional de cambio climático. Gobierno de la República. México.
- INEGI. 2016. Sistema de Consulta de Información Geoestadística Agropecuaria. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Monterroso, A. I., C. Conde, C. Gay, J. D. Gómez y J. López. 2012. Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Adaptation Strategies for Global Change* 19(4):445-461
- Monterroso, A. I., C. Conde, G. Rosales, J. D. Gómez y C. Gay. 2010. Evaluación de la aptitud actual y potencial del maíz de temporal bajo escenarios de cambio climático en México. *Atmósfera* 24(1):53-67.
- Rivera, M. A. 1999. El cambio climático. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, et al. (eds.). 2007. *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. USA.

USO DE DIFERENTES SUSTRATOS COMO MATERIAL DE FILTRO DE HUMEDALES CONSTRUIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y PRODUCCIÓN DE *Strelitzia reginae*

José Luis Marín-Muñiz⁵⁶¹, Dámaris González Rivadeneyra⁵⁶² y María Elizabeth Hernández Alarcón⁵⁶³

Resumen

El tratamiento de las aguas residuales para su reutilización es una necesidad en la actualidad debido a la escasez del vital líquido. El presente estudio tuvo como objetivo comparar el uso de piedra porosa de río (PPR) contra tezontle (piedra volcánica) (TZ) como material de relleno de humedales construidos (HC) a nivel domiciliario para tratar aguas residuales. La etapa experimental se realizó en la localidad de Pastorías, Actopan., Ver. y consistió en 8 mesocosmos: 2 HC sembrados con la planta ornamental *Strelitzia reginae* en PPR como sustrato, 2 HC también con la planta, pero sembrados en TZ y 2 HC solo con PPR, más 2HC solo con TZ, como controles. Las unidades operaron de manera continua durante seis meses de marzo-agosto de 2016 a un tiempo de retención hidráulica de tres días. La vegetación ornamental se adaptó a las condiciones de humedal, en ambos sustratos el crecimiento fue similar. Los sustratos utilizados funcionaron similarmente en las remociones de los contaminantes, mejores resultados de remoción fueron observadas en presencia de la planta ornamental, tanto para sólidos totales (SDT), amonio ($N-NH_4$), fosfatos ($P-PO_4$) y sulfatos (SO_4) las remociones fueron de 37%, 45%, 63% y 80%, respectivamente. Para el caso de los nitratos ($N-NO_3$) éstos tendieron a aumentar en los sistemas de tratamiento. En este estudio se encontró que los HC con plantas ornamentales pueden realizar un tratamiento eficiente en las aguas residuales domésticas, estos sistemas son de bajo costo y fácil operación y mantenimiento, además de que al usar vegetación ornamental se crea un paisaje estético, lo cual a su vez podría favorecer la adopción de los HC, los cuales podrían no verse como sistemas de tratamiento, sino como jardineras florales en los patios de los hogares, y con ello mejorar la calidad del agua para reutilizar o para descargar sin problemas de que tales descargas afecten a la salud humana, así como a la flora y fauna de ríos o lagos, sitios comunes donde son descargadas aguas residuales en lugares donde no tienen plantas de tratamiento.

⁵⁶¹ Academia Desarrollo Regional Sustentable.

⁵⁶² Ingeniería Química, Facultad de Ingenierías, UV.

⁵⁶³ Instituto de Ecología A.C.

Palabras clave: humedales, aguas residuales, sustratos, vegetación ornamental

Introducción

El agua es un recurso indispensable en la vida diaria. Es por ello que surge la necesidad de implementar y desarrollar estrategias sostenibles y eficientes para el tratamiento de las aguas residuales que se producen tanto a nivel doméstico, como las procedentes de procesos industriales, las cuales son un gran problema ambiental al ser vertidas directamente a otros cuerpos de agua o a cielo abierto sin ningún tratamiento previo. Limpiar el agua residual es una necesidad para obtener un efluente que puede ser reutilizado o vertido a otros cuerpos de agua sin alterar la salud ambiental (Escobar, 2007).

En el estado de Veracruz existe un gran problema con respecto a la calidad del agua, CONAGUA (2014) ha reportado 101 plantas de tratamiento de aguas residuales en operación y solo una planta de tratamiento por proceso biológico, por el momento no existe alguna planta con tratamiento mediante HC y mucho menos donde se involucren plantas ornamentales. Por lo anterior, resulta necesario el desarrollo de distintas acciones con el fin de prevenir y controlar su contaminación. Implementar sistemas de tratamiento convencionales no es una solución común debido a los altos costos de construcción, mantenimiento y operación, y menos aún en comunidades rurales, las cuáles por ser sitios con menos de 2500 habitantes son poco consideradas como áreas prioritarias para implementación de plantas de tratamiento. Ante tal panorama, resulta viable la aplicación de sistemas ecológicos y económicos, como lo son los humedales construidos (HC) o artificiales.

Los HC se caracterizan por tener una alta eficiencia de remoción de contaminantes, esto como resultado de la función que realizan los microorganismos y la vegetación presente en el sistema, que en conjunto remueven contaminantes del agua para su reutilización (Marín-Muñiz, 2016; Mitsch et al. 2000). Dentro de los componentes del humedal, el sustrato o material de relleno juega un papel vital, ya que es donde se forman películas microbianas que degradarán a los contaminantes. El principal material utilizado en este tipo de sistemas es la piedra volcánica o tezontle, su uso ha sido efectivo, sin embargo, este genera involucra un costo que pocas veces es alcanzable sobre todo en comunidades rurales, donde las necesidades económicas son comunes. Ante lo anterior, la búsqueda de materiales locales que cumplan la misma función pero que disminuyan su costo, es algo importante. Por eso en este estudio comparamos el uso de tezontle (TZ) contra piedra porosa de río (PPR) como material de relleno en HC domiciliarios, además de evaluar el uso de la planta ornamental

ave de paraíso (*Strelitzia reginae*) en los HC con ambos tipos de sustratos, la cual no es una planta típica de zonas de humedales.

Materiales y métodos

El sitio donde se implementaron los sistemas de HC se ubica en la comunidad de San José Pastorías, localizada en el Municipio Actopan del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (México); se encuentra en las coordenadas geográficas Longitud: 96° 57'05.56" y Latitud: 19° 56'44.44".

Acondicionamiento de los HC: 1. Se recolectó PPR y piedra volcánica-TZ utilizadas como sustrato para empacar 8 celdas de concreto con medidas 1.5 x 0.5 x 0.23 m (Figura 1), 2. Dos celdas de HC contenían PPR más la planta (3 por celda) y otros 2 HC TZ más la planta, se consideró evaluar 2 controles empacados con cada uno de los sustratos. El sustrato fue colocado aproximadamente a 50 cm de alto; el nivel de agua se mantuvo 10 cm debajo de la superficie, 3. Se construyó un sistema de tuberías con tubos de PVC para alimentar el agua residual de origen doméstico al HC y para recolectar el agua tratada, 4. El agua se obtuvo directamente del sistema de drenaje de donde fue bombeada hacia un tanque de almacenamiento de 1100 L, del contenedor se distribuyó el agua a cada uno de los 8 HC, 5. Se consideró un tiempo de retención hidráulica (TRH) de tres días para todos los mesocosmos.

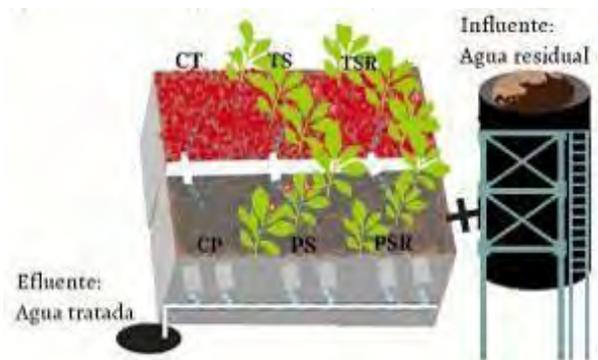


Figura 1. Esquema de mesocosmos de HC sembrados con *Strelitzia Reginae* utilizados en este estudio (CT: control de TZ, CP: Control de PPR, TS: *Strelitzia* con TZ, TSR: *Strelitzia* replica con TZ, PS: *Strelitzia* con PPR, PSR: *Strelitzia* replica con PPR)

Para el cálculo del caudal se usó la siguiente fórmula: $TRH = V / Q$, donde: V= volumen real (L), TRH = tiempo de retención hidráulico (días), Q = Flujo volumétrico (mL/ min o L/d). Se

obtuvo un flujo constante para cada mesocosmo. Todas las celdas se ajustaron a un TRH de tres días.

Para determinar la eficiencia de remoción de fluoruros y cloruros en el sistema de humedales construidos, se utilizaron las concentraciones obtenidas en la entrada y en la salida de cada humedal. Para calcular el porcentaje de remoción de fluoruros y cloruros se utilizó la fórmula siguiente: % de remoción = $(C \text{ entrada} - C \text{ salida} / C \text{ entrada}) \times 100$, donde: % remoción = Porcentaje de remoción de contaminantes. C = Concentración del contaminante.

La experimentación se llevó a cabo de Marzo a Agosto del año 2016. Se tomaron muestras de temperatura ambiental y humedad relativa con un higrotermómetro digital. Para conocer la remoción de contaminantes en el agua, se tomó muestra del influente y efluentes quincenalmente.

Monitoreo de crecimiento de *Strelitzia reginae*: La evaluación del crecimiento de la planta ornamental se realizó en el periodo de marzo a agosto del 2016 cada dos semanas, tomando en cuenta la altura máxima medida con cinta métrica y el diámetro del tallo con un vernier. La lectura de las concentraciones de los parámetros medidos se llevó a cabo en un cromatógrafo iónico Dionex ICS-1100 (Dionex, Sunnyvale CA, EE.UU.), que consta de una bomba isocrática, una pre-columna de aniones (Dionex AG11, 2 mm), una columna de separación de aniones (Dionex Ion Pac AS23, 4 mm) acoplado con un anión de auto-regeneración supresor (ASRS-300, 2 mm), y un detector de conductividad. Una mezcla de las soluciones de Na_2CO_3 4,5 mM y 0,8 mM NaHCO_3 (Dionex) se utilizó como eluyente con un caudal de 0,25 mL min.

Análisis estadísticos: Los análisis estadísticos se realizaron en el programa SPSS Versión 24 para Windows, los resultados se compararon estadísticamente mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA).

Resultados y discusión

Con respecto a la temperatura ambiental y humedad relativa se observó que las más altas temperaturas fueron de 35°C y la mínima de 28°C con el 60% y 56% de porcentajes máximos de vapor de agua contenidos en el aire a las respectivas temperaturas (Figura 2).

Martínez (2014) menciona que la temperatura ambiental donde no se presentan riesgos en el bienestar de la vegetación como la utilizada es alrededor de los 30°C. Lo cual en este estudio ha permitido la adaptación de la especie a condiciones de humedales, dado que esta es una especie típica de suelos no anegados. Sin embargo *S. reginae* tiene características fisiológicas como el tejido aerenquimoso, que le favoreció el adaptarse a las condiciones de humedales.

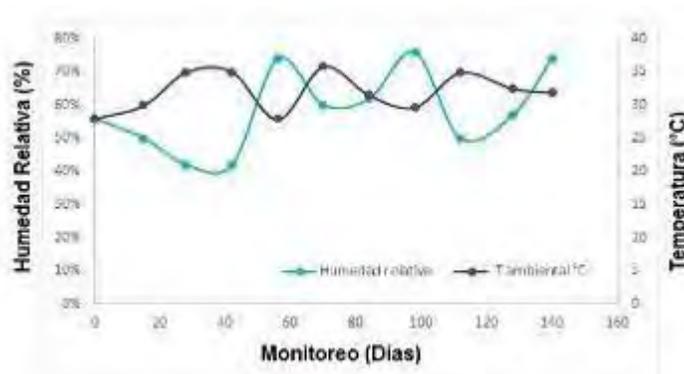


Figura.2. Humedad relativa y temperatura ambiental promedio registradas durante el monitoreo de los HC.

Eficiencia de remoción de sólidos disueltos totales (SDT)

Una de las principales vías de remoción es la adsorción. En la presente investigación se utilizó PPR y TZ como material poroso lo cual se creía que favorecería la adsorción. El porcentaje de remoción fue de 37%, esto es mayor a lo obtenido por Hernández y Ruíz (2010) que obtuvieron un porcentaje de remoción de 35% en un humedal utilizando grava como sustrato. Al comparar estos resultados se aprecia que los porcentajes de remoción aquí obtenidos pueden considerarse aceptables y se infiere que la adsorción de sólidos se incrementa al combinar un sustrato con arena ya que este material granular es capaz de retener partículas de hasta veinte micras de tamaño (Cawst, 2009). Se observó que el agua tratada salió casi incolora, sin el olor inicial ni el color detectado en el tanque de almacenamiento. De acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996, el límite máximo permisible de SST en descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, es de 40 mg/L para proteger la vida acuática en los ríos. Se propone implementar un segundo tratamiento para disminuir aún más estas concentraciones o recircular el agua para poder cumplir con la norma.

Evaluación de pH: Para pH los valores oscilaron entre neutros a básicos en un rango de 7-8, esto coincide con Metcalf y Eddy (1994), siendo adecuado para la acción de las bacterias nitrificantes. No se presentan cambios considerables entre las entrada-salidas y mejoran las características organolépticas del agua residual. La NOM-001SEMARNAT-1996 exige un valor de pH mayor a 5.5 y menor a 10 para el vertido de las aguas residuales. Los resultados que se obtuvieron están dentro de lo establecido por la norma.

Temperatura del agua: Silva (2005) menciona que el rendimiento del proceso de tratamiento es muy sensible a la temperatura, ya que los principales mecanismos de tratamiento son biológicos. Beggs et al. (2004) mencionan que las condiciones óptimas de temperatura en el agua para el desarrollo de la actividad bacteriana se encuentran en el rango de 25°C a 35°C,

donde en este monitoreo cumplió con lo establecido (23-36°C) ya que no presentó riesgo en el bienestar de la vegetación.

Crecimiento de *Strelitzia reginae*: Durante un periodo de 6 meses se evaluó el crecimiento de *Strelitzia reginae* midiendo la altura y el diámetro del tallo en los HC con diferente tipo de sustratos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada parámetro.

Alturas y diámetros de tallos: La medición de la altura de los tallos es el parámetro más conveniente para evaluar el crecimiento de las plantas. En la altura máxima medida para los HC con TZ fue de 91 cm y para los HC con PPR fue de 95 cm (Figura 3). Es decir, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) con respecto al crecimiento entre los dos tipos de sustrato.

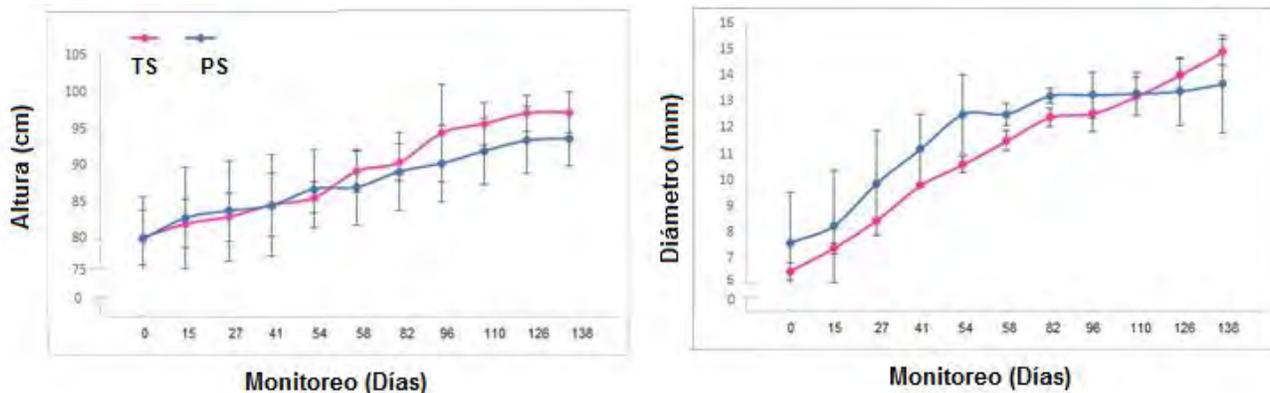


Figura 3. Monitoreo de crecimiento de *Strelitzia reginae* en diferente sustrato, evaluando alturas y diámetros de tallos.

Los resultados indican que las plantas ornamentales lograron sobrevivir a las condiciones de humedal con agua residual doméstica, ninguna presentó signos de enfermedad o plagas, pero no logró su máximo crecimiento en el periodo de monitoreo, que de acuerdo a la literatura es de 150 cm, probablemente se requiere un lapso mayor de evaluación del crecimiento.

Para visualizar un mejor incremento es necesario un estudio más prolongado ya que Zurita et al. (2009) evaluaron las mediciones físicas para comparar el desarrollo de *Strelitzia reginae* en humedales de flujo subsuperficial, aunque con diferente tipo de aguas residuales, y reportaron que la planta ornamental sobrevivió al periodo de 12 meses y su desarrollo dependió del tipo de sustrato donde fue plantada, produciendo flores sanas y grandes hojas.

Al comparar los datos se observa que la temperatura promedio durante el experimento fue de 28°C un valor aceptable, pero el rango de pH fue de 7-8, pudiendo ser esta una de las limitantes para su crecimiento óptimo, coincidiendo con Mattson (2011), la alta proporción de amonio puede producir un crecimiento débil e inducir un estiramiento menor en los tallos y la absorción de la planta afecta de forma importante el pH del sustrato. Debido a que todos los

sistemas estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales se deduce que la diferencia en el sustrato de los humedales construidos no influyó significativamente ($P \leq 0.05$) en el incremento de las plantas de una misma especie.

Concentraciones y eficiencia de remoción en contaminantes N- NH_4 , N- NO_3 , y P- PO_4

Amonio (N- NH_4)

Con respecto al amonio se observó una remoción similar (40 a 43%) en los controles (Figura 4a), sin importar el tipo de sustrato, mientras que en las celdas con presencia de vegetación, la remoción fue de 75% y 78% en los sistemas rellenos con tezontle y piedra, respectivamente. La diferencia de remoción entre los sistemas en presencia de vegetación y los controles fue aproximadamente del 45%. Lo anterior indica que hubo un proceso de fitorremediación. Lo encontrado está relacionado con la importancia de la vegetación en los humedales descrita por Vymazal (2011) quien describe que las plantas son componentes básicos en los HC por su función de adsorber y absorber altas concentraciones de nutrientes, y por su característica de proveer sustrato (carbono) y oxígeno a las bacterias presentes en la zona rizosférica de la vegetación, lo cual favorece los procesos aerobios y esto a su vez los procesos de remoción. Los resultados de remoción fueron similares estadísticamente en los dos tipos de sustratos con presencia de *Strelitzia reginae* y entre los dos controles ($P > 0.05$), esto quiere decir que no hay diferencias en remociones al emplear cualquier tipo de sustratos, la utilidad de estos entonces dependerá solo de la facilidad de obtención del sustrato, en ese sentido, en áreas con presencia de ríos, el uso de las piedras porosas sería más factible. Se recomiendan algunas estrategias que han sido utilizadas para lograr altas remociones de nitrógeno como la variación en la profundidad del humedal y la adición de sistemas de aireación del sistema, esto último podría favorecerse suministrando tubería perforada que permita la entrada de oxígeno, así mismo, poner celdas de humedales a diferentes alturas, donde se permita que la salida del efluente de una celda a otra caiga por gravedad permitiendo un flujo tipo cascada, lo cual también favorecería la aerobiosis y por lo tanto posibles remociones mayores. Lo anterior antes de considerar oxigenación ocupando equipo que requiera energía eléctrica.

Nitratos (N- NO_3)

La concentración de nitratos en el sistema se observó en un rango de 0 hasta 65 mgL^{-1} . Las concentraciones promedio en el influente tendieron a ser menores a los 15 mgL^{-1} y dichas concentraciones fueron menores en cinco de los muestreos. Lo anterior refleja que hay aporte de nitrato por parte de la entrada, pero dentro del sistema va en aumento, debido a la transformación del nitrógeno amoniacal a nitrato. Este aumento no representa un problema

para las vegetación, ya que el NO_3 puede ser asimilado como nutriente por las plantas del humedal, también es usado por los microorganismos que se desarrollan en el sistema y a partir de la presencia del nutriente se pueden llevar a cabo procesos de desnitrificación (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007), esto principalmente cuando los sistemas tengan mayor tiempo como sistemas de tratamiento, ya que en tales condiciones se favorecería la mayor producción de microorganismos capaces de desarrollar tales procesos. Por las acumulaciones de nitratos descritas, no se pudieron observar remociones del nutriente.

Fosfatos (P-PO_4)

Los porcentajes de remoción obtenidos durante el proceso de remoción por los sistemas de HC fueron de $52.05 \pm 7.0\%$, $57.81 \pm 6.9\%$, $86.62 \pm 4.8\%$ y $90.5 \pm 1.8\%$, en el control con piedra, control con tezontle, sistemas con tezontle y planta y celdas con piedra más planta, respectivamente (Figura 4b).

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas ($p= 0.003$) entre los controles y los sistemas en presencia de vegetación, lo cual refuerza la importancia de la vegetación en la remoción de contaminantes descrita en la sección de nitratos. Cabe mencionar que con respecto al tipo de sustrato, no hubo diferencias estadísticamente ($p>0.05$). Las remociones de este ion en el estudio fueron superiores a las reportadas por otros autores. Marín-Muñiz (2016) obtuvo 55.4% de remoción utilizando piedra de río, el autor concluyó que el uso de piedra de río y tepetzil (residuos de block de construcción) como sustrato son una buena opción para la remoción eficiente de fosfatos, además de ser materiales económicos y de fácil obtención en zonas ribereñas. La elección del sustrato para la remoción de este ion es importante ya que en estudios anteriores se ha demostrado que el fosfato no solo es eliminado por la vegetación, también es eliminado en gran parte por métodos físicos como la adsorción, lo cual es un mecanismo que comúnmente se da en el sustrato (Hernández y Ruiz-Enzástiga, 2010).

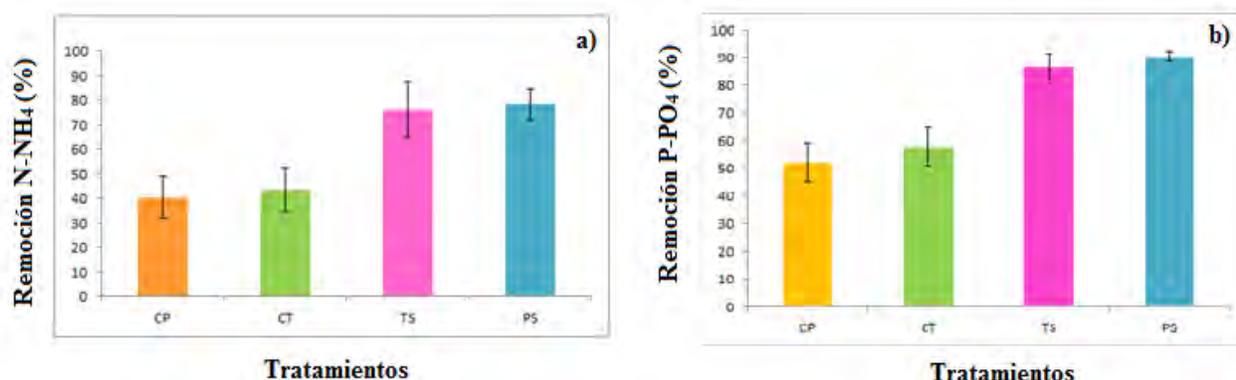


Figura 4. a) Remoción de amonio, b) remoción de fosfatos en los humedales en estudio. CP: Control piedra, CT: Control tezontle, TS: Tezontle con planta, PS: Piedra con planta.

Conclusiones

1. Comparando la depuración de contaminantes en los HC, el introducir vegetación ornamental mejora la calidad del agua en cualquiera de los parámetros medidos, puesto que las concentraciones en los efluentes estuvieron por debajo de los límites recomendados por las Normas Oficiales Mexicanas, siendo más significativa la remoción fosfatos, donde se alcanzan remociones mayores al 90%, sin embargo para amonios es un poco mayor al 70% y con respecto a los nitratos se observó acumulación, probablemente relacionado con que son sistemas nuevos, pudiéndose aludir a efectos dentro del ciclo biológico.
2. Teniendo en cuenta la hipótesis propuesta de que el utilizar tezontle como sustrato favorecería la remoción se puede concluir que no resultaron diferencias significativas en la elección del tipo de sustrato para este fin, por lo que el uso de PPR la cual es de fácil obtención en zonas con presencia de río, resulta factible su uso, sin que esta genere un gasto extra.

Literatura citada

- Beggs, R., G. Tchobanoglous., D. Hills y R.W. Crites. 2004. Modeling subsurface drip application of onsite wastewater treatment system effluent. in Proceedings of the Tenth International Symposium on Individual and Small Community Sewage Systems, American Society of Agricultural Engineering. Canadá: American Society of Agricultural Engineering.
- Cawst. 2009. Manual para el filtro de bioarena diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento. Canadá: Cawst.
- CONAGUA. 2014. Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, 83 y 250.
- Escobar, D. 2007. La reutilización de agua depurada en España. Situación actual, marco legislativo y casos ejemplares. España.14-24
- Ferrara-Cerrato, R. y Alarcón, A. 2007. Microbiología agrícola. Editorial Trillas, México. 569 p.
- Hernández, M. E. y P. Ruiz-Enzástiga. 2010. Riparian constructed wetlands for improving wáter quality in a polluted river in southeastern Mexico. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR). Quebec, Canada.

- Marín-Muñiz, J. L. 2016. Remoción de contaminantes de aguas residuales por medio de humedales artificiales establecidos en el municipio de actopan, Veracruz. México. Revista Mexicana de Ingeniería Química 15(2):1-13.
- Martínez, P. 2014. Evaluación y Diseño de un Humedal Construido para la Depuración de Aguas Residuales Domésticas. Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia. España.
- Mattson, N. 2011. Ammonium Toxicity: Avoid Getting Burned This Winter. Grower Talks.
- Metcalf y Eddy. 1994. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 3rd ed. McGraw-Hill. University of California. USA.
- Mitsch, W.J. y J. Gosselink. 2000. Wetlands. 3 Ed. John Wiley and Sons Inc. Nueva York 918 p.
- Silva, R. 2005. Humedales Artificiales. Universidad de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Monografía.
- Vymazal, J. 2011. Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review Hydrobiologia 674:133-156.
- Zurita, F., J. De Anda and M. A. Belmont. 2009. Treatment of domestic wastewater and production of comercial flowers in vertical and horizontal subsurface flow constructed wetland. Ecological Engineering 35(5):861-869.

EDUCACIÓN AMBIENTAL INFANTIL: UNA DEMANDA EVIDENTE DE REFORZAR LA EDUCACIÓN FORMAL EN PRIMARIAS

Irma Zitácuaro Contreras^{564*} y José Luis Marín Muñiz⁵⁶⁴

Resumen

El presente estudio es parte de la primera fase de un proyecto sobre educación y cultura del agua para determinar la percepción que tienen los niños de educación primaria acerca del agua y el uso de ecotecnologías para mejorar su calidad de vida y promover la preservación del vital líquido. En esta primera parte, mediante la observación participante, se analizó el interés de los niños en formar parte en actividades ambientales. La actividad se realizó en dos eventos en el municipio de Actopan, el primero consistió en un concurso fotográfico con temática principal el agua, participó el 58% de los niños de la escuela primaria José María Morelos y Pavón de la localidad de Pastorías, con 31 fotos de temas de paisajes locales, animales domésticos y fauna de la zona. Se premiaron las tres mejores fotos y se inscribieron a el Concurso de fotografía -Biodiversidad y cambio climático. La segunda actividad fue un taller de reciclado realizado como parte del Festival de Aves y Humedales 2017 y donde se elaboraron 40 proyectos de materiales de reuso. En ambos eventos se observó que, aunque las actividades tuvieron una intención educativa, no permiten un mayor acercamiento para la toma de conciencia. El interés de los niños está relacionado más con la novedad de los trabajos a realizar y los premios a adquirir, no ponen un interés mayor a lo que representa una actividad de casi juego o competencia entre ellos. Estos resultados se confirman con algunos estudios realizados para determinar la percepción de los niños en temas ambientales, mismos que han encontrado que no siempre los conocimientos adquiridos son aplicados ni han generado un interés por transformar el ambiente. Asimismo, los resultados encontrados demuestran la necesidad de realizar una planeación de educación ambiental más sólida, estructurada y de largo plazo, en el presente estudio se hace la propuesta de planeación, incluyendo objetivos, metodologías, técnicas, estudio de la percepción y tres talleres “Jugando con el consumismo”, “El ciclo infantil del agua”, “Soy problema o solución”. La implementación del programa de educación ambiental se

⁵⁶⁴ Academia de Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Xalapa, Veracruz. Carrillo Puerto, Col. Centro, CP. 91000. *Autor de correspondencia: izitacuaro@yahoo.com

implementará en una segunda fase en la localidad de Pastorías del municipio de Actopan, Veracruz.

Palabras clave: eco tecnologías, agua, observación participativa, ecochavos

Introducción

En la Declaración de Estocolmo en 1972 la educación ambiental (EA) adquiere su patente internacional y se argumenta que es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales para jóvenes y adultos, inspirada en el sentido de responsabilidad y de la protección. En México, en 1974, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la UNESCO realizan el Seminario sobre Modelos de Utilización de Recursos Naturales, Medio Ambiente y Estrategias de Desarrollo. De lo anterior, se puede observar que a 43 años de iniciadas las estrategias de conservación del medio ambiente a través de la concientización y la educación ambiental y a pesar de los esfuerzos que se han realizado por instituciones educativas, gubernamentales y de asociaciones civiles, los resultados no han sido los esperados, continúa el aumento en el consumismo con la consecuente demanda de recursos naturales. Satisfacer las necesidades humanas ha ido más allá de la satisfacción de los servicios básicos y de los recursos para la supervivencia. El uso excesivo de recursos tiene indicios desde lo que se llama la clase ociosa y desde la época de la cultura bárbara superior, misma que surge cuando los hábitos de vida pacíficos pasan a ser costumbres belicosas con el desarrollo de la caza y la depredación. Esto es, 43 años no han sido suficientes para revertir parte de los daños que se han generado desde el inicio de las civilizaciones modernas y que repuntaron con la revolución industrial que inicio en la segunda mitad del siglo XVIII.

Sin duda alguna, es mínimo el tiempo que se ha trabajado en educación ambiental para esperar grandes resultados, sin embargo, estudios realizados recientemente demuestran que los programas de educación formal y no formal no han contribuido a generar la transformación necesaria a la que se refiere Freire (2005) con la pedagogía liberadora, además Dieleman y Juárez (2008) señalan que los planes de educación suelen no cumplir con la transformación de actitud y comportamiento, debido a que no incluyen la aplicación de conocimiento en situaciones reales de vida y desconocen las problemáticas locales.

En un caso práctico realizado en Murcia, España con alumnos de educación secundaria, aplicaron el Modelo de Valores Ecológicos para estudiar la percepción medioambiental. Mediante cuestionarios, entrevistas y análisis factoriales determinaron que no existen cambios en la percepción después de un curso del ciclo escolar en ninguno de los niveles educativos analizados (cuatro grados de educación secundaria y uno de bachillerato).

En México, la educación formal ha incluido material ambiental en los libros de texto y se imparte por los profesores de educación, sin embargo, la problemática ambiental continúa. El tema es de interés general en todos los niveles, por esto a nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), definió que:

“De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible” (ONU, 2015).

En México también se ha despertado el interés en mejorar la educación ambiental y en el año 2014 se dice que, “la educación ambiental para la sustentabilidad es una política pública, construida con amplia participación social, en los ámbitos del gobierno federal, estatal y municipal, que se manifiesta de manera transversal en los quehaceres sociales y es un elemento estratégico en el Plan Nacional de Desarrollo, en el Programa Nacional de Educación y en el de Medio Ambiente, así como en otros programas sectoriales nacionales y en los estatales, en especial los de medio ambiente, educación y desarrollo” (Semarnat, 2006). Mas recientemente, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 en una de sus líneas de acción se dice que se debe “Continuar con la incorporación de criterios de sustentabilidad y educación ambiental en el Sistema Educativo Nacional, y fortalecer la formación ambiental en sectores estratégicos” (Secretaría de Gobernación, 2013).

Es definitivo que existe el interés por seguir trabajando para transitar hacia la sustentabilidad en todos los sectores educativo, gubernamental, social y en la iniciativa privada. Por lo que se deberá contribuir desde todos los niveles de educación y en todos los ámbitos. Es por esta razón que en el presente estudio se analizan dos casos de percepción infantil en temas de la preservación del agua, realizado con niños de educación primaria en la localidad de Pastorías, Actopan, Veracruz y un taller de reciclado donde el objetivo fue realizar una observación participativa para analizar el interés de los niños en temas ambientales.

Materiales y métodos

Concurso fotográfico de temas ambientales relacionados con la preservación del agua

El Concurso se realizó en la escuela primaria José María Morelos y Pavón de la localidad de Pastorías, municipio de Actopan en el Estado de Veracruz. Para las bases de concurso se respetaron los lineamientos del Concurso de fotografía -Biodiversidad y cambio climático-,

mismo que se realizó en el mes de enero de 2017 organizado por Fotofestin y con la participación de La Comisión de Cambio Climático, PNUMA, entre otros. Esto debido a que la mejor foto por grado escolar se inscribió en el concurso, además de que al primer premio se entregó una videocámara y al segundo y tercer lugar un paquete con útiles escolares.

El análisis se hizo mediante la observación participante (Geilfus, 1997), y fue básico porque constituyó un primer acercamiento para realizar un estudio más estructurado sobre la percepción e implementación de ecotecnologías aplicadas para el cuidado del agua. Se complementó esta primera etapa con una entrevista a cada niño para documentar cuáles fueron los motivos de selección de la foto.

Taller de reciclado en el Festival de las aves y humedales en la localidad de la Mancha, Veracruz

El taller formó parte de las actividades que se realizan anualmente en la localidad de La Mancha, Actopan, Veracruz con motivo del Festival de aves y humedales, realizado el 8 de abril de 2017. El motivo del taller fue la reutilización de materiales que frecuentemente se encuentran como desechos en ríos y cuerpos de agua, como son frascos de cristal y palos, se complementó el taller con el cultivo de plantas de olor. Se construyeron macetas con los frascos, mismos que se adherían a maderos, se decoraron con pintura y se habilitaron con alambre para que se colgaran en forma de maceta, cada trabajo se concluía con el sembrado de alguna planta de olor, mismas que fueron cultivadas desde la semilla.

La metodología aplicada fue la observación participante (Geilfus, 1997), se hizo un análisis hacia el interior del taller, así como del total de talleres.

Diseño del programa de educación ambiental con tema principal el agua y el uso de ecotecnologías para contribuir a su preservación

El diseño del programa se realizó en base a la metodología del Manual del promotor y educador ambiental para el desarrollo sustentable (Esteva y Reyes, 2003). Este programa consiste en desarrollar varias etapas para el programa educativo. En la etapa preparatoria se realiza el montaje inicial, la conformación del equipo y la definición de sus funciones; en el marco teórico se define la posición teórica o conceptual, la causalidad de la problemática y el tipo de sociedad a la que se aspira, así como a los valores éticos que se buscan; en la selección de comunidades se delimita el área de acuerdo a criterios establecidos; en el plan operativo se proponen las actividades participativas para implementar el programa educativo ambiental y gestión de proyectos; en el programa general de educación ambiental se conforma de dos etapas, un autodiagnóstico y el diseño general del plan de educación; en el diseño de unidad de educación se diseña el material educativo, se proponen los materiales y las técnicas; las últimas etapas son la gestión financiera (cuando procede), la

sistematización, donde se registra el procedimiento y la evaluación que será distinta y acorde a los objetivos del programa.

Resultados

El concurso fotográfico con temas ambientales para niños de la primaria José María Morelos y Pavón tuvo el objetivo de detectar el conocimiento ambiental de los niños de primaria, se tuvo un 54% de participación, sin embargo, pudo apreciarse que el interés principal fue en materia de los premios que podrían recibir. Del contenido fotográfico se detectaron dos puntos: para los niños han llegado a ser normales las conductas de cautiverio y poca libertad en animales domésticos, al someter a concurso animales amarrados, en cautiverio y muertos (16% de las fotos); además de que no se percibe una relación entre los conocimientos y su aplicación. En la Tabla 1 se muestra la información general del concurso.

Tabla 1 Participación en el concurso de fotografía en niños de educación primaria de la localidad de Pastorias, Actopan, Veracruz.

Fecha: 27 de enero de 2017	No. de participantes: 31
Fotografías registradas a Fotofestin: 6	No. de alumnos en la escuela: 57
Temas fotográficos participantes: Paisajes naturales (6), peces (9), ríos (2), ganado (3), animales domésticos (3), tortugas (4), pulpo (1), insectos (1) y cocodrilo (1).	
Observaciones: Previo a la recepción de fotografías se realizó una convocatoria en forma personal en donde se dio una explicación rápida de los recursos naturales y la importancia del agua para la subsistencia, se detectó que los alumnos tenían conocimientos de la biodiversidad y de la conservación de recursos y fueron muy participativos. El resultado de las fotos, en un primer análisis muestra que a pesar de que saben del tema no lo supieron captar en las fotografías. Se pueden resaltar algunos casos: En la foto del pulpo, este está muerto, dos animales aparecen amarrados, incluso un perro con cadena, el cocodrilo está en cautiverio, algunos peces son de estanque artificial.	

En el taller de reciclado realizado durante el Festival de las aves y humedales en la localidad de la Mancha, Veracruz, mediante la observación participante (Geilfus, 1997), se hizo un análisis hacia el interior del taller, así como del total de talleres. Se observó que los talleres de mayor afluencia para niños y adultos fueron los que generaban un mayor atractivo debido a los productos obtenidos, como lo fue un proyecto en el que realizaban tortugas en formato de títeres, otros talleres de éxito fueron los de pintura, a los niños les atrajo iluminar diseños de aves. Puede deducirse que en general, los talleres cumplen con la función de difusión, pero no alcanzan a tocar temas de concientización. La información general del taller se da en la Tabla 2.

Tabla 2. Taller de reuso para niños en el Festival de aves y humedales 2017, La Mancha, Actopan, Veracruz.

Fecha: 8 de abril de 2017	Número de participantes: 40
Material utilizado: frascos, pintura, tablas, alambre, tierra y plantas	
Observaciones: Durante el taller se realizaron 40 proyectos con niños de diferente edad, se hizo atractivo debido a que se pintaron los frascos con diseños personalizados y fue novedoso que se les plantaba algo útil para la casa, sin embargo, fue solo una práctica más debido a que no se alcanzó a enfatizar que la mayor importancia es disminuir los residuos sólidos que llegan a las fuentes de agua y que cada uno contribuye a la problemática al no hacer una gestión adecuada de residuos sólidos en las comunidades.	

En ambos eventos se percibe que las actividades realizadas con poca duración, como son los talleres y concursos, no muestran gran información del aprendizaje que se ha adquirido en la educación primaria con los programas escolares y temas tratados en los libros de texto, pero debe ser escaso debido a que en el concurso de fotografía no se muestra el concepto de la importancia de los recursos hídricos en algunos casos como lo son animales muertos o amarrados. Para el caso del taller, se observó que en este tipo de eventos les llama más la atención lo novedoso que podría ser el producto elaborado y no se razona en las causas y consecuencias.

Lo observado deja la experiencia de que se debe trabajar en actividades más relacionadas a la problemática actual de los recursos naturales, la escasa edad de los niños no debe ser impedimento. De acuerdo a las teorías pedagógicas (Papalia, 1984, Pérez y Navarro, 2011) los niños de educación primaria cuentan con los elementos necesarios para establecer procesos lógicos. Los niños a los 7 años piensan de manera lógica porque ya son capaces de considerar múltiples aspectos de una situación (Papalia, 1984), asimismo, en el periodo denominado "Operaciones concretas (7-11 años)", los niños son capaz de usar un símbolo de forma lógica y, a través de la capacidad de conservar, hacen generalizaciones y adquieren la capacidad intelectual de conservar cantidades numéricas, materiales y superficies.

El diseño de la planeación se da en la Tabla 3, se presenta en forma sintetizada, cada etapa conlleva un diseño y apartado especial.

Tabla 3. Esquema sintetizado de la planeación del programa de educación ambiental

Etapa	Definición
Plan Estratégico	
1. Preparatoria	Equipo: Director y tesista de maestría, diseñadores y tallerista
2. Marco teórico	Pedagogía y educación ambiental (Freire, 2005, Dieleman y Juárez, 2008, Papalia, 1984, Pérez y Navarro, 2011) para atender la problemática de la falta de concientización ambiental en alumnos de nivel primaria de la localidad de Pastorías con la colaboración de la sociedad de padres y grupos organizados
3. Marco de referencia	Investigación documental de antecedentes, pedagogía y diseño de ecotecnologías
4. Selección de comunidades	Alumnos de la escuela primaria José María Morelos y Pavón de la localidad de Pastorías, Actopan, Veracruz.
Plan operativo	
1. Preparatoria	Elaboración del programa para determinar la percepción que tienen los niños de educación primaria de las ecotecnologías para el uso adecuado del agua. Implementación del programa.
2. Programa general de educación ambiental	Diseño de cuestionarios para determinar la percepción, talleres y casos prácticos evaluación de cuestionarios, talleres de “Jugando con el consumismo”, “El ciclo infantil del agua”, “Soy problema o solución”.
3. Diseño de unidad de educación	Audiovisuales, sociodramas, muestras de ecotecnologías, mapeo, diagrama de interacciones
4. Gestión financiera	El costo será cubierto con recursos privados
5. Sistematización	A realizarse conforme al Manual del promotor y educador ambiental para el desarrollo sustentable
6. Evaluación	En base a cuestionario de percepción en una segunda fase y evidencia fotográfica

Discusión

Los resultados sobre los concursos de fotografía y taller de reciclado no muestran evidencias de concientización ambiental, lo que implica que las actividades deben reforzarse con proyectos que puedan replicarse a largo plazo y que orienten a los niños a una forma más racional de subsistencia. Diversos autores han encontrado resultados similares al realizar estudios de percepción y de educación ambiental con niños de primaria, algunos con resultados poco alentadores, donde en Colombia con una muestra de 229 niños de quinto grado de educación primaria los autores encontraron que los alumnos no están participando en procesos de interdisciplinariedad y no aplican los conocimientos adquiridos. De igual forma Zamorano et al. (2009), realizaron investigaciones en una secundaria pública de Matamoros, Tamaulipas, donde participaron 254 estudiantes a los cuales se les aplicó un

cuestionario de 39 preguntas, los datos obtenidos demuestran que los alumnos no están dispuestos a transformar el ambiente, pero manifiestan interés en participar.

Por el contrario, un caso de éxito a nivel de educación primaria lo expone Sampedro y García (2009) en España, con niños y jóvenes en edad escolar y sus educadores, los autores opinan que se ha implementado con éxito algunas actividades como diagnóstico ambiental de la ciudad ¡Hola Segovia!, ¿qué tal estás?”, concurso “Ideas felices para mejorar Segovia”, ecoauditorías ambientales y plan de mejora del patio de recreo: “El patio de mi cole no es particular”, entre otras actividades. Caso de gran éxito son los grupos de ecochavos quienes en el municipio de Teocelo realizan acciones permanentes de conservación y se preparan para ser educadores ambientales.

El programa de educación ambiental se diseñó para trabajar con niños, sin embargo, es necesaria la participación de los adultos como son la sociedad de padres de familia y grupos sociales organizados en búsqueda de una permanencia a largo plazo del programa.

Conclusiones

Una vez analizados los dos casos prácticos y de la revisión documental se concluye lo siguiente:

- Los talleres y concursos sirven para difundir estrategias de conservación, sin embargo, se realizan en el momento y no dan la oportunidad para la toma de conciencia de las causas y efectos de la problemática del uso inadecuado de los recursos naturales.
- Se deben considerar las capacidades intelectuales de los niños de primaria para programar actividades que además de juegos sean educadoras y estén orientadas a crear un cambio en la forma de utilizar los recursos.
- Mostrar a los niños las consecuencias de alto consumismo, podrá repercutir en su moderación cuando estén en edad de decidir su forma de vida.
- Al implementar un programa de educación ambiental debe considerarse la permanencia de las actividades, buscando el apoyo de los habitantes de las comunidades.
- Difundir la necesidad de que grandes esfuerzos darán grandes resultados contribuirá y que más personas estén interesadas en la educación ambiental y puedan replicar las actividades en todos los niños de educación primaria y prepararlos para un futuro mejor, más racional y sano económica, social y ambientalmente.
- Diseñar el programa de educación ambiental contribuirá a una mejor implementación.

Literatura citada

Dieleman H., y M. Juárez-Nájera. 2008. ¿Cómo se puede diseñar educación para la sustentabilidad?. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. 24(3):131-147.

Esteva, P. J, J. Reyes R. 2003. Manual del promotor y educador ambiental para el desarrollo sustentable. México. 176 p.

Freire P. 2005. Pedagogía del oprimido. Ed. Siglo XXI. México. 246 p.

Geilfus. F. 1997. 80 herramientas para el desarrollo participativo: Diagnóstico Planificación Monitoreo Evaluación. San Salvador, El Salvador. 159 p.

ONU (Organización para las Naciones Unidas). 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York. 40 p.

Papalia, D. E., S. Wendkos O., R. Duskin F. 1984. Desarrollo humano. México D.F. México. 664 p.

Pérez, P. N y I. Navarro S. 2011. Psicología del desarrollo humano: Del nacimiento a la vejez. España. 287 p.

Sampedro O. Y. y J. García F. 2009. Educación ambiental: Investigando sobre la práctica. Un viaje por la educación ambiental en las entidades locales. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. España. 226 p.

Secretaría de Gobernación. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, México. 183 p.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2006. Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México. México, D. F. México. 47 p.

Zamorano, G. B., V. Parra S., F. Peña C., Y. Castillo M., J. I. Vargas M. 2009. Percepción ambiental en estudiantes de secundaria. Actualidades Investigativas en Educación 9(3):1-19.

EXPERIENCIAS EN EL MANEJO ECOLÓGICO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL UBICADO EN AGUAXINOLA MUNICIPIO ACULTZINGO, VERACRUZ

Mauricio Rojas Ascensión^{565*} y Roberto Ruiz Castro⁵⁶⁵

Resumen

El sistema agroforestal es un sistema de uso y aprovechamiento del recurso suelo, donde se combinan especies maderables y no maderables. El presente trabajo tiene como objetivo describir la importancia de un sistema agroforestal, dar a conocer los beneficios que brinda el sistema natural en los contextos económico, ecológico y social, así mismo describir de las experiencias acerca del manejo ecológico del sistema agroforestal (fertilización, riego, podas, control de malezas, control de plagas y enfermedades, control de fenómenos meteorológicos (heladas, sequías, vientos, inundaciones), la competencia y alelopatía de las especies y propagación de especies vegetales en vivero. Los resultados obtenidos del presente proyecto “sistema agroforestal ecológico” son la diversidad de productos cosechados tales como frutas, verduras, flores, tallos leñosos, forrajes, miel entre otros, actualmente se tienen sembradas 1000 géneros vegetales, con un total de 4000 plantas ejemplares distribuidas en el terreno con repeticiones. Con el sistema agroforestal se están desarrollando hábitats de especies de animales silvestres entre ellas, reptiles, aves y mamíferos, así mismo se han atraído abejas melíferas y otros insectos benéficos, el suelo está recuperando su fertilidad después de haber sufrido durante décadas tratamientos químicos. El arreglo natural del sistema ha generado un ambiente agradable y una belleza escénica.

Palabras clave: productividad, control, sistema natural, sostenible, especie de uso múltiple, asociación

Introducción

⁵⁶⁵ Autor de correspondencia: maury815@hotmail.com

El uso de Sistemas Agroforestales puede constituir una alternativa de incremento de la biodiversidad y proximidad del agroecosistema a las condiciones del ecosistema natural, diversificando la producción, aumentando la resiliencia de estos agroecosistemas promoviendo la garantía de una sostenibilidad permanente (Ramos, 2013).

Según Gliessman (2000), cuanto más un agroecosistema se parezca, respecto a su función y estructura, al ecosistema natural de la región biogeográfica en la cual se encuentra, más grande será la probabilidad de que ese agroecosistema sea sostenible.

La Agroforestería ayuda en la conservación y protección de los recursos naturales, en la reducción de fuentes difusas de contaminación, en el control de la erosión, en la creación del hábitat para los animales salvajes, manteniendo o restaurando el suelo y los recursos hídricos (Molua, 2005; Mbow et al., 2014).

Según May y Trovatto (2008), la familia campesina utiliza los sistemas agroforestales para aumentar, de forma sostenible, los ingresos de la familia y aprovechar sus ventajas potenciales respecto a la seguridad alimentaria, salud, calidad de vida, participación de los hijos en las parcelas e integración familiar rural.

De acuerdo a lo anterior se estableció un sistema agroforestal en la congregación de Aguaxinola, municipio de Acultzingo Veracruz, en una de las parcelas agrícolas con la finalidad de crear un espacio agradable mediante la combinación de especies vegetales de uso múltiple (árboles maderables, frutales, arbustos, ornamentales, medicinales, olorosas) para generar alimentos, creación de hábitats para la fauna silvestre, disminución de la erosión del suelo, conservación de especies vegetales locales, belleza escénica, entre otros servicios ambientales.

Materiales y métodos

El sistema agroforestal (SA) descrito en el presente documento se encuentra localizado a 1200 msnm en la congregación de Aguaxinola municipio de Acultzingo Veracruz, tiene una superficie de 17,000.00 m². Su establecimiento tiene inicios en el 2008, los primeros materiales vegetales incorporados a este sistema fueron plantas de Eritrina como tutores a las plantas de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), ixzote (*Yuccas sp.*), y tlaxca (*Cupressus sp.*), con el paso del tiempo se fueron intercalando y asociando otras especies vegetales.

El equipo de trabajo utilizado para este proyecto son las bombas sumergibles para la extracción del agua a una profundidad de 15 metros para el riego de las plantas, sistema de energía eléctrica, cisternas para depósito de agua, desbrozadora para el control de las malezas en callejones y una mochila para la fumigación biológica en el control de plagas y enfermedades.

Las herramientas utilizadas son azadones, picos, palas, carretillas, morunas, tijeras para podar, pinzas, rastrillos, mangueras, depósitos de agua, escalera, serrucho, martillo, lima y esmeril.

Métodos y técnicas empleadas para el establecimiento del SA

Los métodos y técnicas utilizados en el proyecto son: métodos de siembra intercaladas y en asociación, los métodos de riego por goteo y con mangueras de jardín con una extensión de 200 metros de longitud para el riego manual planta por planta, los métodos de fertilización son completamente orgánicas a partir de composteo y material muerto generado de las podas y chapeos. Las técnicas de control de malezas con la ayuda de una desbrozadora en callejones y chapeo con morunas alrededor de las plantas de forma individual. Las técnicas de control de plagas y enfermedades son de forma manual y con mochila para fumigar a partir de infusiones, caldos, tés, extractos, otra de las técnicas empleadas es la utilización de plantas naturales como repelentes. Las técnicas de poda se dan de manera manual con serruchos y pinzas.

Diseño

El arreglo o diseño del sistema agroforestal es de acuerdo a la propuesta de Gliesman (2011) la cual indica que cuanto más un agroecosistema se parezca, respecto a su función y estructura, al ecosistema natural de la región biogeográfica en la cual se encuentra, más grande será la probabilidad de que ese agroecosistema sea sostenible. Por lo tanto, el diseño del sistema agroforestal en mención está estructurado semejante a un ecosistema natural.

Resultados y discusión

La importancia del sistema agroforestal radica en los beneficios que aporta a los contextos: social, económico y ecológico. A continuación, se describen los resultados obtenidos en el sistema agroforestal de acuerdo a los contextos mencionados anteriormente.

Social

Últimamente se han beneficiado cuatro familias vulnerables a la pobreza del municipio de Soledad Atzompa, Ver., con la variedad de productos cosechados en el sistema agroforestal estos productos fueron: frutas tales como guayabas, naranjas, mandarinas, limones, plátanos, fresas, higos, nísperos, carissas, frambuesnos, moras, tunas, papayas, uvas,

vainas de guaje, membrillos, duraznos, granadas, calabazas y aguacates. Así también, se han obtenido diversidad de flores entre ellas rosas, asters, agapanthus, lilis, amarilis, iris, margaritas, alcatraces, azucenas, calistemun, ave de paraíso, anturios, orquídeas, bromelias, oleandrus, budeleyas, alamandas, hibiscus, tulipanes de la india, flores de yucas, flores de eritrina, entre otros. Del mismo modo se han cosechado follajes de palmas, limonaria, ficus, crotus, dólar, eucaliptus, pencas de maguey, entre otros. Plantas medicinales: ruda, romero, lavanda, sábila, hierba maestra, salvias. Plantas olorosas: orégano, tomillo, hierba, buena, araucula, entre otros. Cabe mencionar que se ha cosechado miel producto de las abejas melíferas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de algunas especies vegetales en asociación e intercalado en el sistema agroforestal.

ESPECIES MADERABLES	HORNAMENTALES	FOLLAJE	FRUTALES	FORRAJEROS	DE USO MULTIPLE	OLOROSAS	MEDICINALE	LEÑOSAS
PINO	ROSALES	LIMONARIA	AGUACATE	LEUCAENA	YUCAS	OREGANO	ROMERO	MEZQUITE
ROBLE ROSADO	HIBISCUS	FICUS	DURAZNO		ERITRINA	HIERBABUEN	LAVANDA	PIRUL
ENCINO	MALVAS	TEPEJILOTE	MEMBRILLO		PALO MULATO	HIERBA SAN	RUDA	GUAJE SILVESTRE
CEDRO ROJO	OLEANDROS	CROTUS	MISPEROS		MAGUEY	EPAZOTE	HIERBA MAESTRA	
CEDRO BLANCO	AVE DE PARAISO		ZAPOTE BLANCO		SAVILA	ARAUCULA	SALVIAS	
CASUARINA	CALISTEMON		ZAPOTE NEGRO		PALMA PLOMOSA		DIENTE DE LEON	
EUCALIPTO	LELES		GUAYABA		PALMA RUBELINA		SAVILA	
MELIA	FLAMBOYAN		PLATANO		PALMA ABANICO		PASTO LIMON	
	JACARANDA		PAPAYA		BAMBU			
	TULIPAN DE LA INDIA		CHICO ZAPOTE		AGAVES			
	PATA DE CABRA		TEJOCOTE					
	AGAPANTHUS		MANGO					
	COPA DE ORO		LITCHI					
	CALIANDRA		JINICUIL					
	CAMELIA		CHIRIMOYA					
	AZALEAS		GUANABANA					
	CLIVIAS		NOPAL TUNERO					
	DATURAS		LIMON					
	CANNAS		NARANJA					
	HUELE DE NOCHE		MANDARINAS					
	BELLA DE NOCHE		FRESAS					
	AZUCENAS		PITAHAYA					
	NOCHE BUENA		DATILES					
	ASTERS		KAKI					
	COLCHOSPERMUN		POMA ROSA					
	TECOMA		CHINENE					
	SALVIAS		PIÑA					
	BUDELEYAS		GRANADA					
	BUGAMBILIAS		HIGOS					
	BEGONIAS							
	ALCATRAZ							
	HIPOMEA							
	JAMAICA							
	ARBOL DEL AMOR							
	BROMELIAS							
	ORQUIDEAS							
	AMARILIS							
	IRIS							

Ecológico

Con el sistema agroforestal se han creado hábitats de animales silvestres entre ellos podemos destacar a los mamíferos: Conejos, ardillas, tlacuaches y murciélagos. Reptiles variedad de lagartijas y serpientes. Aves: golondrinas, pecho amarillo, primavera, aguillillas,

pájaro carpintero, jilgueros, correcaminos, cocoles, entre otras. Cabe mencionar que estos animales construyen sus nidos y madrigueras en los árboles y en la base de los árboles y se alimentan de los frutos silvestres intercaladas dentro del sistema agroforestal. Con el sistema agroforestal se han atraído diversidad de insectos benéficos, tales como: mariposas, catarinas, avispas, abejas melíferas, entre otras. Con el sistema agroforestal se ha disminuido la erosión del suelo, por la biomasa y microfauna que se está generando, por la diversidad de especies vegetales se está participando en la creación de servicios ambientales como: retención de humedad, captura del CO₂, belleza escénica, creación de hábitats, generación de oxígeno, conservación del suelo, entre otros.

Económico

En futuro cuando el sistema agroforestal llegue en su etapa de madurez, los productos a cosechar se incrementarán por lo tanto una parte de estos serán destinados a la comercialización para que las 4 familias beneficiadas obtengan un ingreso económico a partir del sistema agroforestal. Los productos que se pretenden comercializar a futuro son: maderas, leñas, frutas como el aguacate, plátano, pitahaya, duraznos, que son los que más predominan en el sistema; así como la diversidad de flores: agapanthus, orquídeas, palmitos, gasparitos, geranios, begonias, etc., y la miel. También se pretende implementar dentro del sistema agroforestal un subsistema de producción de hongos comestibles, y un vivero de producción de plantas de ornato en maseta y ampliar la producción de miel, para de igual forma destinarlos a la venta.

Éxitos y fracasos en el manejo ecológico del sistema agroforestal

En los inicios del sistema agroforestal se habían sembrado 1000 ejemplares de pitahaya obtenidos en el campo experimental de Cotaxtla utilizando como tutor de estas la planta de Eritrina, 1000 ejemplares de nopal traídas de Puebla y Tlaxcala pero debido a los factores meteorológicos (vientos heladas, sequias, inundaciones) y a las características del suelo (erosión, y componentes del suelo), el sistema fracasó, posterior a esto se optó por implementar arboles maderables, frutales, arbustivos y palmas de la región y de otras regiones del estado resistentes a las heladas y otros fenómenos meteorológicos y menos exigentes a la fertilidad del suelo (encinos, pinos, cedro blanco, guaje, jacarandas, casuarinas, melias) que se distribuyeron y a lo largo y ancho de la parcela, para generar sombra, humedad y materia orgánica, en la protección de los vientos, se sembraron en el perímetro de la parcela yucas, tlaxcas, eucaliptos, palo mulato, eritrinas, leucaena, entre otros. Con el paso del tiempo se fueron intercalando las especies sensibles a los fenómenos climáticos y con exigencias nutricionales edáficos.

Fertilización

Para la nutrición de las especies vegetales del sistema agroforestal no se utilizan químicos, solo abonos orgánicos de composteo, estiércoles, y la biomasa que se obtiene de las podas y chapeos que son cortados de 10cm aproximadamente para colorarlos en la base de las especies vegetales y dejar que con el tiempo se descompongan de manera natural.

Riego

El agua para riego es extraída de un pozo de una profundidad de 15 metros con una bomba sumergible de caballo y medio de fuerza, y con una manguera de una pulgada. En un principio para el cultivo de pitahayas se utilizó el riego por goteo, ya que la plantación se había realizado por el método de tres bolillos y permitió este tipo de riego. Posteriormente en los meses de sequías de febrero a junio de todos los años las plantas se riegan cada 8 días con la manguera de una pulgada con longitud de 200 metros, (planta por planta) debido a que las plantas están distribuidas de manera dispersa, y el sistema de goteo no funciona.

Podas

Las podas se realizan una vez por año para maderables y arbustos en los meses abril y mayo, para frutales en los meses octubre y noviembre y para los ornamentales dos veces por año en cualquier mes dependiendo de su extensión.

Control de malezas, plagas y enfermedades

Las malezas solo se presentan durante la época de lluvias y se controlan cada 15 días con la ayuda de una desbrozadora, y morunas. Control de plagas y enfermedades. Las plagas que más se presentan son: hormiga arriera, larvas de mariposas, grillos, gallina ciega, escarabajos y hongos. Las enfermedades como el tizón, roya, mancha grasienta, amarillamiento, etc. Estos se controlan de manera manual, con infusiones, extractos vegetales, tés, y plantas repelentes como la flor de zempoalxochitl, ruda, lavanda y perejil, entre otros. La supervisión se realiza cada día durante la época de lluvias y cada tercer día en el resto del año.

Control de fenómenos meteorológicos (heladas, sequías, vientos, inundaciones)

El fenómeno meteorológico más devastador que se ha presentado son las heladas, en los primeros años del sistema agroforestal hubo pérdida total, posteriormente cuando los arboles comenzaron a crecer se fueron disminuyendo las pérdidas, el control que se realiza para este fenómeno es a partir de la maleza, se deja de poder a controlar la maleza a partir de

noviembre para que las plantas pequeñas queden cubiertas por estas y no sean afectadas, otro de las técnicas es cubrir a las plantas sensibles con costales de plástico cuando se presencia el fenómeno. Se evitan las sequias a partir del acolchado natural en la base de las plantas se va acumulando todo el material de poda y chapeos y así la humedad se mantiene. Los vientos son controlados con rompevientos naturales en el borde del sistema agroforestal (plantas flexibles al viento), las inundaciones se controlan a partir de la apertura de pequeños canales, para evitar el encharcamiento, y se han colocado especies tolerantes al exceso de agua en espacios de inundación

La competencia y alelopatía de las especies

La competencia por agua, por nutrientes, espacio y sol y alelopatía por sustancias como resinas se controlan con las podas altas y aclareos y el no abuso de especies con estas características.

Propagación de especies en vivero

El sistema agroforestal cuenta con pequeño vivero para la propagación de especies vegetales, a partir de diferentes métodos: por semillas, esquejes, hijuelos, estacas, bulbos, rizomas, etc. las especies en reproducción son incorporadas en el sistema antes de la temporada de lluvias.

Conclusiones

En conclusión, de acuerdo a las experiencias obtenidas los sistemas agroforestales realmente pueden aportar grandes beneficios a las familias campesinas, destacando lo siguiente.

- El sistema agroforestal de Aguaxinola, ha beneficiado a cuatro familias del municipio de Soledad Atzompa Veracruz con la diversidad de productos que ha generado.
- Ha creado servicios ambientales como captura del CO₂, retención de humedad, generación de oxígeno, belleza escénica, conservación de especies vegetales, creación de hábitats de animales silvestres, conservación de suelo, microclima, entre otros.
- El sistema agroforestal a largo plazo generará ingresos a las familias, por la comercialización de los productos, frutas, maderas, leñas, follajes, miel, hongos y flores.
- El manejo ecológico que se le ha dado al sistema agroforestal, no ha generado ningún impacto negativo al medio ambiente, ni alguna afectación en la nutrición de las familias.

- El vivero es primordial para la reproducción de ejemplares, ya que, si existe la muerte de alguna de ellas, inmediatamente se repone para evitar que queden espacios vacíos o también si se desea aumentar el número de ejemplares se evita la compra de estos.
- En futuro no muy lejano, se elaborará un catálogo e inventario digital para la fácil identificación de las especies vegetales para fines de investigación y educativas, así mismo se realizarán estudios de rendimientos y adaptación de especies de acuerdo a la altitud.
- Se podría garantizar que el sistema agroforestal es sostenible y sustentable.

Agradecimientos

Se les agradece a todos los participantes que han contribuido con su mano de obra en el manejo del sistema agroforestal.

Literatura citada

Gliessman, S. R. 2000. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentable. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS. 369 p.

May, P. H. y C. M. M. Trovatto. 2008. Manual agroforestal para a Mata Atlântica. Brasília.

Ministério do Desenvolvimento Agrário MDA.

Mbow, C., P. Smith, D. Skole, L. Duguma, y M. Bustamante. 2014. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:8-14.

Molua, E. L. 2005. The economics of tropical agroforestry systems: the case of agroforestry farms in Cameroon. *Forest Policy Econ.* 7:199-211.

Ramos Filho, L. O. 2013. Reforma agraria y transición agroecológica en una zona de grandes monocultivos de caña de azúcar: El caso del Asentamiento Sepé Tiaraju, región de Ribeirão Preto, Brazil. Tesis. Universidad de Córdoba.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ARVENSES EN REGIONES CAFETALERAS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Rosalío López Morgado⁵⁶⁶ y Luis Eduardo García Mayoral^{567*}

Resumen

Se analizó la estructura y diversidad de arvenses en siete regiones cafetaleras de la Zona Centro del Estado de Veracruz, mediante un muestreo estratificado aleatorio en 27 sitios, en donde se encontró que existe una riqueza de especies alta con gran heterogeneidad; se registraron 167 morfotipos de arvenses, de las cuales se logró determinar taxonómicamente 148 hasta nivel de especie (97.7% del total de los individuos). Las familias asteraceae-compositae y poaceae-graminae fueron las más ricas en especies con 20 y 21 respectivamente, seguidas de convolvulaceae (siete especies), leguminosae-fabaceae, euphorbiaceae, lamiaceae y solanaceae con seis especies cada una; además las dos primeras familias acumulan alrededor de la mitad de individuos registrados en los muestreos. Se identificaron las principales especies de arvenses con alto valor de importancia con base en su estructura de la comunidad, entre las que destacan: *Bidens pilosa* L. (IVI=9.86), *Commelina coelestis* Willd. (IVI=8.53) y *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC. (7.97), por sus altos valores de densidad, cobertura y frecuencia. En cuanto a diversidad de especies se encontraron diferencias estadísticas significativas entre algunas regiones sin embargo se encontraron valores elevados por región ($H' \geq 3$), con excepción de Córdoba y Tezonapa ($H' = 2.2$ y 1.9 , respectivamente). Los resultados muestran que existe una equidad elevada, por lo que la dominancia en la comunidad de arvenses está distribuida en varias especies y no en unas cuantas ($D = 0.89$); la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie es baja (9.72%). Se estudió la semejanza florística en diferentes niveles espaciales, resultando las regiones de Coatepec y Misantla las más similares entre sí y Tezonapa con Atzalan las menos semejantes. El análisis de correspondencia canónica

⁵⁶⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Sitio Experimental Teocelo.

⁵⁶⁷ Prestador de servicios Profesionales por proyecto. Autor de correspondencia: garciamayoralluis@gmail.com

realizado mostró que la altitud y precipitación son las variables que más influencia tienen en la distribución de las especies, a lo largo de la zona centro del estado de Veracruz.

Palabras clave: Coffea arabica, malezas, índice de valor de importancia

Introducción

El agroecosistema café destaca por su valor en la conservación de la biodiversidad, moderación de escurrimientos e infiltración del agua de lluvia, captura de carbono y conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo (Muschler, 2004; Challenger, 1998), sin embargo, los cafecultores se han descapitalizado debido a la baja de los precios internacionales del café y el incremento en los costos de producción (Ortiz et al., 2004). Esta problemática pone en riesgo la magnanimidad ambiental de los cafetales, por el probable abandono de la actividad o cambio de uso del suelo. Es necesario generar opciones viables de manejo que impriman rentabilidad y preserven las bondades ecológicas del cafetal sombreado. Dentro de las actividades que más impactan en los costos de producción del café cereza es el control de arvenses; que son las plantas que interfieren de una u otra forma con las actividades agrícolas del hombre (Radosevich et al., 1997; Salazar, 2003), y que coloquialmente reciben el nombre de “malezas”, “malas hierbas” o “hierbas”; sin embargo el manejo de éstas en el cultivo de café se ha realizado hasta ahora con base en pruebas de ensayo y error por parte de los cafecultores (López et al. 2004). Desafortunadamente esta actividad representa del primer al tercer año el 18, 37 y 20% del total de los costos de producción respectivamente y puede representar más del 40% del tiempo laboral que los pequeños agricultores destinan a esta actividad (López et al., 2013).

Un manejo inadecuado de arvenses conlleva a que éstas compitan con el cafeto por agua, espacio y nutrientes, limitando el desarrollo y disminuyendo la producción de café cereza tanto en volumen como en calidad física y organoléptica (Cruz, 1996). El conocimiento taxonómico de las arvenses que predominan en los cafetales es la base fundamental para el diseño de programas dirigidos a su control (Ordoñez et al., 2001; Somarriba y Vallejos, 1996), que permitan minimizar costos de producción, preservar la biodiversidad de arvenses y aumentar la eficacia en su manejo (Salazar e Hincapié, 2009). En Colombia, se ha adoptado la estrategia del Manejo Integrado de Arvenses, donde se involucran factores como el manejo selectivo, oportuno, racional y económico de la biomasa del sotobosque (Salazar y Rivera, 2002); en contraposición al manejo convencional, donde se desnuda el suelo totalmente, mediante el uso del azadón y aplicación indiscriminada de herbicidas, lo cual causa problemas asociados con los suelos, el agua y la vida rural; (Salazar, 2003). De aproximadamente 250.000 especies de plantas que existen en el mundo, menos de 250 son conocidas como competitivas para los cultivos (Salazar e Hincapie, 2007).

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la zona centro del estado de Veracruz (ZCEV), que es la principal zona compacta productora de café en México y representa el 96.4% de la superficie cultivada con café en el estado (López et al. 2013). Se levantó un inventario de la composición florística de arvenses presentes en el sotobosque de cafetales en el periodo de julio a septiembre del año 2013. Para el propósito de este trabajo se dividió la ZCEV en siete regiones productoras de café, en donde se llevaron a cabo muestreos por sitios de forma aleatoria, tratando de seguir un transecto altitudinal para encontrar patrones de distribución de las arvenses. Se realizaron 27 muestreos en cafetales ubicados dentro del área con potencial productivo para el cultivo de café (Figura 1).

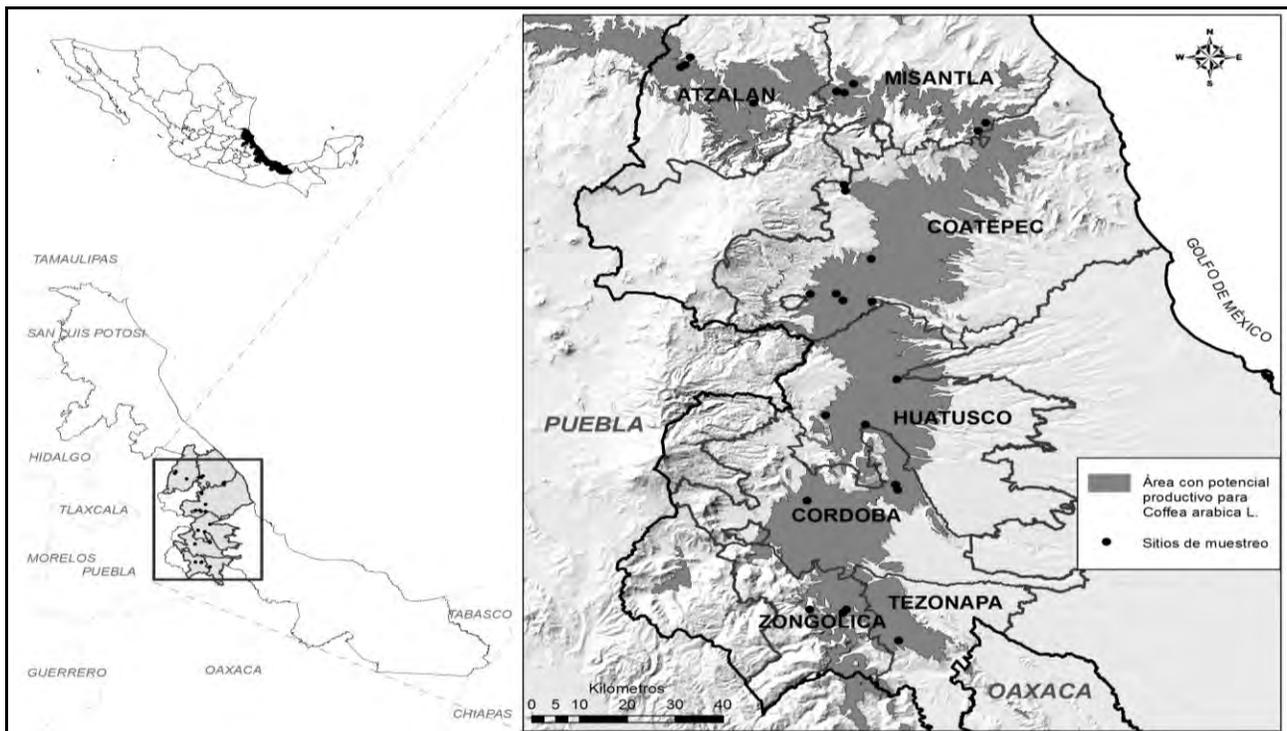


Figura 11. Sitios de muestreo en regiones cafetaleras de la Zona Centro del Estado de Veracruz.

En cada sitio se seleccionaron tres puntos de muestreo aleatorios en donde se determinaron taxonómicamente todos los individuos (arvenses) sanos presentes dentro de un marco rectangular de un metro cuadrado (2 m x 0.5 m), la justificación de usar los cuadrantes

rectangulares, es porque de acuerdo con Caamal y Castillo (2011) dan estimaciones más confiables que los marcos cuadrados, al colocarse en el terreno en sentido de una variación reconocible del mismo. Para evaluar la riqueza de especies se elaboraron curvas de especies-área (Greig-Smith, 1983) que es una gráfica del número acumulado de especies en función de alguna medida del esfuerzo aplicado para obtener esa muestra (Hayek y Buzas, 1997). Además, se aplicó la técnica de rarefacción para estimar la riqueza potencial de la ZCEV (Moreno, 2001).

Para analizar la estructura de las arvenses presentes en el sotobosque del cafetal, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual se genera a partir del registro de la frecuencia, cobertura y densidad que son variables discretas determinadas a partir de unidades puntuales y que su combinación permite una inspección detallada de la dinámica de especies en el agroecosistema, asociados con diferentes esquemas de manejo (Alemán, 2004). Asimismo, se calcularon diferentes índices de diversidad como el de Shannon, Simpson, Margalef y Alfa de Fisher (Magurran, 1988) que sirven para describir y comparar sitios de muestreo. Para detectar diferencias estadísticamente significativas entre regiones se utilizó la prueba de t modificada por Hutcheson (Magurran, 1988). Con la finalidad de conocer la semejanza florística al hacer un análisis comparativo entre diversidad específica entre pares de áreas muestreadas, se utilizaron índices de similitud; Jaccard (Cj) y Sorensen (SO), el primero se basa en la relación entre el número de especies en cada sistema y el total de especies el segundo relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sistemas comparados (Stiling, 1999).

Se llevó a cabo análisis de agrupamiento haciendo un ajuste de acuerdo a lo sugerido por McCune y Grace (2002); al discriminar especies raras; es decir, aquellas con un porcentaje de presencia menor al 5 por ciento de total de sitios muestreados. Los análisis se realizaron con el programa PAST (2007), empleando UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic averaging) como medida de agrupamiento y el índice de similitud de Sorensen como medida de proximidad. Se eligió este índice por ser de los más robustos para datos ecológicos ya que introduce relativamente poca distorsión en la distancia entre agrupamientos con respecto a la matriz de distancias original (Ludwig y Reynolds, 1988) y evita el efecto de encadenamiento generado con otros métodos de unión (Digby y Kempton, 1987).

Resultados y discusión

De los 27 muestreos realizados en fincas de la zona centro de estado de Veracruz se cuantificaron un total 5132 individuos distribuidos en 167 morfotipos de arvenses, de cuales

se pudo determinar taxonómicamente hasta nivel de especie 148 (97.5% de individuos); hasta género 11 (1.0% de individuos) y ocho fueron desconocidas (1.5% de individuos) debido a la carencia de estructuras reproductivas importantes. Las especies identificadas quedaron distribuidas en 121 géneros y 54 familias; siendo siete familias las que acaparaban alrededor del 45 por ciento del total de especies; Poaceae (21 especies), Asteraceae (20 especies), Convolvulaceae (7 especies), Fabaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae y Solanaceae (seis especies cada una), estas familias coinciden con las reportadas por Saavedra (1982), aunque no en el mismo orden ya que él menciona que las principales fueron: Compositae, Gramineae y Commelinaceae; asimismo la riqueza total de especies observada en este trabajo fue menor en comparación a lo reportado por el mismo autor (189 especies). La curva de acumulación de especies no llegó a presentar una asíntota, lo que indica que, de haber realizado más muestreos, probablemente se encontrarían nuevas especies. La curva tiene la forma logarítmica clásica al presentar una pendiente fuerte al inicio (en los primeros cuatro muestreos se acumuló casi la mitad del total de especies) y una disminución paulatina conforme avanza el número de muestreos (Figura 2).

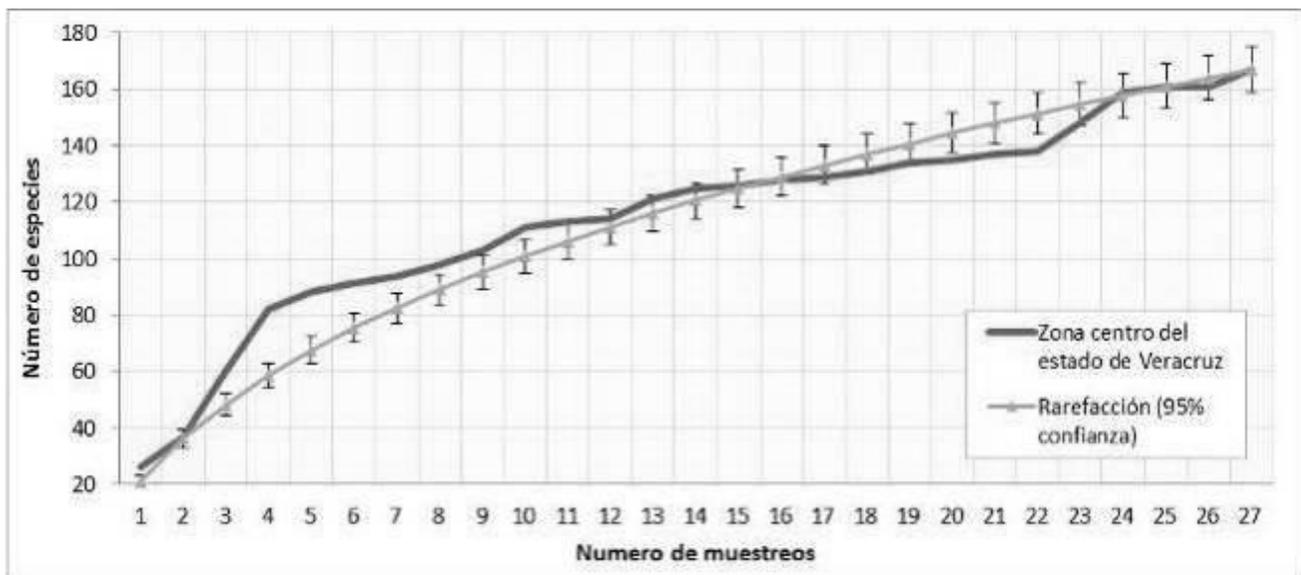


Figura 2. Curvas de acumulación de especies y rarefacción de las arvenses observadas en la Zona Centro del estado de Veracruz.

Para describir la estructura de la comunidad de arvenses se calcularon los IVI de cada familia (Cuadro 1) y especie (Cuadro 2) encontradas en la ZCEV, las principales familias fueron Commelinaceae, Asteraceae, Acanthaceae y Poaceae al acumular alrededor de una cuarta parte del IVI.

Cuadro 1. Principales familias de arvenses en cafetales de la Zona Centro del Estado de Veracruz.

Familia	Densidad		Cobertura		Frecuencia		IVI
	(Ind/m ²)	Relativa	(%/m ²)	Relativa	Absoluta	Relativa	
Commelinaceae	26.8	10.1	11.2	7.3	23.0	6.4	7.9
Asteraceae	15.6	5.9	6.7	4.4	26.0	7.3	5.8
Acanthaceae	15.4	5.8	11.8	7.7	5.0	1.4	5.0
Poaceae	9.7	3.6	5.7	3.8	24.0	6.7	4.7
Crassulaceae	18.0	6.8	5.5	3.6	8.0	2.2	4.2
Urticaceae	11.1	4.2	5.7	3.7	16.0	4.5	4.1
Oxalidaceae	17.9	6.7	1.9	1.2	7.0	2.0	3.3
Malvaceae	5.5	2.1	3.3	2.1	19.0	5.3	3.2
Rubiaceae	4.2	1.6	3.5	2.3	19.0	5.3	3.1
Basellaceae	3.0	1.1	11.0	7.2	3.0	0.8	3.0
44 familias restantes	139.0	52.2	86.9	56.7	207.0	58.1	55.5
Total	266.2	100.0	153.2	100.0	357.0	100.0	100.0

Cuadro 2. Principales especies de arvenses en cafetales de la Zona Centro del Estado de Veracruz.

Especie (nombre científico)	Densidad		Cobertura		Frecuencia		IVI
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
<i>Bidens pilosa</i> L.	861	16.78	237	9.26	20	3.55	9.86
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	566	11.03	273	10.67	22	3.90	8.53
<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.	500	9.74	263	10.28	22	3.90	7.97
<i>Pseudechinolaena polystachya</i> Kunth	295	5.75	155	6.06	12	2.13	4.64
<i>Commelina erecta</i> L.	278	5.42	69	2.70	6	1.06	3.06
<i>Paspalum langei</i> (E. Fourn.) Nash	118	2.30	84	3.28	14	2.48	2.69
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	119	2.32	73	2.85	13	2.30	2.49
<i>Pilea hyalina</i> Fenzl	95	1.85	72	2.81	12	2.13	2.26
<i>Richardia scabra</i> L.	65	1.27	69	2.70	12	2.13	2.03
<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Oken	144	2.81	44	1.72	8	1.42	1.98
157 especies restantes	2091	40.75	1220	47.67	423	74.99	54.48
Total	5132	100.00	2559	100	564	100.00	100.00

Las familias Commelinaceae y Acanthaceae que pese a que son representadas por solo tres y dos especies respectivamente tienen un IVI alto; lo anterior debido a su densidad y frecuencia para el caso de la primera y por su cobertura y densidad para la segunda. Las regiones cafetaleras presentan una flora arvense bastante heterogénea con diferencias significativas ($p < 0.05$) entre regiones con base en el índice de Shannon (Cuadro 3). La región de Coatepec registró la mayor diversidad ($H' = 3.81$) y Tezonapa la menor ($H' = 1.97$). El índice de Simpson indica que en promedio existe una probabilidad del 9.72%, de que, al tomar dos individuos al azar, sean de la misma especie, lo cual muestra una dominancia baja de unas cuantas especies y gran cantidad de especies raras.

Cuadro 3. Valores de riqueza y diversidad de especies por cada región cafetalera.

Región	Individuos	Riqueza	Simpson (D)	Shannon(H')*	Margalef (D_{Mg})	Alfa de Fisher (α)
Atzalan	566	51	0.92	3.049 cd	7.88	13.59
Coatepec	915	106	0.96	3.814 a	15.40	31.01
Córdoba	1702	37	0.82	2.231 e	4.84	6.672
Huatusco	478	52	0.95	3.355 b	8.27	14.85
Misantla	863	50	0.92	3.106 c	7.25	11.56
Tezonapa	231	16	0.80	1.976 f	2.76	3.90
Zongolica	377	37	0.95	3.233 bc	6.07	10.17

* Letras diferentes entre regiones indican diferencias significativas.

El análisis de similitud a través de los índices de Jaccard y Sorensen, indica que la composición de especies de arvenses en las regiones cafetaleras es bastante heterogénea, el valor promedio entre regiones productoras de café es bajo ($C_j = 0.20$ y $S_O = 0.32$), lo que quiere decir que existe un recambio elevado entre regiones productoras de café y obedece a diferencias microambientales derivadas de la heterogeneidad topográfica. El valor máximo de semejanza florística en las siete regiones productoras de café lo presentan Misantla-Zongolica ($C_j = 0.36$ y $S_O = 0.53$). El valor mínimo pertenece a la comparación entre Atzalan-Tezonapa ($C_j = 0.05$ y $S_O = 0.09$), lo cual se debe a que estas regiones solo comparten tres especies (Cuadro 4).

Los resultados del análisis de ordenación, arrojaron que el primer y segundo eje explican el 43.22 y 34.05% de la varianza respectivamente; lo cual es un porcentaje aceptable para este tipo de análisis. En el eje 1 la precipitación es la que mayor influencia tiene, en tanto que para el eje 2 es la altitud.

Cuadro 4. Similitud de la composición de especies calculada mediante el índice Jaccard/ Sorensen (sobre diagonal) y especies compartidas (bajo diagonal) entre regiones cafetaleras.

	Atzalan	Coatepec	Córdoba	Huatusco	Misantla	Tezonapa	Zongolica
Atzalan		0.30 / 0.46	0.14 / 0.25	0.24 / 0.39	0.31 / 0.48	0.05 / 0.09	0.26 / 0.41
Coatepec	36		0.15 / 0.27	0.28 / 0.44	0.34 / 0.51	0.06 / 0.11	0.24 / 0.39
Córdoba	11	19		0.19 / 0.31	0.23 / 0.37	0.10 / 0.19	0.16 / 0.27
Huatusco	20	35	14		0.34 / 0.51	0.08 / 0.15	0.25 / 0.40
Misantla	24	40	16	26		0.06 / 0.12	0.36 / 0.53
Tezonapa	3	7	5	5	4		0.10 / 0.19
Zongolica	18	28	10	18	23	5	

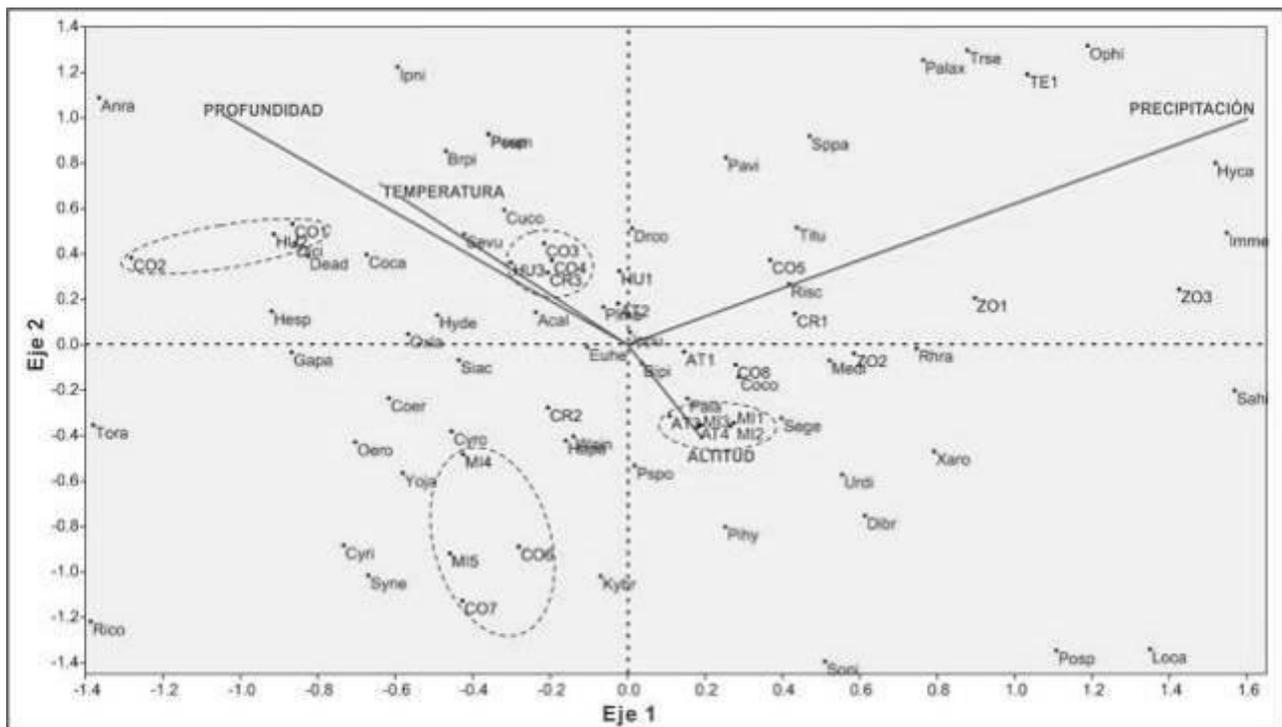


Figura 3. Análisis de correspondencia canónica de 27 sitios de muestreo con 87 especies de arvenses y cuatro variables ambientales en la zona centro del estado de Veracruz.

Se pueden observar cuatro grupos de sitios de muestreo bastante compactos; el primero constituido por sitios de las regiones de Atzalan y Misantla (AT3, AT4, MI1, MI2 y MI3), el segundo de Coatepec, Córdoba y Huatusco (CO3, CO4, CR3 y HU3), el tercero aunque más

disperso también pertenecen a las regiones de Coatepec y Huatusco (HU2, CO2 y CO1), un cuarto de Coatepec y Misantla (CO6, CO7, MI4, MI5). Es posible observar que algunas de las principales especies de arvenses presentan una asociación a variables ambientales de altitud y precipitación principalmente; tal es el caso de *Melampodium divaricatum* (Medi), *Pilea hyalina* (Pihy), en menor grado *Commelina coelestis* (Coco), *Paspalum langei* (Pala) y *Setaria geniculata* (Sege) que se presentan con mayor frecuencia a menor altitud y mayor precipitación, con una relación negativa con la profundidad del suelo, estas especies asociadas fuertemente al primer grupo de sitios.

Conclusiones

1. El agroecosistema café presenta una gran diversidad y riqueza de especies de arvenses con un potencial elevado para la conservación de la diversidad biológica por su alta heterogeneidad y tasa de recambio.
2. El inventario de arvenses conformado en este trabajo, representa una buena aproximación a la realidad de especies presentes en los cafetales de la Zona Centro del estado de Veracruz, sin embargo, es necesario realizar estudios acerca de la dinámica poblacional e identificar beneficios que brindan estas especies de manera directa o indirecta, y que por lo general son poco valoradas.
3. Las arvenses no presentan un patrón de distribución marcado, sin embargo, las están influenciadas principalmente por el gradiente altitudinal y de precipitación y en menor medida por las condiciones de sitio tales como la profundidad del suelo.

Literatura citada

Alemán, F. 2004. Manejo de arvenses en el trópico. Imprimatur Artes Gráficas. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 179 p.

Caamal, M. J. A. y J. B. Castillo C. 2011. Muestreo de arvenses. p. 537-561. In: Bautista, Z. F. H.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado presente y futuro. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F. 847 p.

Cruz, T. V. E. 1996. Estudio cuantitativo de malezas y su manejo en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), en el municipio de Villa Canales, Departamento de Guatemala. Tesis de

- Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cd. de Guatemala, Guatemala. 57 p.
- Digby, P. G. N., Kempton, A. R. 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall Ltd. London. 206 p.
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd. Edition. University of California Press. Berkeley, California. 347 p.
- Hayek, L. A. C. y M. A. Buzas. 1997. Surveying natural populations. Columbia University Press. New York. 563 p.
- López, M. R., J. L. Martínez R., G. Díaz P. y J. G. Salazar G. 2004. Indicadores agroecológicos y socioeconómicos de la cafecultura en la zona centro del estado de Veracruz. Informe técnico. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Xalapa. Xalapa, Ver., México. 69 p.
- López, M. R., L. E. García M. y M. C. Castillo G. 2013. Manejo del cafetal. p. 137-171. In: López, M. R., G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (Comps.). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sitio Experimental Teocelo. Xalapa, Ver., México.
- Ludwig, A. J. and J. F. Reynolds, 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, New York. 337 p.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- McCune, B. & J.B. Grace, 2002. Analysis of ecological communities. MjMSoftware Design, Gleneden Beach, Oregon. 304 p.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol 1. Zaragoza, 84 p.
- Muschler, R. G. 2004. Shade management and its effect on coffee growth and quality. p. 339-353. In: Wintgens, J. N. (ed.). Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guide for Growers, Processors, Traders and Researchers. Wiley-VCH. Weinheim, Germany.
- Ordoñez M. A., C. J. Viera V y M. H. Sosa L. 2001. Manejo de malezas en las plantaciones de café. p. 130-141. In: Arnold, J. (comp.). Manual de Caficultura. 3ª. ed. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa, Honduras.

- Ortiz, C. G., M. Vargas M., M. A. Mendoza B., M. M. Ojeda R. y L. Trujillo O. 2004. Análisis comparativo de la producción-demanda del café en el mercado internacional (1980-2003). *Interciencia* 29:621-625.
- PAST. 2007. Palaeontological Statistics, ver.1.62. <<http://folk.uio.no/ohammer/past/>>.
- Radosevich, S. R., J. Holt and C. Ghera. 1997. *Weed ecology: implication for management*. 2da. Edición. John Wiley and Sons. New York, USA. 589 p.
- Saavedra, M. J. A. 1982. Muestreo, colecta, identificación y jerarquización de la maleza en las principales zonas cafetaleras del estado de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 124 p.
- Salazar, G. L. F. y S. H. Rivera P. 2002. Uso eficiente de herbicidas para el manejo integrado de arvenses y la sostenibilidad de los suelos en cultivos de ladera colombiana. p. 14-15. In: *Memorias del 32avo Congreso de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal*. Santa Marta, Colombia.
- Salazar, G. L. F. 2003. Manejo integrado de arvenses: práctica más eficiente para prevenir la erosión de los suelos de la región cafetera colombiana. CENICAFÉ. Chinchiná, Colombia. <http://www.ecoportal.net/content/view/full/23002> [consultado el 15 de octubre de 2010].
- Salazar, G. L. F. y E. Hincapié G. 2007. Las arvenses y su manejo en los cafetales. In: *Sistemas de producción de café en Colombia*. Arcila P. J., Farfán V. F., Moreno B. A. M., Salazar G. L. F., Hincapié G. E. (eds.). 1a ed. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia. 309 p.
- Salazar, G. L. F. y E. Hincapié G. 2009. Interferencia de arvenses en diferentes etapas del cultivo del café en la zona cafetera central. *Cenicafé* 60(2):126-134.
- Somarriba, L. L. S. y R. M. Vallejos C. 1996. Manejo de malezas en café. p. 165-180. In: *Manual de Caficultura de Nicaragua*. UNICAFÉ. Fondo de Contravalor Italia/Nicaragua. CENACOR. Managua, Nicaragua.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD EN EL CULTIVO DE CAFÉ EN MÉXICO

Victoria Cessa Reyes⁵⁶⁸

Resumen

En un estado controlado por la ciudadanía, la formulación de Políticas Públicas se da a través del debate público, esto debido a que “se supone” estas están referidas a la resolución de los problemas públicos de la sociedad civil. Sin embargo, en México existe un fomento y reproducción al llamado clientelismo y corporativismo que es la fuerte razón limitante para poder representar y sustituir los intereses públicos, y favorecer los debates entre la sociedad civil. Con el objetivo de analizar las Políticas Públicas actuales que contemplan en su estructura la importancia de la conservación de biodiversidad en el cultivo de café y plantear una propuesta de operación de las mismas, se elabora este ensayo usando metodológicamente la revisión de fuentes secundarias de información donde se aborda una Introducción, los temas -El panorama actual de la crisis productiva de café, y -Revisión de las políticas públicas para la conservación de biodiversidad en la producción de café en México; se hace Análisis crítico con propuestas, Conclusiones y finalmente se presenta la Literatura citada. Se encontró que los servicios que aporta el cultivo a la sociedad son innumerables, desde la importancia económica por ser un producto industrial de exportación, la importancia biológica y ecológica debido a las especies vegetales, animales y hongos que refugia, la importancia como proveedor de servicios turísticos, etc. Sin embargo, las políticas públicas propuestas actualmente, en realidad no están enmarcadas en la solución de problemas que atañen a los actores de este ramo del sector agrícola. Se concluye que deben seguirse

⁵⁶⁸ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

realizando estudios científicos que aporten datos referentes a la situación actual que guardan las zonas cafetaleras de los estados de la República Mexicana dedicados a la producción de café, así como, redefinir la política pública cafetalera que se encuentra vigente actualmente.

Palabras clave: políticas públicas, ramo cafetalero, biodiversidad mexicana, servicios ambientales.

Introducción

La caficultura en México representa una actividad fundamental en el sector agrícola, no sólo por el valor de su producción al ser un importante generador de divisas, sino además por las bondades que ofrece al ser un cultivo de gran relevancia ambiental, ya que los predios cafetaleros se establecen bajo diversos manejos de sombra ya sea especializada o diversificada que en realidad constituyen sistemas donde además del café las familias cultivan, manejan o protegen una gran variedad de especies útiles para ellas; Por otra parte, destaca que el 70% de los predios cafetaleros pertenecen a 32 culturas indígenas de los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, que aparte de ser los principales productores de café en México, también albergan la mayor proporción de la biodiversidad del país (CEFP, 2001; Moguel y Toledo, 2004; Contreras y Hernández-Martínez, 2008; Manson et al. 2008).

En México, numerosos estudios han mostrado la importancia de los cafetales tradicionales en la conservación de diversos grupos de especies, tales como plantas con flores (especialmente árboles y epífitas), aves (incluyendo especies migratorias), mamíferos terrestres y grupos de artrópodos (para los que los cafetales bajo sombra se han convertido en los últimos refugios ante una fuerte amenaza por la deforestación) con la finalidad de contribuir a mantener y renovar una cultura mexicana del café ambientalmente responsable. Estos sistemas también denominados agroforestales destacan también por los múltiples servicios ambientales que ofrecen como captadores y reservas de lluvia, recarga de acuíferos, reserva de humedad, fertilidad y retención de suelo (control de erosión), belleza escénica, secuestro de carbono y polinización (Moguel y Toledo, 2004; CEPAL, 2014; Contreras y Osorio, 2015). Sin embargo, exactamente ¿cuántos árboles de sombra deben estar en una plantación de café, y en qué condiciones?, es una pregunta abierta que Meylan et al. (2017) ponen en cuestión y aclaran que, “sigue siendo una pregunta para la cual la mayoría de los productores de café buscan una respuesta”.

En los últimos cinco años, como parte del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria de la Roya del Cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix* propuesto por el

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se reportan las "Acciones contra la roya y otras plagas del café", donde dentro de las actividades de manejo que se recomiendan hacer en los cafetales como parte del control de dicha enfermedad se encuentra la regulación de sombra (SENASICA, 2016); sin embargo, no se puntualiza ¿cuál es la cantidad o porcentaje necesario de sombra a regular?, así, los productores cafetaleros de los municipios productores de café de México decidieron realizar la regulación de la sombra en sus cafetales a tal magnitud que la mayoría de los predios dedicados a este cultivo, actualmente presentan escasa población arbórea y -se presentan otros problemas asociados con la falta de sombra para los cafetos tales como: envejecimiento prematuro de las plantas, favorecimiento de presencia de plagas y otras enfermedades como un tipo de cáncer vegetal, antracnosis y bacteriosis- (Castillo-Ponce, 2017, información personal). Ante los diversos problemas que se presentan en los últimos cinco años, Contreras y Osorio (2015), observan que, aunque las regiones cafetaleras de Veracruz se definieron hace varias décadas: "actualmente no se sabe de qué modo la crisis del café modificó las zonas actuales de producción".

Con el objetivo de analizar las Políticas Públicas actuales que contemplan en su estructura la importancia de la conservación de biodiversidad en el cultivo de café y plantear una propuesta de operación de las mismas, se elabora este ensayo usando metodológicamente la revisión de fuentes secundarias de información. Se abordan los temas: -El panorama actual de la crisis productiva de café, y -Revisión de las políticas públicas para la conservación de biodiversidad en la producción de café en México; se presenta un Análisis crítico con propuestas y las Conclusiones.

Panorama actual de la crisis productiva de café

En el mercado internacional, en la etapa final de la cadena de valor del café, éste se clasifica como un commodity, o sea, un bien genérico. El café es uno de los principales productos agrícolas que se comercializan en los mercados internacionales, se considera como el segundo commodity mas comercializado en el mundo, sólo superado por el petróleo; además, es un recurso importante en cuanto a exportaciones para los países productores siendo estos 56 países del tercer mundo debido a que el café se cultiva en la región tropical y la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Brasil consumen el 80% de la producción (Aguirre-Cadena, 2012; CEDRSSA, 2014; FIRA, 2015; FIRA, 2016; USDA, 2017). Para México, la producción de café en el ciclo 2016/17 reportó su nivel mínimo desde que se tiene registro. Los principales factores que explican el decremento en la producción nacional durante la década reciente y más acentuada en los últimos cinco años son la disminución de la superficie cosechada y la reducción de la productividad de los cafetales, relacionada principalmente con la avanzada edad de las plantaciones, afectaciones climatológicas y por

la enfermedad de la roya del café. De acuerdo con la USDA (2017), se estima que la producción de café en México para el ciclo 2017/18 presente una mayor producción junto con Vietnam e Indonesia, y que el consumo se incremente 1.5% con respecto al ciclo previo.

En el año 2001, el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) reportó que México producía cafés de excelentes calidades, ya que su topografía, altura, climas y suelos le permiten cultivar y producir variedades clasificadas dentro de las mejores del mundo, produciendo como variedad genérica la "arábica", clasificada dentro del grupo de "otros suaves" y como productor de café México ocupaba el quinto lugar a nivel mundial, después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam con una superficie de 761 mil hectáreas en doce estados de la República Mexicana, situados en la parte centro-sur del país siendo Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz con el sistema de cultivo del café bajo sombra. Donde Chiapas era el primer productor de café seguido de Veracruz, Oaxaca y Puebla, con un aporte del 88% del total nacional en estos cuatro estados. En la cosecha 99-00 la producción ascendió a 6 millones 192 mil sacos de 60 kg, de los cuales se exportaron 5 millones 137 mil a 52 países, es decir, el 83% de la producción nacional. La producción del café involucraba a más de 282 mil productores entre los cuales se encontraban en una mayoría minifundistas e indígenas, agrupados en 16 organizaciones de carácter local y regional.

Por el contrario, para el año 2016 FIRA reporta que México se ubicó en la décimo primera posición de la producción mundial de café, con una participación del 1.6%, también ocupó la décimo segunda posición con 1.5% de las exportaciones mundiales. En el ciclo cafetalero 2015/16 se destinaron 732,036 hectáreas al cultivo del café. De dicha superficie se cosecharon 664,963 hectáreas, de la cual el 89.7% se concentró en cinco entidades, las mismas que en cuanto a producción aportan el 93.7% de la oferta nacional siendo Chiapas con 43.3%, Veracruz 22.9%, Puebla 14.5%, Oaxaca 7.9% y Guerrero 5.0%. Aguirre-Cadena et al. (2012), reporta que la producción se concentra en alrededor de 4,300 localidades distribuidas en 411 municipios en los 12 estados.

Revisión de las políticas públicas para la conservación de biodiversidad en la producción de café en México

Referente a las Políticas Públicas que participan en las actividades productivas del sector cafetalero se muestran diferentes criterios.

Contreras y Hernández-Martínez (2008) describen que la producción del café en México se encuentra en una crisis recurrente y esto ha sido explicado por las caídas de los precios internacionales del grano, por su sobreproducción mundial y también por una descomposición de las políticas públicas aplicadas en el sector.

Referente a las acciones de cambio climático y gestión integral de riesgo en Centroamérica mediante la CEPAL se han llegado a acuerdos como: establecer un programa de trabajo para realizar análisis y discutir líneas de acción de políticas públicas frente a impactos potenciales en granos básicos y seguridad alimentaria, cultivo y comercialización del café y gestión integral de riesgo y aseguramiento. Se recomienda que los sectores de agricultura, energía, educación, ambiente, transportes, información, turismo, vivienda, zonas costeras, salud, recursos hídricos, pesca y bosques integren el factor cambio climático a sus políticas públicas (CEPAL, 2014).

Por otro lado, CONABIO (2013) articula las Estrategias para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado (ECUSBE) y los describe como instrumentos de política pública que se elaboran de manera participativa en cada entidad federativa. Estos documentos identifican las principales acciones, para conservar y usar sustentablemente el capital natural de cada entidad. Establecen una visión de largo plazo, así como propósitos generales y particulares. Además, identifican los principales ejes temáticos, líneas de acción, acciones, plazos de cumplimiento, así como los actores principales que deberán encargarse de ejecutar las acciones de manera coordinada para mantener y conservar el capital natural de las entidades federativas participantes. En el diagnóstico inicial reconocen que el principal proceso de pérdida y perturbación de la biodiversidad en Veracruz, Chiapas y Puebla ha sido y continúa siendo el cambio de uso del suelo hacia diversas actividades productivas (expansión agrícola y ganadera, crecimiento urbano). Aunado a la sobreexplotación y comercio ilegal de especies, la pérdida de cobertura forestal causada por la deforestación e incendios forestales, manejo inadecuado de los residuos sólidos, erosión del suelo, uso de plaguicidas, introducción de especies invasoras y los efectos derivados del cambio climático sobre los ecosistemas entre otras derivadas de las actividades humanas.

Para el caso de Veracruz, en el Eje Estratégico “Uso sustentable de la biodiversidad”, se propone la línea de acción: Diseñar y realizar proyectos de manejo sustentable de agroecosistemas por sistema productivo y las sugerencias que se proponen son: -Promover la adopción de alternativas productivas que intensifiquen el aprovechamiento de productos y subproductos derivados de los sistemas productivos (ejemplo: manejo de cafetales, vainilla en selva, bosques mesófilos y acahuales). Una segunda línea de acción que cabe resaltar es la de: Reactivar los programas concurrentes para la reconversión productiva de terrenos degradados y abandonados por la ganadería o la agricultura hacia sistemas agroforestales; y se sugiere -Promover el manejo sustentable adaptativo de acahuales que fomenten la creación de sistemas agroforestales como el cafetal de sombra, vainilla, el cultivo de cacao o palma comedor, y prácticas alternativas como la meliponicultura, apicultura y plantas de ornato, con el fin de recuperar tierras degradadas que tienen potencial agroproductivo.

En el caso de Chiapas, se propone la acción de -Identificar y promover criterios e indicadores de biodiversidad para los sistemas de producción más importantes de Chiapas, como parte de las guías de certificación; siendo la prioridad de atención “Café de sombra amigable con la biodiversidad, cacao, variedades nativas, pesquerías, manejo forestal”, dentro del eje Fomento de instrumentos económicos, mercados justos y certificación de sistemas producto. Por su parte, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ante el reconocimiento de necesidades en el sector cafetalero, ha puesto en marcha la Política Pública Cafetalera dentro del “Plan Integral de Atención al Café (PIAC)”. Cuyo objetivo es: Incrementar la productividad de manera competitiva y sostenible, del sector Cafetalero a 4.5 millones de sacos (60 kg c/u) para el ciclo de cosecha 2018/19 y obtener un promedio histórico en los últimos 15 años, además; dejar las bases para su incremento anual y en 10 años superar los 10 millones de sacos (SAGARPA, 2016).

Análisis crítico

Referente a la importancia nacional que representa la producción de café, se aprecia que la superficie cultivada comparada del 2001 al 2016 descendió, así como no se pudo cosechar el total de esa superficie debido a la baja producción del fruto ocasionada por ciertos factores como la presencia de enfermedades (roya básicamente), plantaciones viejas y afectaciones climatológicas. También de ser el quinto país productor a nivel mundial, México se colocó en la décimo segunda posición como productor cafetalero.

Cabe destacar la importancia de la caficultura en la conservación de la biodiversidad, sus aspectos socioeconómicos, culturales y ecológicos no solo en los estados productores, sino con otros sectores involucrados en su cadena de valor, el ramo cafetalero requiere suma atención en investigación de diversas áreas; se recomienda actualmente analizar la evolución de las regiones cafetaleras, y redefinir las regiones ya reconocidas según sus características nuevas. Además de realizar estudios interdisciplinarios, sustentados en los marcos conceptuales de la agroecología y sociología rural que ayuden a los productores a identificar y superar los retos asociados con el desarrollo de estrategias de manejo sustentables en el sector agrícola. La preservación y conservación mediante el conocimiento y uso de la biodiversidad son aspectos clave para poder formular una definición del café sustentable, porque este tipo de sistema de producción sustenta tanto la diversidad biológica como la diversidad cultural de las comunidades que dependen de este cultivo en su día a día.

En cuanto a las políticas públicas que CONABIO articula en las Estrategias para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado (ECUSBE), se considera que tienen pertinencia en los ejes, acciones y actividades prioritarias de atención, referente a la protección de la biodiversidad en el cultivo de café; sin embargo, aún faltan por desarrollarse estos instrumentos para otros de los principales estados productores de café con importancia

productiva como lo es el caso de Oaxaca y Guerrero, así como el resto de los estados productores de café. Siendo su visión a desarrollar estas estrategias a largo plazo (2020), se considera que se requiere iniciar con la evaluación de tales Estrategias en los Estados que sí firmaron el acuerdo de colaboración hacia la implementación de estas Estrategias para conocer realmente si han dado frutos a dos años de cumplirse el “largo plazo”. Si bien, se valora el esfuerzo de los estados que firmaron el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) y ya han elaborado sus Estrategias para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado, es necesario notar que hasta este momento sólo los estados de Morelos y Veracruz han creado la Comisión Estatal de Biodiversidad (COESBIO), o en el caso de Veracruz recibe el acrónimo de COVEBIO (Comisión Veracruzana para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) que es la encargada de compilar, generar e indagar la información de la biodiversidad de cada entidad. Falta mucho por hacer para difundir el conocimiento y uso de la biodiversidad, no basta con la creación de nuevas instituciones, cambios en las leyes o nuevas reformas: debe trabajarse en conjunto la sociedad de todos los sectores con el gobierno a favor de la naturaleza, el trabajo es de todos.

Debido a lo anterior, se debe revisar con detenimiento las recomendaciones que se brindan por parte de las instituciones y sus programas o filiales como SENASICA, debido a que da las mismas recomendaciones en cuanto a las Acciones contra la roya y otras plagas del café para todos los estados productores del país reconociendo que no es lo más idóneo porque cada estado tiene un relieve, clima, topografía y ecosistemas propios y específicos del sitio que ocupan en el sistema cartesiano; esto es, ningún sitio o punto en el espacio es exactamente igual que otro, así que las recomendaciones no pueden ser aplicadas en sentido generalista. Como se fundamenta con las fuentes consultadas, la máxima producción de café que se ha reportado es del ciclo 99/00 con 6 millones 192 mil sacos de 60 kilos; si bien, no se exportó el total de la cantidad producida, es de suponer que fue debido al abastecimiento del consumo local. Si se reporta que uno de los factores de causa de crisis de la caficultura es la sobreproducción mundial, lo que provoca la caída de los precios a nivel mundial, no puede ser concebible tratar de llevar a México a una producción record de 10 millones de sacos en los siguientes 10 años, debido a que esto traerá consigo una baja en los precios del café a nivel internacional y se dará a la crisis recurrente que se menciona en el contenido de este ensayo.

Conclusiones

La contribución de los cafetales a la conservación de la biodiversidad está sumamente sustentada en los diversos materiales de investigación publicados. Sin embargo, aún se

requiere realizar investigaciones que permitan la recolección de datos biológicos para entender los patrones históricos de uso de suelo y el cambio del paisaje, sobre todo en las zonas cafetaleras ya establecidas y de tradición en el país; permitir la comprensión de los procesos e interrelaciones entre biodiversidad y producción, así como la generación de información para conservar la biodiversidad y los servicios ambientales sobre todo debido al ataque de las plagas y enfermedades en los años recientes. Se plantea es necesario redefinir la política pública que propone SAGARPA, para 2017, esto debido a que algunos reportes referentes al Cambio Climático a nivel mundial indican que existirán incrementos de producción de café en algunos países beneficiados con este cambio en las condiciones climáticas de sus zonas cafetaleras, pero, por otro lado, algunos países perderán potencial productivo para la producción de café. Si no se conoce la situación actual que guardan las zonas cafetaleras del país, no parece pertinente tratar de sobreexplotar el cultivo del café solo con apoyar o subsidiar a los caficultores en la replantación de sus predios con plantas de viveros certificados de variedades acreditadas: actualmente no se cuenta con el dato exacto de la cantidad de caficultores debido a la falta del padrón cafetalero de México.

Se propone que se deba reunir a los productores cafetaleros a nivel municipal de cada uno de los Estados en foros donde exista un intercambio entre gobierno y productor para establecer necesidades y demandas, que involucran al sector, deben ser ellos los creadores de las políticas públicas que les servirán para su desarrollo en base a sus requerimientos de saberes, requerimientos para producción y en su medio de vida (el ambiente cultural). Se requiere de tiempo e inversión económica pero así como ya han pasado cinco años del desplome en la producción de café en México debido a la plaga de la roya, si no se actúa realmente con los actores del sector que son realmente quienes saben cuánto invierten para producir una tonelada de café o cuánto requieren para producir en una hectárea: se seguirán proponiendo políticas que en nada beneficiarán realmente al ramo cafetalero.

Literatura citada

Aguirre-Cadena J. F., B. Ramírez-Valverde, B. I. Trejo-Téllez, F. J. Morales-Flores, J. P. Juárez-Sánchez. 2012. Producción de café en comunidades indígenas de México: beneficios sociales y ambientales. *Agroproductividad* 5(2):34-41.

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP), Cámara de Diputados. 2001. El mercado del café en México. CEFP/054/2001. p. 3

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). 2014. Producción y mercado de café en el mundo y en México. 18 p.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericano (CAC/SICA). 2014. Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica. LC/MEX/L.1169, México, D.F. p. 13, 38 y 69.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del estado de Chiapas ECUSBECH. 147 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del estado de Puebla ECUSBEP. 147 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del estado de Veracruz. México. 138 p.

Contreras, A. y G. Hernández-Martínez. 2008. ¡Qué bien huele, mejor sabrá! La organización de productores del proyecto Biocafé. Instituto de Ecología A. C. 90 p.

Contreras, A. H. y M. L. R. Osorio. 2015. Biodiversidad y cultura cafetalera en México. Cuadernos de Biodiversidad. No. 48:17-29.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) 2015. Panorama Agroalimentario Café. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 39 p.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) 2016. Panorama Agroalimentario Café. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 36 p.

Manson, R. H., V., Hernández-Ortiz, S., Gallina, K. Mehlreter (editores). 2008. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México. 348 p.

Meylan L., C. Gary, C. Allinne, J. Ortiz, L. Jackson, B. Rapidel. 2017. Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 245:32-42.

Moguel, P. y V. M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. CONABIO. *Biodiversitas* 55:1-7

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Política Pública Cafetalera. Plan Integral de Atención al Café. 22 p.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2016. Acciones contra la roya y otras plagas del café. 21 p.

United States Department of Agriculture (USDA). 2017. Coffee: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service. 8 p.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL CULTIVO DE CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) EN MÉXICO

Otto R. Leyva Ovalle⁵⁶⁹, Pablo Andrés-Meza^{569*}, David Del Valle-Hernández⁵⁶⁹, Isaac Meneses-Márquez⁵⁷⁰, Higinio López-Sánchez⁵⁷¹, José L. Del Rosario-Arellano⁵⁷², Ricardo Serna-Lagunes⁵⁶⁹, Regulo C. Llarena Hernández⁵⁶⁹, María Elena Galindo-Tovar⁵⁶⁹, Mauro Sierra-Macías⁵⁷⁰ y Alejandro Espinosa-Calderón⁵⁷³

Resumen

Estudios arqueológicos han revelado que el chile (*Capsicum* spp.) es uno de los cultivos cuyo proceso de domesticación comenzó hace unos 7,000 años en Centro y Sudamérica. El género *Capsicum* incluye 27 especies, de los cuales (*annuum*, *chínense*, *frutescens*, *baccatum* y *pubescens*) han sido domesticadas y usadas en el mundo como especias, condimentos y vegetales. La especie *C. pubescens* se ha limitado exclusivamente a áreas templadas donde la selección y flujo de material genético ha ocasionado diversidad genética inter e intra poblacional; no obstante, se desconoce la situación actual de la diversidad y variabilidad genética en las poblaciones silvestres. Para propósitos de establecer un programa de mejoramiento genético y estrategias de conservación in situ, es importante conocer su distribución geográfica. Se realizaron recolectas de chile de cera en los

⁵⁶⁹Maestría en Horticultura Tropical. Autor para correspondencia: pandres@uv.mx

⁵⁷⁰ Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 34.5, carretera Veracruz-Córdoba. C.P. 91700. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

⁵⁷¹ Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. Km. 125.5, carretera federal México-Puebla, C.P. 72760, Puebla, Puebla, México.

⁵⁷² Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Región Orizaba-Córdoba. Amatlán de los Reyes, Córdoba, Veracruz, México. CP. 94950.

⁵⁷³ Campo Experimental Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 56250. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México.

municipios de Huatusco, Chocamán, Coscomatepec, Alpatlahuac, Calchahuaco, Zongolica, Mixtla de Altamirano, Texhuacan y Tehuipango, Veracruz, México. El potencial de distribución del cultivo de chile de cera se calculó mediante un enfoque inductivo. Se utilizaron variables bioclimáticas para predecir la ausencia ó presencia de la especie en un sitio particular. Los resultados indicaron que el potencial de ocurrencia es alto en las zonas montañosas de los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Hidalgo y el estado de México y los valores más bajos aparecieron en los estados ubicados en la parte occidental y noreste. La distribución potencial coincidió con las recolectas de poblaciones de chile de cera.

Palabras clave: *Capsicum pubescens* R & P., distribución potencial, nicho ecológico

Introducción

México, debido a su posición orográfica es considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica. La diversidad de culturas que surgieron en este territorio han domesticado especies como el maíz, calabaza, frijol, chile, etc., que se utilizan desde tiempos precolombinos como ofrendas en rituales y como remedios herbolarios en la medicina tradicional. La diversidad biológica se puede visualizar a nivel de ecosistemas, de especies o de genes, y una parte de ella son los Recursos Fitogenéticos, que comprenden a las plantas utilizadas por la humanidad y que tienen un uso real y potencial para la seguridad alimentaria (CATIE, 1979).

En el caso particular del chile (*Capsicum* spp.) incluye 27 especies silvestres y semicultivadas, de los cuales (*annuum*, *chinense*, *frutescens*, *baccatum* y *pubescens*) han sido domesticadas y usadas como especias, condimentos y vegetales (Lefebvre, 2004). Por la extensión de su cultivo y el valor económico que representa su producción, *C. annum* es la especie cultivada más importante en todo el mundo, y es en México donde se encuentra la mayor diversidad. En el ámbito nacional solo algunos tipos de chile del país son ampliamente conocidos, entre los que se pueden mencionar los chiles Jalapeño, Ancho, Guajillo, Pasilla, Serrano, Habanero, de Árbol, Piquín y Manzano (Laborde y Pozo, 1984; Pozo et al., 1991). El consumo y cultivo de chile se ha incrementado debido a que es rico en vitaminas (A, C y B6), antioxidantes, carotenos, flavonoides, anticancerígenos, antimicrobianos, pigmentos, saborizantes, aceites fijos y volátiles, carotenoides, oleoresinas y alcaloides con potencial insecticida.

De manera particular *C. pubescens* o chile Manzano como se le conoce de manera local, su cultivo se ha limitado exclusivamente a áreas templadas en algunos estados entre los que destacan Puebla, estado de México, Michoacán y Veracruz. En algunas áreas templadas de

la región centro del estado de Veracruz, crece de manera silvestre el chile Manzano; es posible encontrarlos en huertos, potreros y solares familiares. Dicha especie forma parte importante en la dieta de los pobladores, así como en platillos típicos de la región.

La estimación de la distribución del hábitat es importante para el manejo de los recursos genéticos, análisis de riqueza y control de plagas (Venette et al., 2010). La distribución del hábitat o nicho ecológico es estimada mediante métodos inductivos, deductivos y la combinación de ambos. Los métodos inductivos se basan en datos puntuales reales, colectados a través de muestras directas o por el análisis de datos obtenidos de especímenes almacenados en museos (Elith y Leathwick, 2009). Los métodos deductivos utilizan variables bioclimáticas como temperatura y precipitación para calcular dicha distribución (Franklin, 2009; Buckley et al., 2010). Dado que se desconoce la situación actual que guarda el cultivo de chile Manzano y el arraigo con la cultura mexicana, es importante conocer la presencia de poblaciones y su localización; así, el objetivo del presente estudio fue determinar el potencial de distribución de esta especie en México.

Materiales y métodos

El enfoque usado en el presente trabajo para calcular la distribución del hábitat fue inductivo. Se usaron tres variables bioclimáticas como variables predictivas, precipitación en el mes más seco (bio14), altitud (dem) y potasio (k); estas capas fueron obtenidas del World Clim database, derivada de una fuente histórica global de datos que van de 1950 a 2000 y tienen una resolución espacial de 30" o alrededor de 0.86 km² en el Ecuador (Hijmans et al., 2005). Para completar el análisis se combinaron las variables predictivas con un total de 22 puntos georreferenciados de *C. pubescens* recolectados de octubre 2016 a marzo 2017 en ocho municipios de la región centro del estado de Veracruz.

Resultados y discusión

El potencial de distribución es presentado en el mapa mostrado en la Figura 1. Se observa que las mejores condiciones de ocurrencia son altas en las zonas montañosas de los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Hidalgo y el estado de México. De manera particular en el estado de Veracruz, el modelo matemático arroja presencia de la especie en la región de los Tuxtlas, a saber: la Sierra de San Martín y la Sierra de Santa Martha, dos áreas hasta el momento desconocidas.

En contraste la probabilidad más baja se observa en los estados costeros desde Baja California Norte hasta el Sur de Chiapas y toda la Península de Yucatán. Hacia la costa del Golfo los estados de Campeche, Tabasco y Tamaulipas; y los estados que comprenden la parte Noreste de México. Las áreas que presentaron predicciones del 50% fueron Guanajuato, la parte sureste de Durango y Chihuahua (Figura 1). La variable que ayudo a delimitar de manera exacta el nicho ecológico de la especie fue la altitud y que está estrechamente relacionada con los aspectos fisiológicos de la planta; mientras que la variable bio14 que es una combinación de temperatura y precipitación, también fue importante para determinar la distribución de la especie. Perez y Castro (2008), reportan que el cultivo de chile manzano se limita a zonas altas y frías del país, en altitudes de 1700 a 2400 m, con una temperatura promedio de 18 a 22°C durante el día y de 10 a 12°C durante la noche, humedad relativa de 70 a 80% y una radiación promedio de 550 μ mol de fotones m⁻² s⁻¹; sin embargo, el presente modelo logró identificar áreas con altitudes más bajas de hasta 800 m, lo cual puede representar áreas con potencial del cultivo, proveyendo así una validación parcial del modelo.

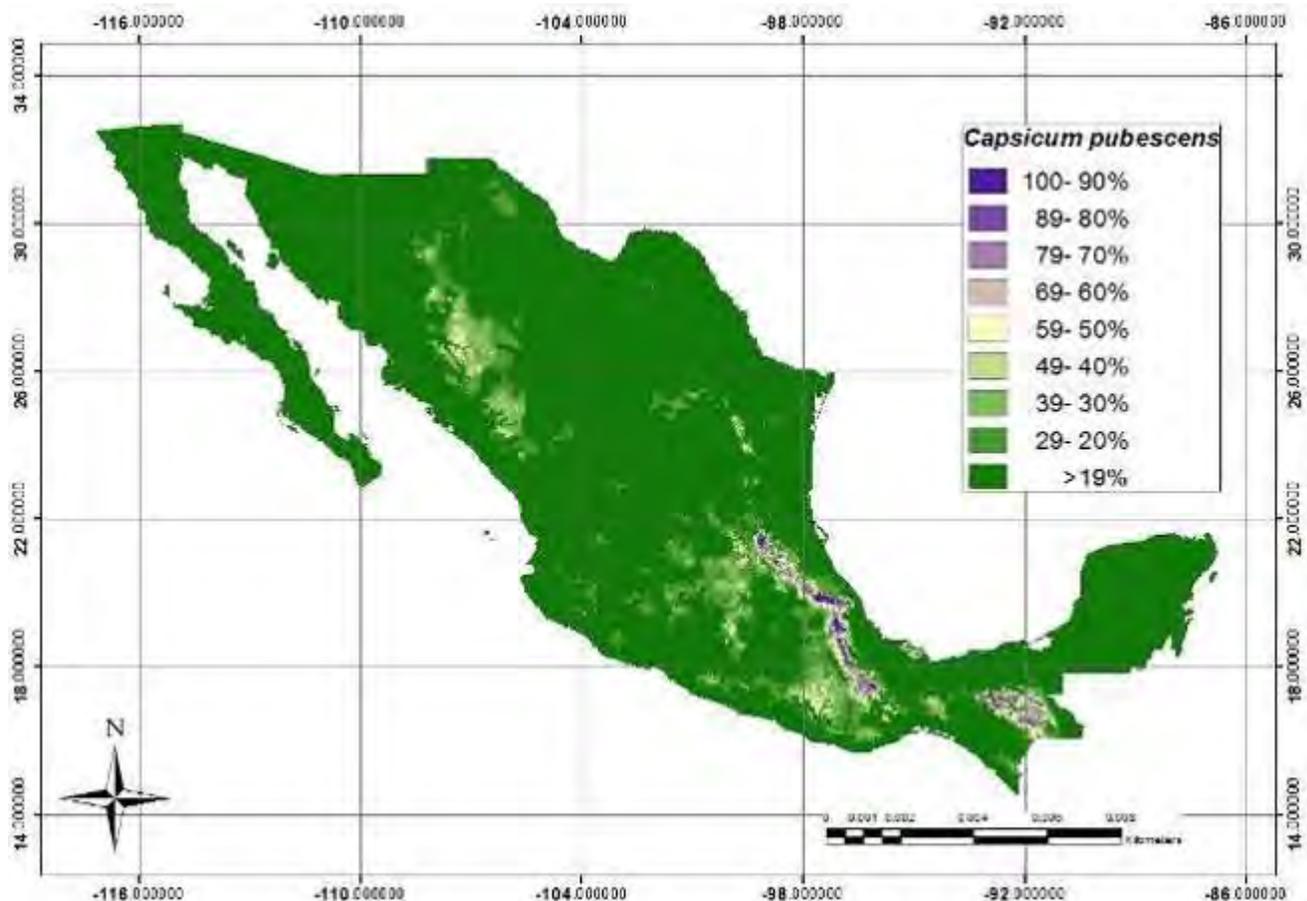


Figura 1. Distribución potencial de *C. pubescens* en México.

Otros factores que pueden afectar la distribución de la especie son las condiciones edáficas de la zona; para tal caso, *C. pubescens* requiere que el suelo tenga una textura franco-arenosa, profundos, pH de 5.5 a 6.5 (Pérez G. y Castro, 2010) y cantidades de nutrientes de 3.8, 0.38, 2.45, 2.35 y 0.79 kg de N, P, K, Ca y Mg (Gasga, 2007) para producir una tonelada de fruto fresco. Es importante recalcar que la extracción de altas cantidades de K es debido, en gran parte, a la formación y el crecimiento de frutos, los cuales llegan a constituir el principal órgano de demanda, con valores de 70 a 80 % de la cantidad total extraída por la planta (Bugarín et al., 2002), característico en las especies del género *Capsicum* (Noh et al 2010; Gazga, 2007; Salazar y Juárez, 2013). La validación de este modelo requiere de la comparación de las áreas predichas con la mayor cantidad de muestras individuales. Así, serán necesarios más estudios para validar o estimar mejor el hábitat de distribución de la especie.

Conclusiones

1. Los resultados indicaron que el potencial de ocurrencia es alto en las zonas montañosas de los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Hidalgo y el estado de México y los valores más bajos aparecieron en los estados ubicados en la parte occidental y noreste. Al sur del estado de Veracruz: Sierra de San Martín y la Sierra de Santa Martha en la región de los Tuxtlas, el modelo arrojó valores de hasta 70% de probabilidad, áreas en las cuales se desconoce reportes de la especie.
2. El modelo utilizado resulta efectivo para interpolar puntos de ocurrencia; no obstante, es poco efectivo para predecir áreas no observadas.

Literatura citada

L. B., Davies, T. J., Ackerly, D. D., Kraft, N. J., Harrison, S. P., Anacker, B. L. & McCain, C. M. 2010. Phylogeny, niche conservatism and the latitudinal diversity gradient in mammals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/early/2010/03/18/rspb.2010.0179.abstract>. [consultado el 1 de julio de 2017]

Bugarin, M. R., A. Galvis S., P. Sánchez G., D. García P. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20:391-399.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1979. Los recursos genéticos de las plantas cultivadas en América Central. CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica, 29 p.

Elith, J. & Leathwick, J. R. 2009. The contribution of species distribution modelling to conservation prioritization. *Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods & Computational Tools*. p. 70-93. A. Moilanen, K.A. Wilson & H.P. Possingham (eds). Oxford University Press.

Franklin, J. 2009. Mapping species distribution: Spatial interference and Prediction. Cambridge Univ. Press. London, U.K. p. 320.

Gasga P. R. 2007. Extracción de N, P, K, Ca y Mg en chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P). p. 206. In: XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Zacatecas, Zac. México.

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatolog* 25(15):1965-1978.

Laborde C., J. A. y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (SARH-INIA). Publicación Especial No. 85. México. 80 p.

Lefebvre, V. 2004. Molecular markers for genetics and breeding: development and use in pepper (*Capsicum* spp.). p 189-214. In: *Molecular marker systems in plant breeding and crop improvement*. Springer Berlin Heidelberg.

Noh, M. J., L. Borges G. & M. Soria F. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12(2):219-228

Pérez G, M. y R. Castro B. 2008. El Chile Manzano. Editorial de la Universidad Autónoma Chapingo. 128 p.

Pérez, G. M, R. Castro, B. 2010. El chile manzano. Primera reimpresión. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 128 p.

Pozo C. O., S. Montes H. y E. Redondo J. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). p: 217-238. In: R. Ortega P., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds.). *Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en México*. SOMEFI, Chapingo, Méx.

Salazar, J. F. I. & P. Juárez L. 2013. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias*, 2(2):27-34.

Venette, R. C., Kriticos, D. J., Magarey, R. D., Koch, F. H., Baker, R. H., Worner, S. P. & De Barro, P. J. 2010. Pest riskmaps for invasivealienspecies: a roadmap for improvement. *BioScience* 60(5):349-362.

EVALUACIÓN DEL REACTIVO FENTON EN LIXIVIADOS DEL RELLENO CONTROLADO DEL PUERTO DE VERACRUZ

Miguel Ángel López Ramírez^{574*}, Olaya Pirene Castellanos Onorio⁵⁷⁵ y Fabiola Lango Reynoso⁵⁷⁴

Resumen

Uno de los grandes problemas hoy en día de las ciudades en general es la generación de residuos sólidos urbanos los cuales son todos aquellos residuos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, estos residuos son destinados a los rellenos sanitarios para su disposición final, los cuales dentro del sitio generan lixiviados a partir de la filtración/lixiviación del agua a través de estos, estos líquidos resultan ser un contaminante importante al cual se le da un tratamiento para su control y posteriormente eliminación. Actualmente los lixiviados producidos en el Relleno Controlado de Veracruz Puerto (RCV) no cuentan con un sistema de tratamiento de lixiviados, estos se encuentran esparcidos a lo largo del relleno y son considerados como altamente tóxicos, con características variables donde un tratamiento

⁵⁷⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. Autor de correspondencia: miguel_angellr1993@outlook.com

⁵⁷⁵ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz.

común es poco efectivo. El presente trabajo describe la viabilidad del uso del reactivo Fenton como un tratamiento de remoción fisicoquímico de materia orgánica presente en lixiviados provenientes del RCV. Durante el proceso de oxidación avanzada, la carga contaminante se trata con una combinación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y sulfato ferroso ($FeSO_4$) conocido como reactivo Fenton, típicamente a presión atmosférica y temperatura entre 20° y $40^\circ C$ a condiciones de pH ácidas ya que el reactivo tiene mayor eficiencia bajo esas condiciones. Los resultados obtenidos durante diferentes épocas climáticas demostraron la reducción máxima del 35% en épocas de norte, 86% en épocas de estiaje y 54% en épocas de lluvia de materia orgánica expresada como DQO.

Palabras clave: lixiviado, tecnología-fenton, oxidación avanzada, relleno controlado.

Introducción

En México en el año 2013 se generaron aproximadamente 86, 343 Tn de residuos sólidos urbanos (RSU) de los cuales 7 estados son los que más contribuyen a esta producción, siendo uno de ellos Veracruz con una producción del 5.2% del total diario nacional. Un año posterior, la producción diaria nacional de RSU registró un aumento del 19%, llegando a cifra de hasta 102, 887 Tn; de esta producción el estado de Veracruz representa el 6% de la contribución total en la producción per cápita equivalente a 0.76 kg/día (INEGI, 2014). En la actualidad, el crecimiento demográfico de la ciudad y puerto de Veracruz ha propiciado una mayor contribución en la generación de RSU, de los cuales 700 Tn proveniente de los habitantes del municipio y 300 Tn por parte de empresas; mismos que son transportados directamente al RC y dichos residuos no reciben ningún tipo de tratamiento para su descarga y disposición final. Los lixiviados generados por estas descargas son definidos por la NOM-083-SEMARNAT-2003 como un líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos. Los lixiviados son una fuente contaminación difícil de tratar debido a su composición tóxica y altamente variable, los cuales necesitan de tecnologías de oxidación avanzadas para lograr la reducción de la cantidad de materia orgánica existente para posteriormente tratarla de forma tradicional.

Como se menciona anteriormente, las diferencias entre algunos lixiviados se originan principalmente en los altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable (MOFBD), que se tiene en los residuos sólidos. La MOFBD tiene un contenido de humedad

alto, y como su nombre lo indica se degrada rápidamente en el relleno controlado, produciendo a su vez altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y de amoníaco, producto de la fermentación inicial. A su vez, estos ácidos se diluyen fácilmente en el lixiviado disminuyendo el pH y contribuyendo a la solubilidad de los metales presentes en los residuos dispuestos en el relleno. Como consecuencia los lixiviados de las áreas de los rellenos controlados que han sido recientemente rellenos producen un lixiviado altamente contaminante, denominado lixiviado joven. A partir de ese momento, las concentraciones de las sustancias en el lixiviado de una cochada de basura en el relleno controlado disminuyen continuamente en el tiempo, esto ocurre como regla general, más, sin embargo, en algunos casos como metales que presentan reacciones de óxido-reducción, puede ocurrir que la concentración al inicio del proceso de lixiviación no sea la mayor. Sin embargo, teniendo en cuenta que un relleno controlado se opera por lustros o décadas, siempre va a haber una parte del relleno que aporta lixiviado joven, la que se está relleno en ese momento, mientras que otras partes del relleno tienen lixiviado maduro, las que tienen unos años, y otras lixiviado viejo, las que tienen más de cinco años. (Giraldo, 1997). En el Cuadro 1 se resumen las principales características de los lixiviados jóvenes y viejos en un relleno controlado.

Cuadro 1. Características del lixiviado joven y viejo.

Características	Unidades	Lixiviado Joven	Lixiviado Viejo
DBO ₅	mg L ⁻¹	2, 000 – 3, 000	100 – 200
DQO	mg L ⁻¹	3, 000 – 60, 000	100 – 500
Nitratos	mg L ⁻¹	5 – 40	5 – 10
SST	mg L ⁻¹	200 – 2, 000	100 – 400
Nitrógeno Amoniacal	mg L ⁻¹	10 – 800	20 – 40
Nitrógeno Orgánico Total	mg L ⁻¹	10 – 800	80 – 120
pH	-	4.5 – 7.5	6.6 – 7.5
Fósforo Total	mg L ⁻¹	5 – 100	5 – 10

Por las características del Cuadro 1 el tipo de problema del tratamiento que se enfrenta con un lixiviado joven y uno viejo es muy diferente. Para empezar, las concentraciones de todos los parámetros son mucho mayores en un lixiviado joven que en un lixiviado viejo. Por ejemplo, la relación DBO/DQO para un lixiviado joven es alta, indicando una buena biodegradabilidad, mientras que para un lixiviado viejo es baja indicando una pobre biodegradabilidad de la materia orgánica. Las concentraciones de sales disueltas, y metales

pesados son mucho mayores en un lixiviado joven, generando problemas de toxicidad en el caso de que se quieran utilizar procesos biológicos para la remoción de la DBO.

A lo largo de los años, para la reducción de contaminantes se han generado distintos tratamientos de lixiviados. Uno de estos métodos es el “químico”, que típicamente involucra reacciones de oxidación-reducción (redox), donde se transforman químicamente compuestos tóxicos o peligrosos en compuestos menos tóxicos, que son más estables o inertes. Los agentes oxidantes más usados para tratar contaminantes peligrosos en el suelo son el ozono, peróxido de hidrógeno, hipocloritos, cloro, dióxido de cloro y el reactivo de Fenton. Éste último es un proceso de oxidación que ha probado ser eficiente y que consiste en tratar la carga contaminante con una combinación de peróxido de hidrogeno H_2O_2 y sulfato ferroso $FeSO_4$ en condiciones ácidas, sin embargo, no se conoce el impacto del pH sobre la DQO (EPA, 2001; Van Deuren et al., 1997). El agente responsable de la oxidación en el proceso Fenton es el radical hidroxilo ($\bullet OH$), liberado durante la siguiente reacción $Fe^{2+} + H_2O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + H_2O + \bullet OH$; éste radical libre es en extremo reactivo y se forma por la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno en un medio ácido (Kitis et al., 1999; Yoo et al., 2001; Lu et al., 2001, Novelo et al., 2010). El reactivo a pesar de ser un reactivo altamente oxidante difícilmente degrada ciertos compuestos como: la acetona, ácido acético, ácido oxálico, parafinas, y compuestos halogenados, por otro lado, la actividad del hierro en la reacción tiene un efecto como “agente-coagulante”, el cual es amigable con el ambiente y no forma compuestos clorados. (Yoo et al., 2001; Novelo, 2010). La eficiencia de la remoción de los distintos tratamientos con el reactivo Fenton sobre los lixiviados de diferentes rellenos sanitarios en el mundo se han evaluado bajo diferentes condiciones en relación con su proporción $[Fe^{2+}]/[H_2O_2]$, los cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados obtenidos en el tratamiento de lixiviados con reactivo Fenton.

Año	Autores	Metodología	Porcentaje de remoción en DQO
2001	Lau et al. (Hong Kong)	pH= 6; $H_2O_2/Fe^{+2} = 0.66$ Tiempo: 30 minutos	38%
2004	López et al. (Italia)	pH = 3; $H_2O_2/Fe^{+2} = 1.20$ Tiempo: 2 horas	60%
2005	Zhang et al. (Delaware)	pH = 2.5; $H_2O_2/Fe^{+2} = 0.92$ Tiempo: 30 minutos	61%
2006	Calli et al. (Estambul)	pH = 3.5-4; $H_2O_2/Fe^{+2} = 2.0$ Tiempo: 5 minutos	85%
2006	Trujillo et al. (España)	pH = 3; $H_2O_2/Fe^{+2} = 10.0$ Tiempo: 1 hora	75%
2006	Deng, Yang (Miami)	pH = 2.5; $H_2O_2/Fe^{+2} = 3.0$ Tiempo: 2 hora	

2010

Novelo et al.
(México)

pH= 4; $H_2O_2/Fe^{+2}=0.60$
Tiempo: 20 minutos

78%
COT del 87%.

*COT= Carga Orgánica Total.

En el presente trabajo se aplicó el método Fenton como una alternativa o complemento a los tratamientos biológicos convencionales de lixiviados del vertedero del relleno controlado de la ciudad de Veracruz para la eliminación de la materia orgánica o su transformación en compuestos más biodegradables.

Materiales y métodos

Se caracterizó el área en estudio de conforme a la normativa NOM-021-RECNAT-2000, la cual establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Se recolectaron tres muestras de 1 Kg de suelo cada una ubicado en el RCV éstas fueron analizadas inmediatamente después de su toma, en caso contrario se conservaron en refrigeración a 4°C, por 24 h; se les analizaron varios parámetros incluyendo: conductividad, pH y % humedad y tamaño de partícula.

100 g de la muestra fueron saturadas con agua destilada para posteriormente cuantificar su conductividad usando un equipo multiparamétrico HANNA HI 2550-02: pH/ORP/Conductividad/TDS/ NaCl y temperatura.

Para cuantificar el pH se pesaron 10 g del suelo, al cual se adicionó 20 mL de cloruro de sodio (0.01 M) y se agitó adicionando agua en intervalos de 5 minutos hasta alcanzar un tiempo máximo de 30 minutos; transcurrido este, se dejó reposar 15 minutos y posteriormente se midió el pH con un equipo previamente calibrado (HANNA HI 2550-02: pH/ORP/Conductividad/TDS/ NaCl y temperatura).

100 g de suelo fueron secados a 105°C por un intervalo de 4 h y posteriormente se realizaron los cálculos de la humedad por diferencia de pérdida de peso de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000.

Se hicieron pasar 100 g de suelo previamente secado y se hizo pasar por matices de distintos tamaños para determinar el tamaño de partícula.

Las muestras de lixiviado se extrajeron de la laguna del relleno controlado de la Ciudad de Veracruz, éstas se deben analizar inmediatamente después de su toma, en caso contrario debe conservarse en refrigeración a 4°C, además de la adición de ácido sulfúrico hasta pH < 2. El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 28 días. Además, se les analizaron varios parámetros previamente, incluyendo: DQO, conductividad, pH de acuerdo con la NOM-AA-030/2-SCFI-2011. Los lixiviados se preservaron de acuerdo con los

procedimientos establecidos por los Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (2001). Los procedimientos seguidos fueron los de las Normas Mexicanas (NMX) y EPA, correspondientes a los diferentes parámetros. Se colocó en los tubos de reacción 1,5 mL de la disolución de digestión A; se adicionó cuidadosamente 2,5 mL de muestra previamente homogeneizada dentro de los tubos de reacción; se cerró inmediatamente para evitar que se escaparan los vapores, asegurarse de que están herméticamente cerrados. Suavemente se invirtieron los tubos varias veces destapando después de cada inversión para liberar la presión y se añadió cuidadosamente 3,5 mL de la disolución de digestión, se añadió cuidadosamente 3,5 mL del reactivo Fenton y se colocaron 2,5 mL de agua en un tubo para la determinación del blanco de reactivos. Los tubos fueron colocados en el digestor previamente calentado a 150°C y se dejó reflujar por 2 h; transcurrido el tiempo, se retiraron los tubos del digestor y dejaron enfriar a temperatura ambiente, permitiendo que cualquier precipitado se sedimente. Finalmente, se midió la absorbancia en el espectrofotómetro a 435 nm, previamente calibrado (UV/VIS VELAB SERIE VE-5600UV).

Resultados y discusión

El Relleno Controlado de Veracruz se encuentra ubicado en la avenida Rafael Cuervo s/n ubicado en las coordenadas latitud 19.2214°, longitud -96.2263°, obtuvo los siguientes resultados de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. En la Figura 1 se muestran los resultados correspondientes al análisis que lo clasifica tipo arenoso por el tamaño de partículas mayores a 0.125 mm y menores de 1.0 mm, es medianamente alcalino con un pH promedio de 7.40, con una alcalinidad promedio de 1.40 dS/m lo que le da una característica de muy ligeramente salino con un índice de humedad del 5.90% durante todo el año.

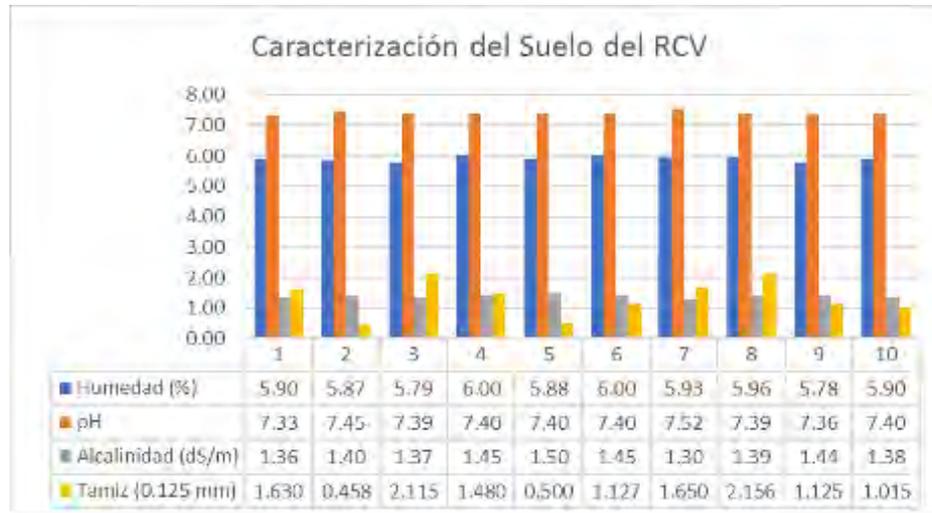


Figura 1. Resultados de la caracterización del suelo del Relleno Controlado de Veracruz.

Debe resaltarse que la composición química de los lixiviados varía ampliamente según la antigüedad del relleno y la historia previa al momento del muestreo. Por ejemplo, si se recoge una muestra de los lixiviados durante la fase ácida de la descomposición, el pH será bajo y las concentraciones, de DBO₅, COT, DQO, nutrientes y metales pesados serán altos. Por otro lado, si se recoge una muestra de los lixiviados durante la fase de fermentación del metano, el pH estará dentro del rango de 6.5 a 7.5 y los valores de concentración de DBO₅, COT, DQO y de los nutrientes significativamente más bajos. Similarmente, serán más bajas las concentraciones de metales pesados, porque la mayoría de los metales son menos solubles para valores de pH neutros. El pH del lixiviado dependerá no solamente de la concentración de los ácidos que están presentes, sino también de la presión parcial del CO₂ en el gas del relleno que está en contacto con el lixiviado. Es por ello, que Méndez et al., 2010, menciona que los lixiviados son una fuente de contaminación difícil de tratar debido a su composición tóxica y altamente variable. De acuerdo con los resultados que se obtuvieron y que se muestran en la Cuadro 3; la caracterización de acuerdo con los parámetros normativos vigentes nos demuestra que el relleno controlado de la ciudad de Veracruz es considerado por su pH básico, sus valores bajos de SST, DBO, DQO, N-Orgánico, fósforo, nitratos y nitrógeno amoniacal; como un relleno controlado “VIEJO”.

Cuadro 3. Caracterización de los contaminantes del RCV.

Características	Método	Unidades	Lixiviado RCV
DBO ₅	NMX-AA-028-SCFI-2001	mg L ⁻¹	27.778
DQO	NMX-AA-030/2-SCFI-2011	mg L ⁻¹	223.103
Nitratos	EPA 353.2 1993	mg L ⁻¹	0.221
SST	NMX-AA-034-SCFI-2001	mg L ⁻¹	255.55

Nitrógeno Amoniacal	EPA 350.1 1993	mg L ⁻¹	1.134
Nitrógeno Orgánico Total	Cálculo	mg L ⁻¹	1.150
pH	NMX-AA-008-SCFI-2011	-	8.22
Fósforo Total	EPA 365.1 1993	mg L ⁻¹	0.320

La aplicación del proceso Fenton, combinación de Fe⁺² y H₂O₂, consiguió aumentar la remoción de materia orgánica hasta un 85% promedio en épocas de “estiaje”, trabajando a un pH de 3.7 y con una concentración de 30% m/v del reactivo Fenton con un tiempo de acción de 20 minutos (Figura 2); estos resultados son comparables a los obtenidos por Calli et al., en el 2005; los cuales tuvieron una eficiencia de remoción del 85% en lixiviados con un pH entre 3.5-4 a una concentración de 50% m/v en un tiempo de 5 minutos.



Figura 2. Resultados del tratamiento del lixiviado con reactivo Fenton en época de estiaje.

En la época de “lluvias” la remoción de la materia orgánica fue la menos eficiente (35%) ver Figura 3, este fenómeno puede ser explicado por la existencia de una serie de compuestos orgánicos en el lixiviado que se muestran refractarios al tratamiento Fenton (Bigda, 1995; Gogate y Pandit, 2004; Trujillo et al., 2006).



Figura 3. Resultados del tratamiento del lixiviado con reactivo Fenton en época de lluvia.

Para la época de “nortes”, la remoción de la materia orgánica fue menor que la época de secas con un máximo de remoción de hasta un 53% (ver Figura 4), esto debido a la posible existencia en el lixiviado de varios tipos de ligandos orgánicos e inorgánicos, que pudiesen formar una amplia variedad de compuestos complejos del Fe^{+3} y “secuestrar” al hierro disponible en la disolución. El Fe^{+2} se consumió rápidamente mientras que se regeneró lentamente durante la reacción. Kavitha y Palanivelu et al. (2004); Ramírez et al. (2005); Papadopoulos et al. (2007), aseguraron que el hierro se acumula en forma de Fe^{+3} en el sistema controlado y cuando los iones Fe^{+2} se consumieron, la reacción prácticamente se detiene.



Figura 4. Resultados del tratamiento del lixiviado con reactivo Fenton en época de lluvia.

Conclusiones

1. Como perspectiva de este trabajo, el uso del reactivo Fenton puede reducir la remoción de materia orgánica como un tratamiento de lixiviados, mismo que puede ser mejorado modificando la técnica incidiéndole luz U.V. la cual ayuda en la oxidación.
2. Además, el reactivo se puede ocupar para el tratamiento de distintos tipos de aguas residuales que contengan M.O.

Literatura citada

Bigda R.J. 1995. Consider Fenton's chemistry for wastewater treatment. Chemical Engineering Progress 91:62-66.

Calli, B., Mertoglu, B. y Inanc, B. 2005. Landfill leachate management in Istanbul: applications and alternatives. Chemosphere 59:819-829.

Giraldo E. 1997. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos Universidad de los Andes 44-55.

Hermosilla D., Cortijo M., y Huang C. H. 2009. Optimizing the treatment of landfill leachate by conventional Fenton and photo-Fenton processes. *Science of the Total Environment* (407):3473-3481.

Kavitha V. y Palanivelu K. 2004. The role of ferrous ion in Fenton and photo-Fenton processes for the degradation of phenol. *Chemosphere* 55:1235-1243.

Lau, I. W. C., Wang, P., Fang, H. H. P. 2001. Organic removal of anaerobically treated leachate by fenton coagulation. *Journal of Environmental Engineering* 127(7):666-669.

López, A., Pagano, M., Volpe, A. y Di Pinto A. 2003. "Fenton's pré-treatment of mature landfill leachate", *Chemosphere* 54:1005-1010.

Lu, M-C., Lin, C-J., Liao, C-H., Ting, W-P., Huang, R.-Y. 2001. Influence of pH on the dewatering of activated sludge by Fenton's reagent, *Wat. Sci. Techno.* 44(10):327-332.

Méndez N. R. I. 2009. Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 3(25):133-145.

Méndez, N. R. I., García Reyes, R. B., Castillo Borges, E. R., & Sauri. 2010. Tratamiento de lixiviados por oxidación fenton. *Ingeniería e investigación* 80-85.

Papadopoulos A.E., Fatta D., Loizidou M. 2007. Development and optimization of dark Fenton oxidation for the treatment of textile wastewaters with high organic load. *Journal of Hazardous Materials* 146:558-563.

SEMARNAT. 2004. NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y RME. Distrito federal, México.

Trujillo, D., Font, X., Sánchez, A., 2006. Use of Fenton reaction for the treatment of leachate from composting of different wastes. *Journal of Hazardous Materials* B138:201-204.

Yoo, H-Ch., Cho, S. H., Ko, S-O. 2001. Modification of coagulation and Fenton oxidation processes for cost-effective leachate treatment. *Journal of Environmental Science and Health* 36(1):39-48.

Van Deuren, J., Z Wang y J: Ledbetter. 1997. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide. 3^a ed. Technology Innovation Office. EPA. <http://www.epa.gov/tio/remed.htm>

Zhang, H., Choi, H. J., Huang, Ch-P. 2005. Optimization of Fenton process for the treatment of landfill leachate. Journal of Hazardous Materials (B125):166-174.

EDUCACIÓN AMBIENTAL. LOS HUMEDALES Y SU IMPORTANCIA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA DE CASITAS, VERACRUZ

Francisco X. Domínguez Callejas^{576*}, José Luis Marín-Muñiz⁵⁷⁷ y María E. Hernández Alarcón⁵⁷⁸

Resumen

⁵⁷⁶ Facultad de Pedagogía. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. *Autor de correspondencia: francisco_callejas21@outlook.es

⁵⁷⁷ Academia Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Xalapa, Veracruz.

⁵⁷⁸ Manejo de Recursos Biotecnológicos. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz.

Este estudio indaga los conocimientos que tienen los alumnos de Secundaria sobre los humedales que se encuentran dentro de la localidad de Casitas, Tlacolutla, Veracruz. Como primer punto se realizó un examen a manera de evaluación diagnóstica el cual tenía como objetivo dar a conocer cuáles eran los conocimientos de los alumnos acerca del tema para de ahí poder partir con las estrategias educativas establecidas. Se encontró que los alumnos a los cuales se les aplicaron las actividades no contaban con los conocimientos esperados, por lo que se pusieron en marcha las planeaciones establecidas que constaban de competencias entre los alumnos, juegos, exposiciones e imitaciones; las cuales se repartieron durante los tres días que conllevó la aplicación del curso. Para conocer cuales habían sido los aprendizajes al final se aplicó otra evaluación a manera de comparación dentro de la cual se encontró un gran aprovechamiento por parte de los alumnos, ya que la mayoría de los resultados fueron satisfactorios.

Palabras clave: humedales, educación ambiental, contaminación, estrategias educativas y servicios ambientales

Introducción

El crecimiento poblacional y el uso excesivo de los recursos naturales han propiciado a través del tiempo contaminación y pérdida de ecosistemas, como los humedales. Los humedales son sitios que se caracterizan porque comparten tanto características terrestres como acuáticas, cuyos componentes principales son el agua, suelo y vegetación (Mitsch y Gosselink, 2015), el valor de dichos ecosistemas radica en los múltiples servicios ambientales que proveen, como ser barreras contra tormentas y huracanes, son filtros naturales de agua y mitigan el calentamiento global, entre otros (Manson y Moreno-Casasola, 2007; Marín-Muñoz y Hernández, 2013). En México más de la mitad de los estados que actualmente tienen humedales, han perdido al menos el 50% de éstos. Lo anterior derivado entre varias cosas, por la falta de concientización y aplicación de normatividad que permita mitigar la pérdida de tales ecosistemas.

En ese sentido, el uso de la educación ambiental ha sido una estrategia establecida para fomentar cambios radicales en los ambientes sociales, políticos y económicos, y que busca preparar a todas las personas para planificar, enfrentar y resolver las amenazas que impiden la sustentabilidad en el planeta (UNESCO, 2005). Sin embargo, en los últimos 30 años se ha observado que la Educación Ambiental ha enfrentado muchos obstáculos que han impedido la transformación deseada y tal proceso se ha dado de forma muy parsimoniosa, Dieleman y Juárez-Nájera (2008) expusieron que muchos de los programas educativos para la

sustentabilidad han fallado por suponer paradigmas que no involucran a la población objetivo, desconocen los problemas comunitarios y no incluyen el conocimiento de las capacidades humanas, emociones, sueños, ideas, pasado, presente y visión futura. Considerando lo anterior, y retornando a la problemática de pérdida de humedales, resulta vital que antes de generar y aplicar una estrategia de educación ambiental, primero se conozca la forma en que los usuarios utilizan tales recursos, su percepción y su modo de vida, además de su conocimiento empírico.

Un caso específico, es la zona de humedales costeros de Casitas, Tecolutla, Veracruz, área con amplia diversidad de humedales y en donde el área de dichos ecosistemas ha disminuido hasta en un 6% tan solo de 1995 al 2006. Por lo anterior, un proyecto sobre balance de carbono en humedales costeros de agua dulce: implicaciones ecológicas y sociales (Marín-Muñiz, 2012) incluyó como parte social, evaluar las percepciones sobre la pérdida de humedales en la región, principalmente en Monte Gordo, Tecolutla, Veracruz, comunidad contigua a Casitas. En tal estudio, Marín-Muñiz et al. (2016), reportaron que los habitantes de la comunidad perciben la pérdida de los humedales en la zona, y a la vez están preocupados de ello, debido a que conocen la importancia de la presencia de los humedales en la región, esto argumentado sólo por las respuestas de los adultos, mientras que en el caso de los jóvenes, éstos no percibieron el valor ambiental de la presencia de los ecosistemas y menos la inquietud de conservación, al desconocer la importancia de tales sitios. Considerando que los jóvenes son el valor clave para impulsar la conservación y cuidado de los humedales tanto del presente como del futuro, concluyeron la pertinencia de generar una estrategia de educación ambiental para ellos, fomentada desde el aula. Por lo anterior, en este estudio se propuso como objetivo principal, aplicar y evaluar educación ambiental sobre los humedales y su importancia, a estudiantes de nivel media superior de la región.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la comunidad rural Casitas, municipio Tecolutla, Veracruz. Se ubica en la planicie costera del estado de Veracruz en latitud 20.25° y longitud -96.7833°. Al norte de la comunidad se encuentra Monte Gordo, al sur colinda con Nautla, la parte este corresponde al Golfo de México y la oeste a zona de esteros y humedales. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con temperaturas de 24 a 26°C. La localidad cuenta con niveles educativos a nivel preescolar, primaria, y secundaria. De acuerdo al censo INEGI (2010), Monte Gordo, es una población de 2221 habitantes.

Se escogió aplicar la estrategia de educación ambiental en Casitas debido a que es allí donde estudian la mayor parte de los jóvenes estudiantes tanto de Casitas como de Monte Gordo, este último, lugar donde se realizó la etapa uno del proyecto de percepción ambiental. Para evaluar la efectividad a corto plazo de la estrategia de educación ambiental, se aplicó una misma encuesta tanto al inicio como al final de la aplicación de la estrategia de educación ambiental. La estrategia educativa fue dividida en tres secciones, a) datos personales, b) preguntas abiertas sobre el conocimiento sobre los humedales, importancia y servicios ambientales que estos proveen y la contaminación y sus consecuencias, c) elaboración de un dibujo sobre los humedales que involucre a su flora y fauna. Después de la aplicación de la encuesta el día 1, se realizaron actividades didácticas (aprender-jugando; Dieleman y Juárez-Nájera, 2008), durante tres días, dichas actividades fueron de un tiempo de aproximadamente 3 horas en clase, más actividades de tarea para el hogar. Tales actividades incluyeron: conocer con mímica a los habitantes (flora y fauna) del humedal, exposiciones sobre la importancia y tipo de humedales de parte del educador ambiental y de los mismos alumnos, realización de maquetas sobre humedales, elaboración de esquemas y dibujos sobre los humedales y la contaminación y juegos de competencia sobre el conocimiento adquirido. Después de los tres días de actividades, se aplicó nuevamente la encuesta. Tal encuesta fue calificada como examen con valor del 1 al 10 de calificación y esta fue comparada con respecto a la calificación inicial (antes de aplicar la estrategia de educación ambiental).

Resultados y discusión

Este apartado tiene como propósito mostrar los resultados de la aplicación de las evaluaciones realizadas a los alumnos; así como también conocer de qué manera impactaron las estrategias de Enseñanza-Aprendizaje con el método aprender-jugando.

Las estrategias se aplicaron a 28 estudiantes, 17 hombres y 11 mujeres con un de edad entre los 14 y 15 años (Figura 1).

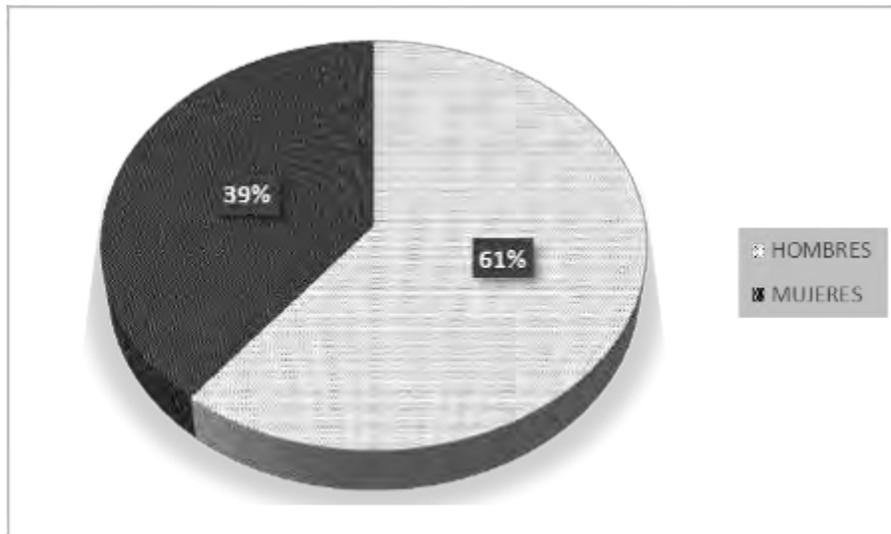


Figura 1. Distribución de la población de los estudiantes encuestados por sexo.

En la encuesta se quiso conocer el conocimiento de los estudiantes sobre los humedales, así como sus beneficios y servicios que estos proporcionan. Los resultados más significativos se muestran en la Figura 2, El conocimiento de los alumnos sobre ¿Qué son los humedales? fue variada antes de recibir la Educación Ambiental, ya que algunas de las respuestas fueron relacionadas en casi el 80 % con otras frases como: cambio climático, lagos, ríos y pantanos, vida ecológica, contaminantes y zona húmeda integrada por agua, plantas y suelo; mientras que las respuestas se unificaron en casi un 100% después de la Educación Ambiental considerando los humedales como zonas que están compuestas por agua, plantas y suelo, los cuales son los componentes básicos del ecosistema.

La explicación del gráfico que se muestra en categorías que serán explicadas a continuación:

- Categoría 1. Zonas compuestas por agua, suelo y plantas
- Categoría 2. Cambio climático
- Categoría 3. Cuidados para su conservación
- Categoría 4. Lagos, pantanos y ríos
- Categoría 5. Vida ecológica
- Categoría 6. Contaminantes
- Categoría 7. Preguntas sin respuesta

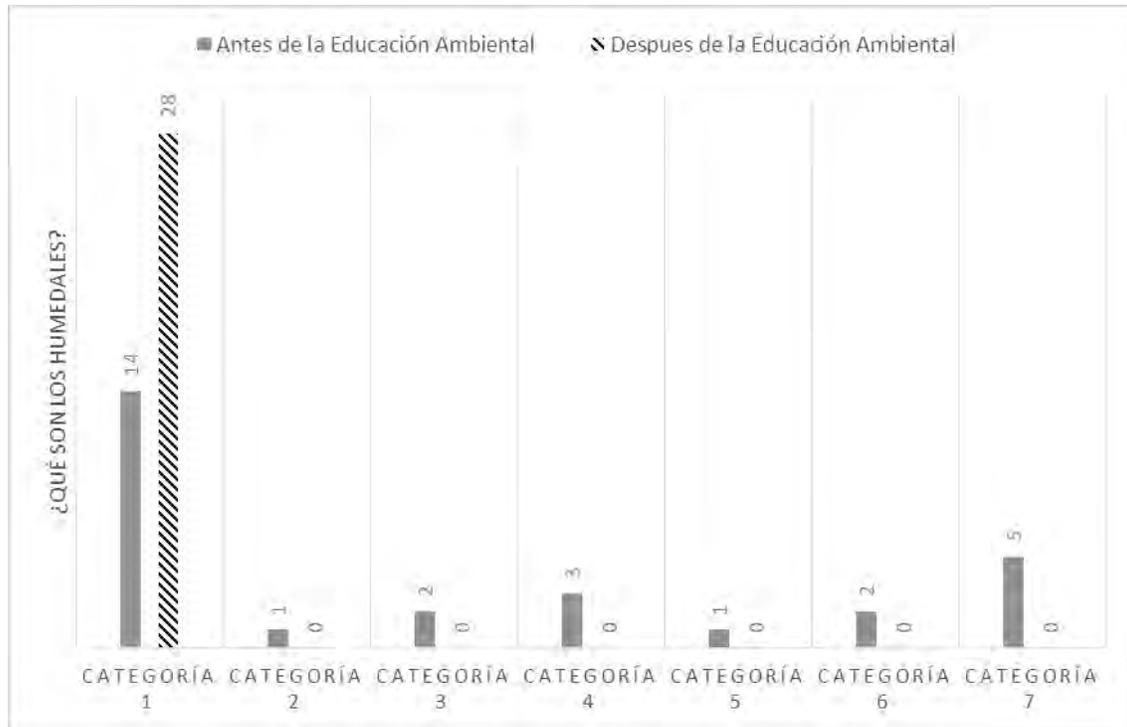


Figura 2. Respuesta a la definición de humedales antes y después de aplicar la estrategia educativa.

Cuando se indagó ¿Qué es la contaminación? (Figura 3) Las respuestas obtenidas en la evaluación diagnóstica que se realizó antes de recibir la Educación Ambiental fueron similares, ya que coincidían que la contaminación es el hecho de que el ser humano es el único responsable, ya que afecta al medio ambiente con las diferentes actividades cotidianas realizadas, ya sea por fábricas, automóviles, tirar basura, detergentes, accesorios personales, etc. Es decir, relacionaban a la contaminación con quienes eran los causantes, mas no daban una definición como tal.

En este sentido se considera una problemática la falta de conocimiento por parte de la población joven lo cual se debe a que los padres de familia incluyen cada vez menos a los miembros de la familia en la actividad relacionada al uso de los humedales como pueden ser la pesca, reforestación, agricultura, etc., ya sea porque los hijos se van a estudiar para una mejor preparación o porque simplemente no se interesan en las actividades cotidianas dentro de su contexto local o regional.

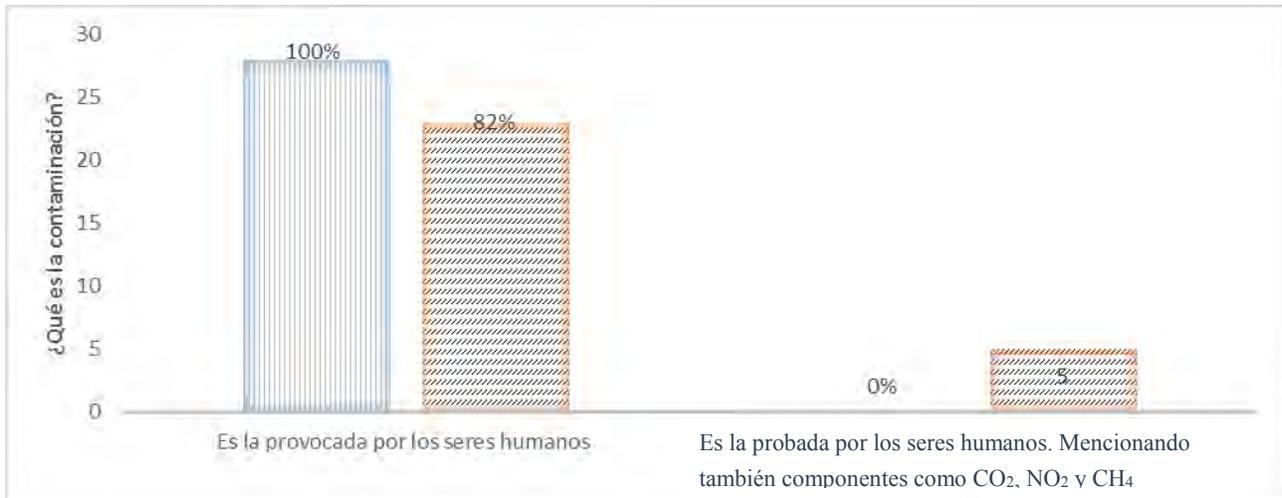


Figura 3. Respuestas a la descripción de contaminación por los estudiantes.

Al término de la Educación Ambiental se puede notar el cambio en algunas de las respuestas por parte de los alumnos, ya que aunque las respuestas seguían coincidiendo en que los seres humanos eran los responsables por los altos índices de contaminación actuales, se percibió que en la conformación de sus respuestas los alumnos mencionaban componentes como CO₂, NO₂ y CH₄, los cuales son gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, óxido nítrico y metano, respectivamente), que en altas concentraciones favorecen el calentamiento global.

En este sentido es pertinente que los alumnos conozcan las causas por las cuales se presenta la contaminación en casi todos los contextos y la forma en que tales contaminantes podrían mitigarse haciendo buen uso de los recursos y habiendo concientización de la importancia de los ecosistemas. Por lo anterior, resulta importante incluir en la currícula educativa actividades de enseñanza de acuerdo al lugar donde se encuentren los humedales o cualquier otro ecosistema del que se requiera concientizar.

Cuando se investigó la percepción de los alumnos sobre ¿Qué son los servicios ambientales? Se observó que la respuesta fue constante al apuntar hacia las acciones por parte de los seres humanos para cuidar el medio ambiente (Figura 4), ya que, de 28 alumnos, 21 coincidieron en la respuesta anterior y el resto dejó la pregunta sin responder, cabe mencionar que esta respuesta se dio antes de recibir la Educación Ambiental. Después de recibir la Educación Ambiental las respuestas fueron direccionadas a que los servicios ambientales son los beneficios que brinda la naturaleza para el beneficio de los seres humanos. También constaba de otras respuestas como acciones por parte de los humanos para cuidar el medio ambiente, fenómenos naturales que destruyen los humedales y por último almacenamiento de carbono. Este último es un ejemplo claro de los múltiples servicios ambientales de los humedales y que coadyuva en la mitigación del calentamiento global.

Siguiendo en esta línea de investigación de los servicios ambientales se consideró pertinente y atinente ejemplificar cuales pueden ser estos servicios ambientales que puede proporcionar el humedal a la naturaleza, a la flora y fauna y por supuesto a los seres humanos; por lo que, se obtuvieron los siguientes resultados.

Antes de recibir la Educación las respuestas fueron recolecta de basura y purificación del aire. Después de recibir la Educación Ambiental las respuestas obtuvieron lógica ya que, los alumnos coincidían en que los servicios ambientales son barreras contra tormentas, secuestro de carbono, refugio para los peces, disminución del calentamiento global, purificación del agua y del aire y por último alimentación tanto para la flora y fauna como para los seres humanos. Los resultados de los ejemplos de servicios ambientales en la Figura 4.

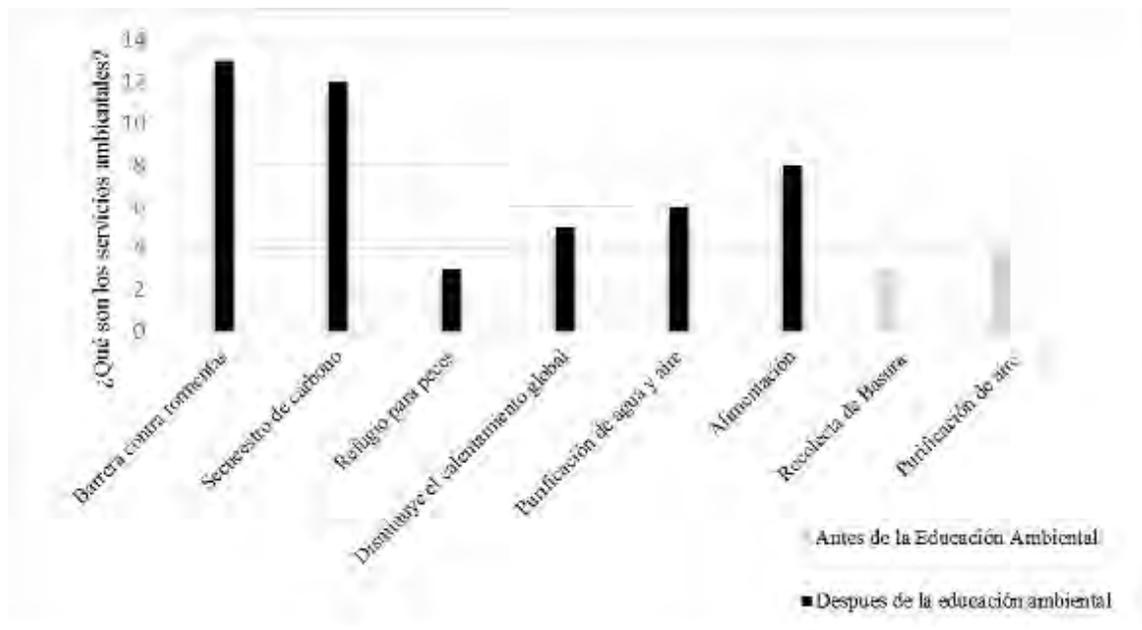


Figura 4. Respuesta al cuestionamiento de los servicios ambientales.

Así como también se consideró importantes conocer los conocimientos que la Educación ambiental arrojó a los alumnos, donde se cuestionó los servicios ambientales. Dentro del cual se encontró que los alumnos mencionaban que son las barreras contra tormentas, secuestro de carbono, refugio para peces, disminución del calentamiento global, purificación del agua y aire y alimentación.

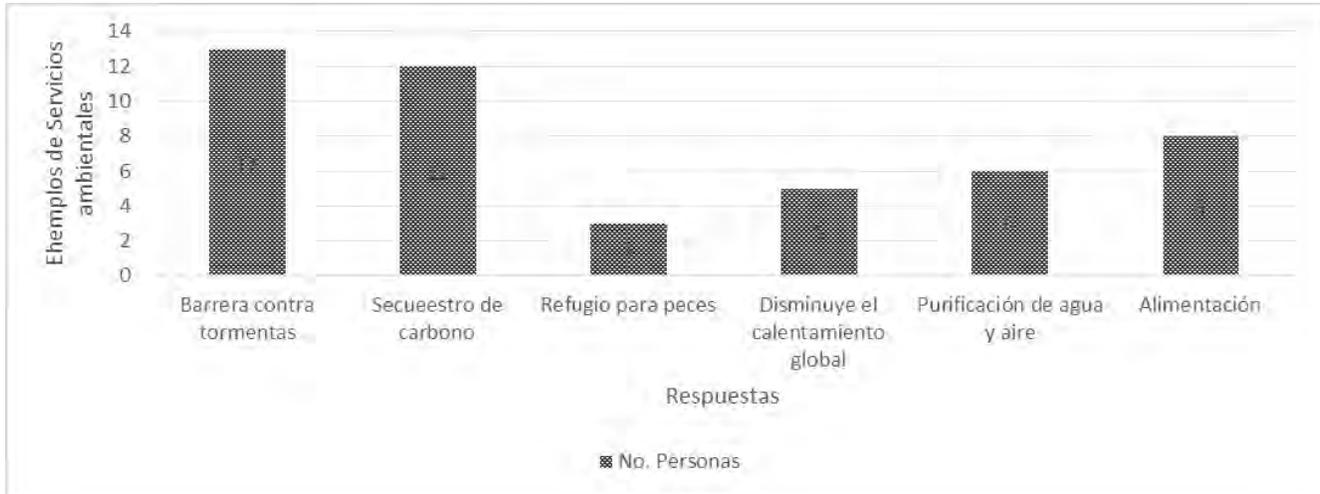


Figura 5. Respuesta al cuestionario. Ejemplos de servicios ambientales.

La comparación de calificaciones obtenidas de las evaluaciones a los alumnos antes y después de aplicar la estrategia de Educación Ambiental se muestran en las Figuras 6 y 7.

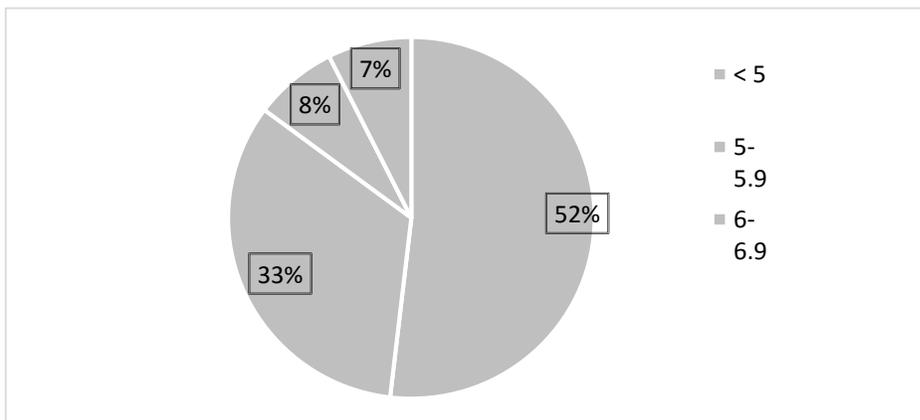


Figura 6. Calificaciones de los alumnos antes de recibir la educación ambiental.

Como puede observarse en la Figura 6, un 52% de los alumnos obtuvieron menos de 5 de calificación, un 33% obtuvo entre 5 y 5.9, un 8% obtuvo entre 6 y 6.9, un 7% obtuvo entre 7 y 7.9. Lo cual hace notorio el desconocimiento sobre los humedales, importancia y los servicios que estos prestan, y de igual manera notoria, la necesidad de aplicar la estrategia educativa. Después de la educación ambiental los resultados cambiaron notoriamente como lo muestra Figura 7, ya que, el 18% de los alumnos obtuvo menos de 5, un 11% obtuvo entre 5 y 5.9, un 4% obtuvo entre 6 y 6.9, un 19% entre 7 y 7.9, con un 7% obtuvieron calificación entre 8 y

8.9, con 15% los alumnos obtuvieron entre 9 y 9.9 y con un 26% los alumnos obtuvieron 10 de calificación.

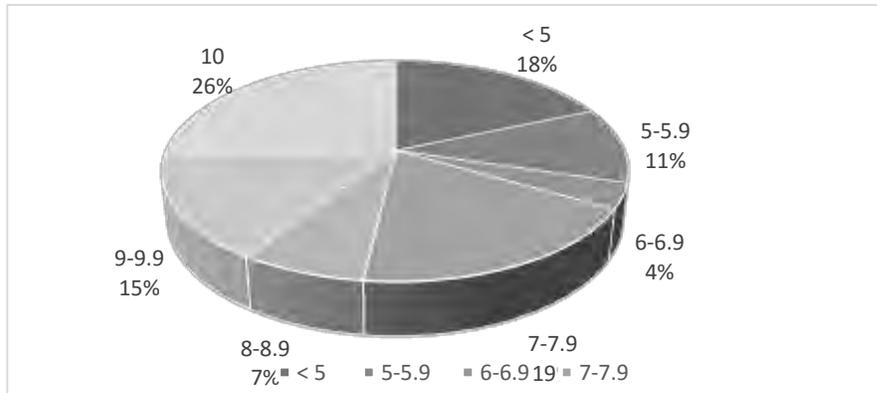


Figura 7. Calificaciones de los alumnos después de recibir la educación ambiental.

Como se puede notar en los resultados de las calificaciones después de que los alumnos recibieran la educación ambiental hubo un incremento en sus calificaciones respecto a las anteriores. Aunque de acuerdo a las calificaciones se nota incremento en el conocimiento, lo cual fue el objetivo de la aplicación de la estrategia educativa, se afirma que este se cumple, sin embargo, es claro que esta es una evaluación de un programa a corto plazo, de igual manera el conocimiento adquirido puede ser a corto plazo si este no sigue fomentándose, por lo que se reafirma lo comentado anteriormente, de integrar este tipo de temas en las currículas educativas, y sobre todo en zonas costeras donde hay presencia de humedales, y que estos se han perdido a través de los años.

Conclusiones

1. Las percepciones sobre los humedales, contaminación, servicios ambientales y ejemplos de servicios ambientales difirieron antes de recibir la educación ambiental, ya que, aunque se encuentran los humedales dentro de su contexto no tenían los conocimientos de la importancia que estos tienen para su ecosistema.
2. El conocimiento que ellos tenían antes de recibir las estrategias educativas cambiaron significativamente debido a los aprendizajes esperados que obtuvieron con la inclusión de temáticas sobre los humedales realizadas con dinámicas de juegos dentro de las que

estaba la imitación de animales que habitan dentro de los humedales, realización de humedales en maquetas, exposición de conocimientos y evaluaciones finales.

3. Las actividades tuvieron un resultado significativo, que fue el logro de los aprendizajes, respaldado por el incremento de las calificaciones en las evaluaciones establecidas.
4. El estudio realizado muestra la falta de conocimiento por parte de la población joven ante estas temáticas, aunque de esta manera también muestra que si nos encaminamos a la construcción de estrategias educativas aplicadas a la Educación Ambiental se podrá llegar a un primer objetivo que es concientizar sobre la importancia del ecosistema en nuestro planeta, pero esto debe realizarse en programas a largo plazo y constantes.

Literatura citada

Dieleman, H. y M. Juárez-Nájera. 2008. ¿Cómo se puede diseñar educación para la sustentabilidad? Universidad Autónoma de la Ciudad de México y Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Censo de población y vivienda. México.

Landgrave R. y Moreno-Casasola P. 2012. Evaluación cuantitativa de la pérdida de humedales en México. *Investigación Ambiental* 4(1):19-35.

Manson, R. y P. Moreno-Casasola. 2007. Los servicios ambientales que proporciona la zona costera. p. 319-348. In: Moreno-Casasola, P.; E. Peresbarbosa y A. C. Travieso Bello (eds.). *Estrategias para el manejo costera integral: el enfoque municipal*. Inecol-Gobierno del Estado de Veracruz.

Marín-Muñiz, J. L. 2012. Balance de carbono en humedales costeros de agua dulce: implicaciones ecológicas y sociales. Tesis de doctorado en Ecología Tropical. Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana.

Marín-Muñiz, J. L. y M. E. Hernández A. 2013. Selvas inundables de agua dulce: valor y amenazas. *Biodiversitas* 108:7-11.

Marín-Muñiz, J. L.; M.E. Hernández A, E. Silva, R, y P. Moreno-Casasola. 2016. Percepciones sobre servicios ambientales y pérdida de humedales arbóreos en la comunidad de Monte Gordo, Veracruz. *Madera y Bosques* 22(1):53-69.

UNESCO. 2005. Report by the Director-General on the United Nations of Education for Sustainable Development: Draft International Implementation Scheme and UNESCO'S

contribution to the implementation of the Decade (2005-2014). Hundred and seventy-second session. [http://www.unesco.org/ education/](http://www.unesco.org/education/)

METAZOARIOS PARÁSITOS EN TRES ESPECIES DE PECES DE LOS MERCADOS DE LA CIUDAD DE CHETUMAL, QUINTANA ROO

García-Sánchez Lesli Jovana^{*579} y González-Solís David⁵⁸⁰

Resumen

Durante el presente estudio se determinó la fauna de metazoarios parásitos en tres especies de peces de los dos mercados de la ciudad de Chetumal. Para ello, se examinaron 140 peces, pertenecientes a tres especies: *Gerres cinereus* (n= 60), *Eugerres plumieri* (n= 60) y *Lutjanus griseus* (n= 20), adquiridos en los mercados más importantes (Ignacio Manuel Altamirano y Lázaro Cárdenas), durante agosto 2013-junio 2014. Se encontraron un total de 3,609 metazoarios individuales, pertenecientes a 17 taxa. La prevalencia general de los helmintos en los hospederos de los dos mercados fue de 86%. En ambos mercados, el monogéneo *Haliotrematoides gracilihamus* fue el más prevalente (75%), seguido de *Euryhaliotrema griseus* (70%), en *L. griseus*. Se reportaron tres especies de helmintos que presentan potencial zoonótico, *Contraecaecum* sp. tipo 2, *Pseudoterranova* sp. y *Pentastomida* gen. sp., los cuales pueden causar cuadros patológicos relacionados con el sistema gastrointestinal de humanos; por tanto, se recomienda evitar comer pescado con poca cocción para evitar que los parásitos pasen al sistema digestivo de los humanos. Este es el primer estudio realizado en el estado de Quintana Roo sobre la fauna de metazoarios parásitos en peces comercializados en los mercados locales.

Palabras clave: mercados locales, metazoarios parásitos, potencial zoonótico

Introducción

En las costas de Quintana Roo, especialmente en la zona sur, existe una gran variedad de ecosistemas acuáticos marinos, salobres y dulceacuícolas que albergan una amplia

⁵⁷⁹ Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), lesli.jovana1591@gmail.com
⁵⁸⁰

diversidad de invertebrados, peces y otros vertebrados. La gran mayoría de estos organismos representan recursos que son usados por el hombre, lo que genera que tengan un alto valor comercial (Morales, 2011). Las familias de peces con mayor explotación pesquera están representadas por los pargos (Lutjanidae), chac-chíes (Haemulidae), mojarra blancas (Gerreidae), macabíes (Albulidae), lisas (Mugilidae), sierras (Scombridae), picudas (Sphyraenidae) y meros (Serranidae) (Moguel et al., 2004).

Actualmente, las especies de escama más capturadas en la costa sur de Quintana Roo son *Gerres cinereus* (mojarra blanca), *Eugerres plumieri* (chihua) y *Lutjanus griseus* (pargo mulato, rojo o dientón), todas con capturas importantes y buena aceptación en los mercados de la región (Sosa-Cordero y Ramírez-González, 2001). Casi toda la captura por pesca es destinada a los abastecimientos públicos (mercados), donde son comercializados (Sánchez-Ceballos, 2010) y exhibidos al público en distintas presentaciones, como filete, postas o completos, dependiendo del tipo de pez. Los peces de mayor tamaño son eviscerados para evitar su descomposición, mientras que los más pequeños contienen las vísceras, hasta que son adquiridos por los consumidores. Como muchas otras especies silvestres, los peces están expuestos a ser parasitados por una amplia gama de organismos. Las vías de infección pueden ser múltiples, pero lo más común es producto del tipo de alimentación y las interacciones biológicas con otras especies (Myrick y Cech, 2000; Jiménez-García y Vidal-Martínez, 2005; Dias y Tavares-Dias, 2015). Se sabe que los peces pueden actuar como hospederos intermediarios, pasajeros o definitivos de los parásitos, y servir como medio de transmisión hacia el hombre, a través de la ingestión de la carne de pescado cruda o inadecuadamente cocida (Ferre, 2001; Salinas et al., 2010; Rodríguez-Santiago et al., 2016). Por ello, es de suma importancia que se efectúen estudios parasitológicos en peces comercializados, debido a que hay una escasez en el conocimiento de los parásitos de peces que son comúnmente consumidos por la gente y así detectar posibles riesgos sanitarios derivados de su consumo. De igual manera, conocer las especies de metazoarios parásitos, sus parámetros de infección y características biológicas permitirá evaluar su importancia como parásitos del pez y como indicadores del posible comportamiento alimenticio y ecológico del mismo.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo entre agosto de 2013-junio de 2014, periodo durante el cual se compraron 140 peces pertenecientes a las especies *E. plumieri* (n= 60), *G. cinereus* (n= 60) y *L. griseus* (n= 20) en los mercados Ignacio Manuel Altamirano y Lázaro Cárdenas de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo (Figura 1). Antes de realizar la compra de los peces, se

realizaron encuestas a los comerciantes para conocer el sitio de captura de los peces, los cuales eran mayormente procedentes de Xcalak y Punta Herrero, Quintana Roo. Gran parte de las especies de peces se expendían enteros y con vísceras, a excepción de *L. griseus*, motivo por el cual se obtuvo un menor tamaño de muestra, ya que casi siempre estaban eviscerados. Los peces se transportaron al laboratorio, donde se realizó el examen parasitológico de acuerdo a lo propuesto por Vidal-Martínez et al. (2002). Los metazoarios localizados fueron contados y se anotó su posición en el hospedero; posteriormente, se aislaron e identificaron al nivel taxonómico más bajo posible, basándose en claves y literatura especializada (e. g., Yamaguti, 1961; Moravec, 1998; Anderson, 2000; Gibson et al., 2002; Vidal-Martínez et al., 2002). Los parámetros de infección, prevalencia, abundancia media e intensidad media, se calcularon para cada especie de helminto, según lo propuesto por Bush et al. (1997).



Figura 1. Mapa de la ciudad de Chetumal, donde se indica la ubicación de los mercados Ignacio Manuel Altamirano y Lázaro Cárdenas.

Resultados

Se revisaron un total de 70 peces por mercado: 30 *G. cinereus* (Longitud total: 21–27 cm), 30 *E. plumieri* (20–27 cm) y 10 *L. griseus* (21–28 cm), en los cuales se registró un total de 3,609 metazoarios parásitos individuales, correspondientes a 6 grupos y 17 taxa: Monogenea (n= 1,689 individuos): *Aristocleidus hastatus*, *Euryhaliotrema griseus*, *Haliotrematoides gracilihamus*, *Neodiplectanum wenningeri*, *Octouncuhaptor eugerrei*; Nematoda (n= 1,244): *Contraecaecum* sp. tipo 2, *Dichelyne* sp., *Echinocephalus* sp., *Pseudoterranova* sp.; Digenea

(n= 278): Ascocotyle sp., metacercaria de músculo no identificada, Stephanostomum sp.; Acanthocephala (n= 271): Gorgorhynchoides bullocki; Crustacea (n= 124): Cymothoa sp., Hatschekia sp., Pentastomida gen. sp.; e Hirudinea (n= 3): Myzobdella sp. La prevalencia de infección total fue de 86% (120 peces infectados/140 revisados). De manera general, sin hacer distinción entre mercados, pero si entre especies de hospederos, H. gracilihamus presentó la mayor prevalencia (75%) e intensidad media (29.6), en L. griseus (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros de infección de los metazoarios parásitos de las tres especies de peces muestreadas de los dos mercados de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

Especies de metazoarios	Eugerres plumieri (n= 60)		Gerres cinereus (n= 60)		Lutjanus griseus (n= 20)	
	Prev. (%)	IM ± D.E.	Prev. (%)	IM ± D.E.	Prev. (%)	IM ± D.E.
Monogenea						
Aristocleidus hastatus	47	13.8 ± 14.1	7	3 ± 1.4		
Euryhaliotrema griseus					70	25.5 ± 16.5
Haliotrematoides gracilihamus					75	29.6 ± 23.1
Neodiplectanum wenningeri	42	11.1 ± 10.8	47	8.7 ± 9.7		
Octohuncuhaptor eugerrei	2	1 ± 0				
Digenea (metacercarias)						
Ascocotyle sp.	2	2 ± 0				
Metacercaria de músculo			7	19 ± 12.7		
Stephanostomum sp.	2	1 ± 0	48	6.9 ± 5.6		
Nematoda (larvas)						
Contracecum sp. tipo 2	2	1 ± 0				
Dichelyne sp.	2	3 ± 0				
Echinocephalus sp.			10	2.3 ± 1.5		
Pseudoterranova sp.	47	23.4 ± 29.2	35	23.3 ± 52.6	45	24.2 ± 34.3
Acanthocephala (larvas)						
Gorgorhynchoides bullocki	22	7 ± 5.09	15	10.1 ± 12.9	40	12.8 ± 15.4
Crustacea						
Cymothoa sp.					5	1 ± 0
Hatschekia sp.			10	1.2 ± 0.5	25	21.5 ± 16.5
Pentastomida gen. sp.					5	26 ± 0
Hirudinea						
Myzobdella sp.	3	1 ± 0				

Prev. (%)= Prevalencia, IM= Intensidad media.

De manera particular, para los metazoarios de los peces del mercado Ignacio Manuel Altamirano (mercado viejo), la mayor prevalencia e intensidad media fueron para *H. gracilihamus* (70%), en *L. griseus* y *Pseudoterranova* sp. (41.9) en *G. cinereus*, respectivamente (Cuadro 2). Por su parte, en el mercado Lázaro Cárdenas (mercado nuevo), las especies más prevalentes e intensas fueron *H. gracilihamus* y *Pseudoterranova* sp. en *L. griseus* (Cuadro 3). Las branquias y mesenterios fueron los sitios preferidos para la mayoría de los metazoarios. Se reportan tres taxa con potencial zoonótico, *Pseudoterranova* sp., *Contracaecum* sp. tipo 2 y *Pentastomida* gen. sp. La primera fue encontrada en las tres especies de hospederos analizados. Por su parte, *Contracaecum* sp. tipo 2 solo fue reportada en *E. plumieri* y *Pentastomida* gen. sp. en *L. griseus*.

Cuadro 2. Parámetros de infección de los metazoarios de las tres especies de peces revisadas del mercado Ignacio Manuel Altamirano (mercado viejo).

Especies de metazoarios	Eugerres plumieri (n= 30)		Gerres cinereus (n= 30)		Lutjanus griseus (n= 10)	
	Prev. (%)	IM ± D.E.	Prev. (%)	IM ± D.E.	Prev. (%)	IM ±D.E.
Monogenea						
<i>Aristocleidus hastatus</i>	43	15.6 ± 13.2	3	2 ± 0		
<i>Euryhaliotrema griseus</i>					60	23.1 ± 13.7
<i>Haliotrematoides gracilihamus</i>					70	34.2 ± 30.9
<i>Neodiplectanum wenningeri</i>	57	13.8 ± 12.2	53	9.6 ± 11.9		
Digenea (metacercarias)						
<i>Ascocotyle</i> sp.	3	2 ± 0				
<i>Stephanostomum</i> sp.			53	5.8 ± 3.2		
Nematoda (larvas)						
<i>Contracaecum</i> sp. tipo 2	3	1 ± 0				
<i>Dichelyne</i> sp.	3	3 ± 0				
<i>Echinocephalus</i> sp.			6	4 ± 1.4		
<i>Pseudoterranova</i> sp.	50	27.1 ± 37.9	33	41.9 ± 73.3	50	15.4 ± 25.1
Acanthocephala (larvas)						
<i>Gorgorhynchoides bullocki</i>	20	7.8 ± 7.2	16	17.5 ± 17.1	60	16 ± 17.7
Crustacea						
<i>Cymothoa</i> sp.					10	1 ± 0
<i>Pentastomida</i> gen. sp.					10	26 ± 0
Hirudinea						
<i>Myzobdella</i> sp.	3	1 ± 0				

Prev. (%)= Prevalencia, IM= Intensidad media.

Cuadro 3. Parámetros de infección de los metazoarios de las tres especies de peces revisadas del mercado Lázaro Cárdenas (mercado nuevo).

Especies de metazoarios	Eugerres plumieri (n= 30)		Gerres cinereus (n= 30)		Lutjanus griseus (n= 10)	
	Prev. (%)	IM \pm D.E.	Prev. (%)	IM \pm D.E.	Prev. (%)	IM \pm D.E.
Monogenea						
Aristocleidus hastatus	50	11.8 \pm 14.7	3	4 \pm 0		
Euryhaliotrema griseus					70	27.5 \pm 19.4
Haliotrematoides gracilihamus					80	29.6 \pm 23.1
Neodiplectanum wenningeri	27	6.1 \pm 5	40	7.6 \pm 6.5		
Octohuncuhaptor eugerrei	3	1 \pm 0				
Digenea (metacercarias)						
Metacercaria de músculo			7	19 \pm 12.7		
Stephanostomum sp.	3	1 \pm 0	43	5.9 \pm 4.6		
Nematoda (larvas)						
Echinocephalus sp.			13	1.5 \pm 0.5		
Pseudoterranova sp.	43	20 \pm 18.6	37	6.4 \pm 7.2	40	35.2 \pm 44.7
Acanthocephala (larvas)						
Gorgorhynchoides bullocki	23	6.2 \pm 2.6	13	5 \pm 4	20	5.3 \pm 3.05
Crustacea						
Cymothoa sp.					10	1.3 \pm 0
Hirudinea						
Myzobdella sp.	3	1 \pm 0				

Prev. (%)= Prevalencia, IM= Intensidad media.

Discusión

Este es el primer estudio realizado en el estado de Quintana Roo sobre la fauna de metazoarios parásitos en peces comercializados en los mercados locales. De entre las especies que se comercializan con vísceras, las tres utilizadas para este trabajo (E. plumieri, G. cinereus, L. griseus), ya han sido previamente revisadas en la región y sus especies de parásitos también han sido reportadas en los mismos hospederos y región geográfica, por lo que no representan nuevos registros (ver González-Solís, 2005; Aguirre-Macedo et al., 2007;

Pimentel-Camarillo, 2010; Sánchez-Ceballos, 2010). La parasitofauna de las tres especies de peces analizadas es relativamente baja si se compara con los estudios previos (17 vs 26–89 especies de parásitos). Esta diferencia puede estar influenciada por el proceso de congelación, por el cual pasaron los peces, lo que ocasiona la muerte y degradación de los parásitos (Ferre, 2001; Torres et al., 2014; Rodríguez-Santiago et al., 2016).

A pesar de que la mayoría de los peces revisados habían pasado por un proceso de congelación, el número de metazoarios parásitos encontrados fue relevante (3,609). Los grupos Monogenea y Nematoda fueron los más representativos, tanto en el número de individuos, como en especies y hospederos parasitados. Los estudios que han sido realizados con peces para consumo humano también demuestran que dichos grupos son los más abundantes, en especial los pertenecientes a la familia Anisakidae (Iruegas, 1999; Laffón-Leal et al., 2000; Aguirre-Macedo et al., 2007; Salinas et al., 2010; Sánchez-Serrano y Cáceres-Martínez, 2011). De igual manera, los monogéneos, *N. weningeri*, *Haliotrema* sp., y el nematodo, *Contracaecum* sp. tipo 2, son los más prevalentes y abundantes (González-Solís, 2005; Aguirre-Macedo et al., 2007), lo cual puede asociarse con el hecho de que estos monogéneos son especialistas para el género *Lutjanus* y el nemátodo es un generalista que infecta a una amplia variedad de hospederos (Salgado-Maldonado y Kennedy, 1997; Violante et al., 2008; Roche et al., 2010; Mancini et al., 2014; García-Vásquez et al., 2015).

En el mercado Lázaro Cárdenas, el monogéneo *H. gracilihamus* presentó porcentajes de prevalencia más altos que en los peces del mercado Ignacio Manuel Altamirano, lo cual puede deberse a que, en el primer mercado, los peces son más frescos o no pasaron por el proceso de congelación. Es importante recordar que el periodo de congelación en los peces ocasiona que los parásitos se degraden o desprendan del tejido. Para el mercado Ignacio Manuel Altamirano, el nemátodo *Pseudoterranova* sp. en *G. cinereus*, presentó abundancia e intensidad media elevadas, lo cual puede deberse al amplio patrón alimenticio del hospedero, que incluye, tanto hospederos planctónicos como bentónicos, así como su posible papel como presa de mamíferos marinos, donde madura este nemátodo. Cabe señalar que *G. cinereus* presentó una importante cantidad de parásitos, aunque con menor prevalencia. Las diferencias en los parámetros de infección de los parásitos entre ambos mercados pueden atribuirse a los procesos de manipulación, traslado y congelación que se realizan en cada mercado. Sin embargo, los valores de parámetros de infección para las tres especies de hospederos fueron relativamente bajos y los parásitos reportados no ocasionan daños patológicos o de conducta en los peces, únicamente aprovechan a los peces como hospederos intermediarios y definitivos.

Respecto a los casos de anisakidosis para el estado de Quintana Roo, no existen registros, aunque esto no significa que no existe el padecimiento, sino que puede deberse al mal diagnóstico, ya que previamente se han reportado tres especies con dicha capacidad de

infección, *Pseudoterranova* sp., *Contracaecum* sp. tipo 2 y *Pentastomida* gen. sp. (Laffón-Leal et al., 2000; Aguirre-Macedo et al., 2007; Tuz-Paredes, 2008; Pimentel-Camarillo, 2010; Sánchez-Ceballos, 2010). *Pseudoterranova* sp. fue encontrada en las tres especies de hospederos aquí analizadas, lo que indica que se encuentra ampliamente distribuida en los peces de la región. Por su parte, *Contracaecum* sp. tipo 2 y *Pentastomida* gen. sp. tuvieron una menor distribución, ya que únicamente fueron encontrados en *E. plumieri* y *L. griseus*, respectivamente.

Es importante señalar que existe un bajo riesgo asociado al consumo de los peces, ya que los helmintos con la capacidad de infectar al hombre, solo están presentes en las vísceras, aunque este riesgo puede desaparecer si los peces se consumen bien cocidos. Se recomienda que, al momento de capturar los peces, estos se evisceren inmediatamente, ya que las larvas con potencial zoonótico pueden migrar de la cavidad abdominal y órganos internos hacia el músculo de los peces cuando éste muere y así poder llegar accidentalmente al hombre (Laffón-Leal et al., 2000; Hermida, 2012). De igual forma, la migración de larvas de nemátodos puede ser contrarrestada mediante el congelamiento de los peces que no han sido eviscerados, debido a que los parásitos son degradados a temperaturas de aproximadamente 3 a 5°C (Abollo et al., 2001).

Conclusiones

- 1.- Este es el primer estudio realizado en el estado de Quintana Roo sobre la fauna de metazoarios parásitos en peces comercializados en los mercados locales.
- 2.- Se registró un total de 17 especies de helmintos parásitos, pertenecientes a 6 grupos (Monogenea, Digenea, Nematoda, Acanthocephala, Crustacea e Hirudinea).
- 3.- La mayoría de las especies estuvieron en estadio adulto (monogéneos), aunque también se presentaron las larvas de nematodos y acantocéfalos, pero en menor proporción.
- 4.- Las branquias y mesenterios fueron los sitios preferidos por la mayoría de los metazoarios.
- 5.- *Pseudoterranova* sp., *Contracaecum* sp. tipo 2 y *Pentastomida* gen. sp. son tres especies que presentan un posible potencial zoonótico.
- 6.- El mayor porcentaje de prevalencia en el mercado Ignacio Manuel Altamirano fue para *Haliotrematoides gracilihamus* (70%); mientras que para el mercado Lázaro Cárdenas la prevalencia más alta fue para los monogéneos *Aristocleidus hastatus* y *Haliotrematoides gracilihamus* (80%).

7.- Los peces del mercado Ignacio Manuel Altamirano tienen mayor posibilidad de presentar algún parásito con potencial zoonótico, pero este riesgo se reduce, ya que la mayoría de las larvas se localizan en mesenterios.

Literatura citada

Abollo, E., C. Gestal, y S. Pascual. 2001. Anisakis infestation in marine fish and cephalopods from Galician waters: an updated perspective. *Parasitology Research* 87:492-499.

Aguirre-Macedo, M.L., V.M. Vidal-Martínez, D. González-Solís y P. Caballero. 2007. Helminth communities of four commercially important fish species from Chetumal Bay, Mexico. *Journal of Helminthology* 81:19-31.

Anderson R. C. 2000. *Nematode Parasites of Vertebrates Their development and Transmission*. CABI Publishing. Wallingford, Oxon. 650 p.

Bush, A., K. Lafferty, J. Lotz, A. Shostak, 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583.

Dias, M. K. R., y M. Tavares-Dias. 2015. Seasonality affects the parasitism levels in two fish species in the Eastern Amazon region. *Journal of Applied Ichthyology* 31:1049-1055.

Ferre, I. 2001. Anisakiosis y otras zoonosis parasitarias transmitidas por consumo de pescado. *Revista AquaTIC*, nº 14. [Recuperado el 05 mayo, 2013 de <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=122>].

García-Vásquez, A., C. D. Pinacho-Pinacho, L. C. Soler-Jiménez, E. J. Fajer-Ávila y G. Pérez-Ponce de León. 2015. *Haliotrematoides* spp. (Monogenoidea: Dactylogyridae) parasitizing *Lutjanus guttatus* (Lutjanidae) in two localities of the Pacific coast of Mexico, and their phylogenetic position within the Ancyrocephalinae through sequences of the 28S rRNA. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 298–305.

Gibson, D., A. Jones y R. Bray. 2002. *Keys to the Trematoda*. Volume I. CABI Publishing and the Natural History Museum. 521 p.

González-Solís, D. 2005. Helminthos parásitos del pargo mulato, *Lutjanus griseus*, y la mojarra blanca, *Gerres cinereus*, en la costa sur de Quintana Roo. Reporte técnico final No. 48. SAGARPA-CONACYT. ECOSUR, Chetumal, Quintana Roo. 53 p.

González-Solís, D., V. M. Tuz-Paredes y M. A. Quintal-Loria. 2005. Nemátodos parásitos del pargo mulato *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758). En: J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe y H.A.

Hernández-Arana (Eds.). El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe. ECOSUR, Chetumal, Quintana Roo, México. p. 80-87.

Hermida, A. 2012. Guía sobre los principales parásitos presentes en productos pesqueros: técnicas de estudio e identificación. Centro Técnico Nacional de Conservación de Productos de la Pesca y la Acuicultura. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Iruegas, B. F. 1999. Helmintos parásitos de peces comerciales de la Laguna Madre, San Fernando, Tamaulipas, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.

Jiménez-García, M. I. y V. M. Vidal-Martínez. 2005. Temporal variation in the infection dynamics and maturation cycle of *Oligogonotylus manteri* (Digenea) in the cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus*, from Yucatán, México. *Journal of Parasitology* 91:1008-1014.

Laffón-Leal, S.M., V. M. Vidal-Martínez y G. Arjona-Torres. 2000. 'Cebiche'— a potential source of human anisakiasis in Mexico?. *Journal of Helminthology* 74:151-154.

Mancini, M.A., F. G. Biolé, V. H. Salinas, S. E. Guagliardo, R. D. Tanzola y G. Morra. 2014. Prevalence, intensity and ecological aspects of *Contraecaecum* sp. (Nematode: Anisakidae) in freshwater fish of Argentina. *Neotropical Helminthology* 8:111-122.

Moguel, K. B., S. M. Matos y A. M. Quej. 2004. Estimación de los parámetros de crecimiento del mero *Epinephelus morio* en la Isla de Holbox, Quintana Roo, México. p: 831–838. In: Creswell, R. L. (eds.) *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Fort Pierce, Florida.

Morales, A. A. 2011. Variación espacio-temporal de los peces arrecifales de la costa sur de Quintana Roo. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México. 110 p.

Moravec, F. 1998. *Nematodes of Freshwater Fishes of the Neotropical Region*. Academia, Prague. 464 p.

Myrick, C. A. y J. J. Cech. 2000. Temperature influences on California rainbow trout physiological performance. *Fish Physiology and Biochemistry* 22:245–254.

Pimentel-Camarillo, M. M. 2010. Metazoarios parásitos de *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758) en la zona sur de Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal.

Roche, D. G., B. Leung, E. F. Mendoza-Franco y M. E. Torchin. 2010. Higher parasite richness, abundance and impact in native versus introduced cichlid fishes. *International Journal for Parasitology* 40:1525-1530.

Rodríguez-Santiago, M. A., J. A. Rosales-Casián y M. I. Grano-Maldonado. 2016. Anisakinae nematodes in two commercial marine fish from the East Pacific of Baja California, Mexico. *Pacific Science* 70:243-250.

Salgado-Maldonado, G. y C. R. Kennedy. 1997. Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology* 114:581-590.

Salinas, N., F. J. Iruegas, L. Galaviz, R. Mercado, 2010. Parásitos de *Mugil cephalus* (lisa) en centros comerciales del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León. p. 1–6. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guanajuato.

Sánchez-Ceballos, L. D. 2010. Metazoarios parásitos de la chihua, *Eugerres plumieri* (Perciformes, Gerreidae) en la bahía de Chetumal y sistemas lagunares adyacentes, Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal. 147 p.

Sánchez-Serrano, S. y J. Cáceres-Martínez. 2011. Registro helmintológico en el atún aleta azul del norte (*Thunnus thynnus orientalis*) de la costa del Pacífico mexicano. *Ciencia Pesquera* 19:5-12.

Sosa-Cordero, E. y A. Ramírez-González. 2001. Dinámica de las pesquerías artesanales. *Ecofronteras*, 14:13-15.

Torres, P., S. Puga, L. Castillo, J. Lamilla, y J. C. Miranda. 2014. Helmintos, myxozoos y microsporidios en músculos de peces comercializados frescos y su importancia como riesgo potencial para la salud humana en la ciudad de Valdivia, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46:83-92.

Tuz-Paredes, V. M. 2008. Nemátodos parásitos del pargo mulato (*Lutjanus griseus* Linnaeus, 1758), en la costa sur del estado de Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal. 130 p.

Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís y E. F. Mendoza-Franco. 2002. Atlas de los helmintos parásitos de cíclidos de México. Instituto Politécnico Nacional. México.

Violante-González, J., M. L. Aguirre-Macedo y V. M. Vidal-Martínez. 2008. Temporal variation in the heminth parasite communities of the pacific fat sleeper, *Dormitator latifrons*, from Tres Palos Lagoon Guerrero, Mexico. *Journal of Parasitology* 94:326-334.

Yamaguti, S. 1961. Systema Helminthum. The nematodes of vertebrates. Vol. 3. Interscience Publishers. New York, USA. 580 p.

III CONGRESO MEXICANO DE INVESTIGACIÓN EN CÍTRICOS

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuicola,
Pesquera, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático





PROPAGACIÓN IN VITRO DE LIMÓN PERSA (*Citrus x latifolia*) CON SISTEMAS DE INMERSIÓN TEMPORAL

Javier Emanuel Bulbarela Marini⁵⁸¹, Odón Castañeda Castro^{581*}, Miriam Cristina Pastelín Solano⁵⁸¹,
Ivonne Naomi Bravo Ruiz⁵⁸¹ e Isidro Rafael Copto Reyes⁵⁸¹

Resumen

Los cítricos son los frutos más consumidos a nivel mundial, México es el quinto productor de limón en el mundo, con 327.6 millones de dólares anuales, la producción de limón Persa se concentra en los estados del Golfo de México. La entidad veracruzana tiene el 60% de la producción nacional, la zona productora de Cuitláhuac cultiva 17 mil hectáreas aproximadamente. La demanda por plantas para el inicio del cultivo y resiembra es alta, se requiere una gran cantidad de plántulas con características productivas deseables, para ello la técnica del cultivo in vitro de tejidos vegetales puede proveer de clones sanos y vigorosos. El presente trabajo tiene como objetivo, diseñar y estudiar el proceso de multiplicación in vitro mediante biorreactores de inmersión temporal (SIT) tipo RITA[®]. Se utilizaron ápices de 0.5 cm de vitroplantas provenientes con dos meses de edad, los cuales fueron colocados en los biorreactores tipo RITA[®] y en frascos con capacidad para 100 mL, en los cuales se sirvieron 20 mL de medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), semisólido y líquido, suplementado con 1 mgL⁻¹ benzilaminopurina (BAP) y 0.5 mgL⁻¹ kinetina (KIN) durante 30 días, en los bioreactores RITA[®] se implementaron intervalos de 4, 8 y 12 horas, con cinco minutos de inmersión y la adición de 30 mL por explante, el mayor número de brotes (2) se obtuvo empleando el sistema de inmersión temporal tipo RITA[®] y el intervalo de cuatro horas.

Palabras clave: RITA, benzilaminopurina, micropropagación

Introducción

En México se cultivan algunos cítricos como: naranja dulce (*C. sinensis*), limón mexicano (*C. aurantifolia*), pomelo (*C. grandis*), mandarina (*C. reticulata*) y limón Persa (*C. latifolia*) siendo este último, el segundo lugar en importancia comercial, tanto para su consumo en fresco como por su uso agroindustrial (SAGARPA, 2015).

⁵⁸¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. Orizaba, Veracruz. odcastaneda@uv.mx.

El limón Persa (*Citrus x latifolia*), presenta características importantes entre las limas ácidas, sus frutos son de mayor tamaño que los de la lima “mexicana” y carece de semillas, además de ser más fácil su cosecha, debido a la menor cantidad de espinas que presenta (ANACAFÉ, 2011).

Una de las complicaciones que presenta el cultivo de limón Persa, son las enfermedades ocasionadas por virus, hongos y bacterias, estos agentes amenazan las producciones cítricas al infectar millones de árboles. En la mayoría de los países donde se cultiva el limón Persa, la propagación se realiza por yemas injertadas, mediante este método se pueden diseminar y transmitir enfermedades como lo son el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y el huanglonbing o HLB (Bermúdez-Guzmán 2013; Rivas-Valencia et al., 2016).

El empleo de plantas sanas es una prioridad mundial, ya que se obtiene una mejoría en la productividad, los citricultores deben conseguir material libre de patógenos y usarlo en conjunto con prácticas que ayuden a reducir la incidencia de los mismos. Este material se puede conseguir mediante plántulas regeneradas y propagadas in vitro (Vidal-Rivera, 2014).

Una alternativa en la micropropagación de plantas es el empleo del Sistema de Inmersión Temporal (SIT), basado en el contacto intermitente del medio de cultivo con los vitroplantas, lo cual facilita el desarrollo de los procesos a gran escala, reduce los costos de producción y genera un aumento de la productividad del material obtenido (Berthouly y Etienne, 2005).

El presente estudio está orientado a establecer un protocolo que permita la micropropagación de plántulas de limón Persa (*C. latifolia*) con el fin de obtener un mayor número de vitroplantas utilizando medio de cultivo semisólido y medio de cultivo líquido, en inmersión parcial e inmersión temporal utilizando biorreactores.

Materiales y métodos

Se utilizaron vitroplantas de limón persa (*Citrus x latifolia*) con dos meses de edad y fueron seleccionadas y cultivados en medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) complementado con 100 mg L^{-1} de ácido ascórbico, 150 mg L^{-1} de ácido, un mg L^{-1} benzilaminopurina (BAP) y 0.5 mg L^{-1} kinetina. Se depositaron cinco explantes y 30 mL por explante en los biorreactores tipo RITA[®], cinco explantes y 20 mL de medio de cultivo semisólido en frascos con capacidad para 100 mL y cinco explantes con 5 mL de medio de cultivo líquido en frascos con capacidad para 500 mL. En los biorreactores RITA[®] se evaluaron tres frecuencias de inmersión (4, 8 y 12 horas), con cinco minutos de inmersión. Las variables que se evaluaron fueron: intervalos de inmersión, número de brotes, tamaño de brote y número de hojas. Transcurridos 30 días, y con los datos obtenidos se realizó un

análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey utilizando el paquete estadístico STADISTICA 10.

Resultados y discusión

La implementación del sistema de inmersión temporal (SIT) mediante biorreactores RITA[®], generó mayor número de brotes cuando cada uno de estos fue sometido en intervalos de cuatro horas y 30 mL de medio de cultivo. El intervalo de inmersión es de gran relevancia para el cultivo por inmersión temporal, ya que intervalos más prolongados de tiempo, no genera el mismo efecto de multiplicación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto por el método de micropropagación del limón Persa.

Sistema de propagación	Medio por explante (mL)	Número de brotes	Tamaño del brote (cm)	Número de hojas
Semisólido	6.6	1.3 ± 0.18 b	0.42 ± 0.04 b	3.3 ± 0.43 b
Líquido	1	1.2 ± 0.11 b	0.45 ± 0.04 ab	4.0 ± 0.44 ab
SIT	4 h	2.0 ± 0.16 a	0.34 ± 0.06 b	2.7 ± 0.60 b
	8 h	1.0 ± 0 b	0.68 ± 0.09 a	6.2 ± 0.92 a
	12 h	1.0 ± 0 b	0.48 ± 0.09 ab	5.4 ± 0.68 ab

Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (Tukey $p = 0.5$).

La implementación de sistema de inmersión temporal tipo RITA[®] resultó satisfactorio, ya que presentó un aumento en el número de brotes generados en comparación con los tratamientos realizados en medio semisólido y medio líquido en inmersión parcial, esto concuerda con lo reportado por Santos et al. (2006), el cual menciona que en la generalidad los sistemas de inmersión temporal aumentan la cantidad y calidad de los brotes que con el empleo de medio líquido o semisólido.

La generación de brotes en el sistema de inmersión temporal presenta como se ha comentado, un aumento, este es proporcional a varios trabajos realizados en diversos cultivos, uno de ellos fue el realizado por Sánchez et al. (2009) en el cual lograron una multiplicación cercana al doble empleando sistema de inmersión temporal (SIT), en el cultivo de especies *Zantedeschia* sp.

Con relación a los intervalos se encontró que al aumentar el tiempo entre inmersiones se reduce la proliferación, ya que el tratamiento con el intervalo de 12 horas obtuvo un brote por explante, lo mismo sucede a las ocho horas y utilizándose cuatro horas se presentó un máximo de dos brotes, presentando la misma tendencia que otros estudios, donde al aumentar el tiempo de espera entre inmersiones, los explantes carecen de nutrientes

(Castro y González, 2002), además los explante regenerados por cultivo mediante inmersión temporal nunca presentaron hiperhidratación (Teisson et al., 1995).

Conclusiones

1. La micropropagación de limón Persa mediante biorreactores RITA® fue el mejor de los sistemas de cultivo evaluados ya que presentó el mayor número de brotes por explante (2), esto en comparación con el cultivo en medio semisólido e inmersión parcial.
2. La implementación de la inmersión temporal, con de 30 mL de medio de cultivo por explante y un intervalo entre inmersiones, de cuatro horas, fue el mejor tratamiento ya que presentó el mayor número de brotes por explante (2).
3. El empleo de biorreactores no genera hiperhidratación en los explantes de Citrus x latifolia.

Literatura citada

Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). 2011. Cultivo de limón Persa. Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetera.

Bermúdez-Guzmán, M. D. J., Velázquez Monreal, J. J., Orozco Santos, M. y Manzanilla Ramírez, M. Á. 2013. El huanglongbing (HLB) de los cítricos en el estado de Colima, México. INIFAP. México.

Berthouly, M. and H. Etienne. 2005. Temporary immersion systems: a new concept for use liquid medium in mass propagation. p. 165-195. In: Hvoslef-Eide, A. K. and W. Preil. (ed.). Liquid Culture Systems or in vitro Plant Propagation.

Castro, R. D. y O. J. González. 2002. Micropropagación de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) en el sistema de inmersión temporal. *Agric. Téc.* 62:68-78.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.

Rivas-Valencia, P., E. Loeza-Kuk, G. Mora-Aguilera, N. Ruiz-García, D. L. Ochoa-Martínez, A. Gutiérrez-Espinosa y V. Febres. 2016. Análisis espacio-temporal de aislamientos del Citrus tristeza virus de Yucatán y Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(4):493-507.

Sánchez J., M. Daquinta e I. Capote. 2009. Multiplicación in vitro de brotes de tres variedades de callas (*Zantedeschia* sp.) empleando sistema de inmersión temporal. *Ciencia y Tecnología* 3(1):1-5.

Santos, R., J. González-Olmedo, M. De Fera, M. Cornide y W. Torres. 2006. Biotecnología Vegetal. p. 207-221. In: colectivo de autores (eds.). *Las Investigaciones Agropecuarias en Cuba, cien años después*. Ed. Científico-Técnica. La Habana, Cuba.

SAGARPA. 2015. Naranja dulce, limón partido. <http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/naranja-dulce-limon-partido> [consultado el 8 de marzo de 2017].

Teisson, C. Y. and D. Alvard. 1995. A new concept of plant in vitro cultivation liquid medium: temporary immersion. p. 105-110. In: Terri, M., R. Cella and A. Falavigna (eds.). *Currents issues in plant molecular and cellular biology. Proceedings of the VIIIth International Congress on Plant Tissue and Cell Culture*. Florence, Italy.

Vidal-Rivera, M. V. 2014. Propagación in vitro de lima ácida (*Citrus aurantiifolia* [Christm.] Swingle) -variedad Tahití- a partir de segmentos nodales.

ESTABLECIMIENTO ASÉPTICO Y PROPAGACIÓN IN VITRO DE LIMÓN PERSA (*Citrus x latifolia*)

Ambar Grissel Gómez Díaz⁵⁸² Javier Emanuel Bulbarela Marini⁵⁸², Miriam Cristina Pastelín Solano⁵⁸² y Odón Castañeda Castro^{582*}

Resumen

El limón es un cultivo de gran importancia a nivel nacional ya que el 91% de su producción es exportada, a pesar de que el volumen de producción total mostró una tendencia creciente a partir del año 2006, el cultivo ha sufrido mermas causadas por enfermedades y plagas, teniendo como consecuencia pérdidas de especímenes productores y el aumento en el costo de venta del fruto. Ante la inminente necesidad de plantas sanas, el cultivo in vitro presenta una solución viable para cubrir dicha demanda, ya que permite la multiplicación a gran escala de una amplia gama de especies vegetales (silvestres o de interés comercial), implementando una variedad de técnicas de propagación entre las que destaca la clonación de una planta madre que posea las características fitosanitarias requeridas. Se estableció un protocolo para la desinfestación y establecimiento aséptico de limón Persa utilizando como material vegetal segmentos nodales de árboles, producto del injerto regional de Cuitláhuac, Ver., mediante la inmersión del material vegetal en alcohol al 70% durante un minuto y en cloro comercial al 30% durante 30 minutos, utilizando medio de cultivo sólido Murashige y Skoog (MS) adicionado con sacarosa, ácido ascórbico, ácido cítrico, tiamina, mioinositol, fitagel, BAP y kinetina con lo que se obtuvieron vitroplantas libres de hongos y bacterias con un índice de supervivencia del 42%. El presente estudio evaluó el efecto en la propagación in vitro de los reguladores de crecimiento 6-Benzilaminopurina (BAP) y Kinetina (KIN) en donde se utilizaron diferentes concentraciones, su acción se determinó mediante el monitoreo y se cuantificó el número de brotes, tamaño de los brotes y número de hojas por brote. Se constató que el mejor tratamiento para la multiplicación de los brotes posee concentraciones de 1 mg L⁻¹ de BAP en conjunción de 0.5 mg L⁻¹ de KIN, obteniendo 1.8 como el mejor índice de brotes por explante con una elongación promedio de 0.44 cm y 3.55 hojas por brote.

Palabras Clave: *Citrus x latifolia*, micropropagación, desinfestación

⁵⁸² Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. Orizaba, Veracruz, Veracruz. C.P. 94340 Prolongación de Oriente 6 No. 1009. CP 94340. Orizaba, Veracruz. (odcastaneda@uv.mx).

Introducción

El limón persa (*Citrus x latifolia*) posee las mejores características entre las limas ácidas, ya que sus frutos son de mayor tamaño en comparación a otro tipo de limones, carece de semillas por ser un triploide, haciéndolo conveniente a la hora de su consumo, además de su fácil recolección en temporada de cosecha debido a que el árbol cuenta con una menor cantidad de espinas en sus tallos (IICRC, 1995).

De manera internacional el uso del limón Persa varía de acuerdo a las costumbres y tradiciones de cada país, pero es de destacar su uso como condimento en alimentos y como factor útil en su preservación, así como en la producción de bebidas frías o calientes. Industrialmente es utilizado en la síntesis de ácido cítrico y pectina a partir de su jugo y de manera particular el uso de los aceites esenciales que posee se ha extendido a la industria cosmética en la manufactura de productos para el aseo personal, gracias a su capacidad de disolver grasas (ANACAFE, 2004).

En la última década la importancia del limón en la economía nacional ha crecido a pasos agigantados, ya que su comercio exterior triplicó las ganancias, siendo que en el 2006 se generaban 103.9 millones de pesos debido a la venta de exportación y en el año 2015 la cifra alcanzó un máximo registrado en ganancias por 373.2 millones de pesos, donde fueron exportadas 618,967 toneladas de limón (SAGARPA, 2015).

A pesar del comportamiento creciente en la exportación de limón, se ha reportado un aumento en pérdidas causado por enfermedades y plagas, donde en el año 2016 el CTV (Virus de la Tristeza) registró mermas del 68% en el cultivo de cítricos, seguido por el virus HLB (huanglongbing) con 62% de los cultivos de limón mexicano en el estado de Colima y el 17.3% de los cultivos yucatecos de limón Persa (Mora-Aguilera et al., 2016).

En México las actividades para el control de enfermedades y plagas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-079-FITO-2000, dicta que los cultivos deben ser sembrados a partir de plantas de vivero que se encuentren certificadas y libres de enfermedades, los árboles sintomáticos así como otras plantas con potencial para ser huéspedes deben ser eliminados aplicando previamente insecticida foliar y las poblaciones de psíldos deben ser reducidas mediante el control biológico o químico (Gámez, 2011).

La propagación tradicional de limón Persa mediante el injerto de yemas, puede generar problemas fitosanitarios al transmitir enfermedades como CTV y HLB (Bové, 2006; Rodríguez et al., 2009).

El cultivo in vitro de tejidos vegetales presenta numerosas ventajas entre las cuales se encuentra el saneamiento de plantas afectadas con virus, hongos y bacterias. Las plántulas se mantienen libres de plagas y enfermedades por ser una técnica que requiere de mucha asepsia, además de que permite someter a una población a pruebas de resistencia en

factores de salinidad y cambios de temperaturas y presentando como ventaja principal se encuentra el hecho de que facilita la propagación clonal masiva de plantas idénticas en periodos de tiempo corto (Castillo, 2008).

El presente trabajo busca establecer un protocolo que permita el establecimiento aséptico y la propagación in vitro del limón Persa Citrus x latifolia, planteando así una posible solución ante la creciente demanda de árboles sanos de limón.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el LADISER de Biotecnología y Criobiología Vegetal establecido en la Facultad de Ciencias Químicas, Orizaba de la Universidad Veracruzana, comenzando en Marzo del 2016 y finalizando en Mayo del 2017.

Como material vegetal se utilizaron segmentos nodales arbóreos de tres variedades diferentes de limón Persa (Chino, Arbolito y Doble Persa) producto del injerto regional de la zona de Cuitláhuac, Ver., ubicados en las coordenadas 18°47'38.4"N 96°42'16.3"O. Para su establecimiento in vitro se utilizó medio de cultivo semisólido MS (Murashigue y Skoog, 1962) adicionado con vitaminas MS, 30 g L⁻¹ de sacarosa, 100 mg L⁻¹ de ácido ascórbico, 150 mg L⁻¹ de ácido cítrico, 40 ml L⁻¹ de Tiamina, 100 mg L⁻¹ de Myoinositol y 2.5 g L⁻¹ de fitagel, el pH se ajustó a 5.7 y en autoclave vertical se esterilizó a 121°C durante 15 minutos con una presión de 15 psi. Se utilizaron frascos con capacidad de 150 mL y se sirvieron 5 mL de medio por frasco, mientras que para la etapa de propagación se utilizaron 20 mL de medio por frasco, el medio utilizado para la propagación fue suplementado con las citocininas 6 – bencilaminopurina y kinetina.

Metodología para el establecimiento aséptico in vitro

Se realizaron seis tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6,) en los cuales las variables a evaluar fueron: a) tiempo de inmersión y b) tipo de desinfestación. Para los tratamientos el material vegetal se sometió a inmersión en una solución de etanol al 70% en dos intervalos de tiempo (30 y 60 segundos respectivamente) contra un tiempo de inmersión en una solución de cloro comercial al 30% en intervalos de tiempo de 10, 20 y 30 minutos.

Establecimiento aséptico de tres variedades de limón Persa

Para el proceso de introducción in vitro de limón Persa, se realizó a través de la selección de las plantas madres de campo visiblemente sanas y vigorosas, se obtuvieron de tres a cinco estacas por vareta. Estas se lavaron con jabonadura para quitar el exceso de polvo o tierra provenientes del campo, se cortaron los segmentos nodales de 2 cm y se llevó a cabo el proceso de desinfestación, en campana de flujo laminar, se continuó con la inmersión del

material vegetal en etanol al 70% durante un minuto, su posterior enjuague con agua estéril y la inmersión en una solución de cloro comercial al 30% durante 30 minutos. Realizada la desinfestación se procedió a la introducción de los segmentos nodales, se incubaron a una temperatura de 25°C con un fotoperiodo de 16 horas de luz y ocho horas de oscuridad, hasta que presentaron un tamaño de promedio de 0,5 cm, estos se utilizaron en el proceso de multiplicación in vitro.

Multiplicación in vitro de limón Persa

Para el proceso de multiplicación in vitro se utilizaron cinco concentraciones diferentes de Kinetina y 6 – Benzilaminopurina (Cuadro 1), se utilizó como control un medio MS sin hormonas.

Cuadro 1. Concentraciones de BAP y KIN para medio de multiplicación de limón Persa.

Tratamiento	6 – BAP		Kinetina
	mg L ⁻¹		
T ₀	0		0
T ₁	0		0.5
T ₂	0.5		0.5
T ₃	1		0.5
T ₄	2		0.5
T ₅	0.5		0

Se introdujeron tres brotes de tamaños similares (0.3 a 0.5 cm) y transcurrido el tiempo de incubación se efectuó el análisis de resultados mediante el conteo de brotes y hojas por brote así como la medición del tamaño de cada uno, para lo cual en campana de flujo laminar se extrajeron los brotes para la medición en papel milimétrico estéril. Con los datos obtenidos se realizó un análisis mediante el programa STATISTICA 10 realizando una comparación de medias de Tukey.

Resultados y discusión

Los tratamientos que presentaron los mejores índices de supervivencia (Cuadro 2) en la introducción in vitro fueron T5 y T6 (un minuto en alcohol al 70% y cloro comercial al 30% durante 20 y 30 minutos respectivamente) donde T5 presentó una supervivencia del 17% con un 13% de oxidación en los explantes, 46% de contaminación por bacterias y 24% de contaminación por hongo, para T6 el valor de supervivencia fue del 42% de la población, con

una oxidación del 16% y disminuyendo los índices de contaminación a 28% por bacterias y 14% por hongos.

Cuadro 2. Resultados por tratamiento en la desinfestación para la introducción in vitro de limón Persa.

Tratamiento	Oxidación	Bacteria	Hongo	Supervivencia
	%			
T1	20	38	42	0
T2	21	43	36	0
T3	23	48	29	0
T4	27	52	21	0
T5	13	46	24	17
T6	16	28	14	42

Para la propagación in vitro el tiempo de incubación de los explantes fue de 32 días, pues a pesar de que otros autores recomiendan un periodo de incubación de ocho semanas (Hiang-Eng et al., 2015) pasados 25 días de que los brotes fuesen introducidos en el medio de multiplicación se comenzó a presentar senescencia de las hojas y en algunos casos la abscisión causada principalmente por la oxidación de las mismas.

Para la multiplicación de los brotes la conjunción de BAP y kinetina es el factor determinante para la obtención de una mayor cantidad de brotes por explante, apreciándose un claro aumento en el número de brotes (Figura 1) siendo dependiente de la concentración de BAP (Jaamel et al., 2001).

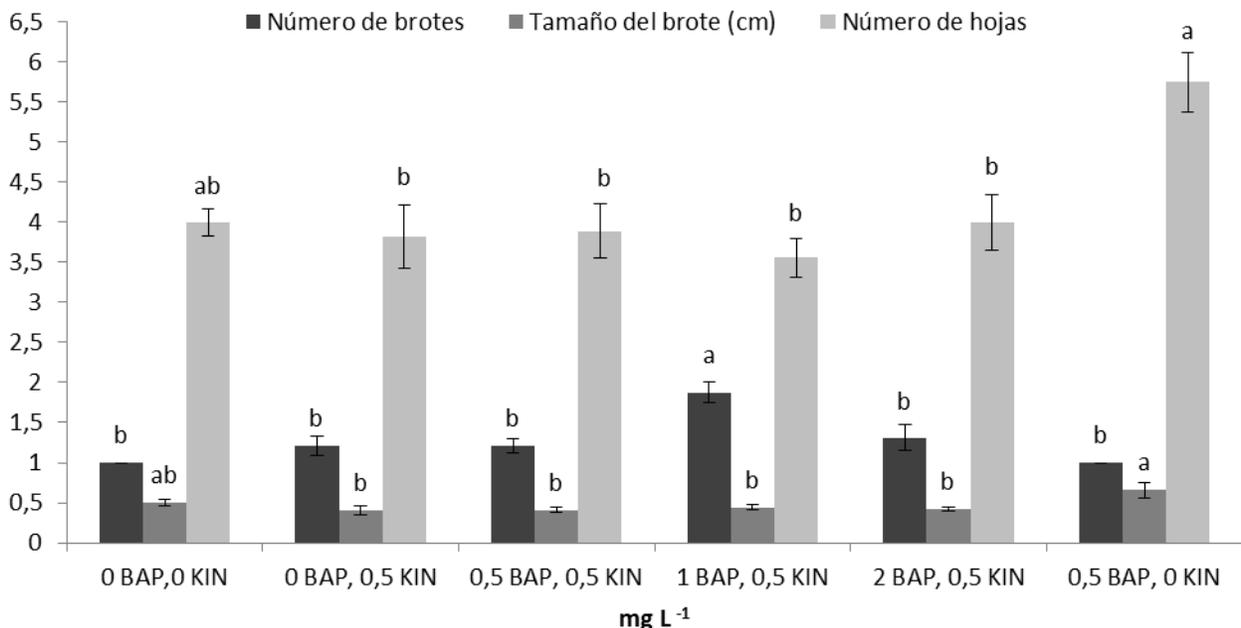


Figura 1. Numero de brotes por explante, tamaño del brote y número de hojas por brote obtenidos con los seis implementados en la propagación de limón Persa.

Sin embargo para el caso de la elongación de brotes y número de hojas la presencia de BAP (0.5 mg L^{-1}) en ausencia de Kinetina (T_5) presentó los mejores resultados, con un promedio de 6 hojas por explante y un tamaño que va de 0,6 a 1 cm, mostrando en el resto de los tratamientos mantuvo un promedio de 3,5 hojas por explante con un sutil aumento en T_2 que tiene cantidades de BAP y kinetina equivalentes, no obstante, es importante considerar que en T_5 las hojas carecen de vigor, se encuentran deshidratadas, con falta de turgencia y presentan enrollamiento a lo largo de la nervadura así como una coloración verde intensa. La influencia de las cuatro concentraciones de 6-Benzilaminopurina utilizadas en el medio de cultivo para la multiplicación de segmentos nodales de *Citrus x latifolia* sobre el número de brotes reveló que los mayores valores (1.87) correspondieron al tratamiento T_3 compuesto por el medio basal MS adicionando 1.0 mg L^{-1} de BAP y 0.5 mg L^{-1} de kinetina. Al aumentar la concentración de BAP el índice de multiplicación es creciente (Figura 2), llegando a un óptimo de 1 mg L^{-1} y una vez superado este valor se inhibe, como fue el caso para el T_4 que muestra un decremento en el número de brotes obtenidos.

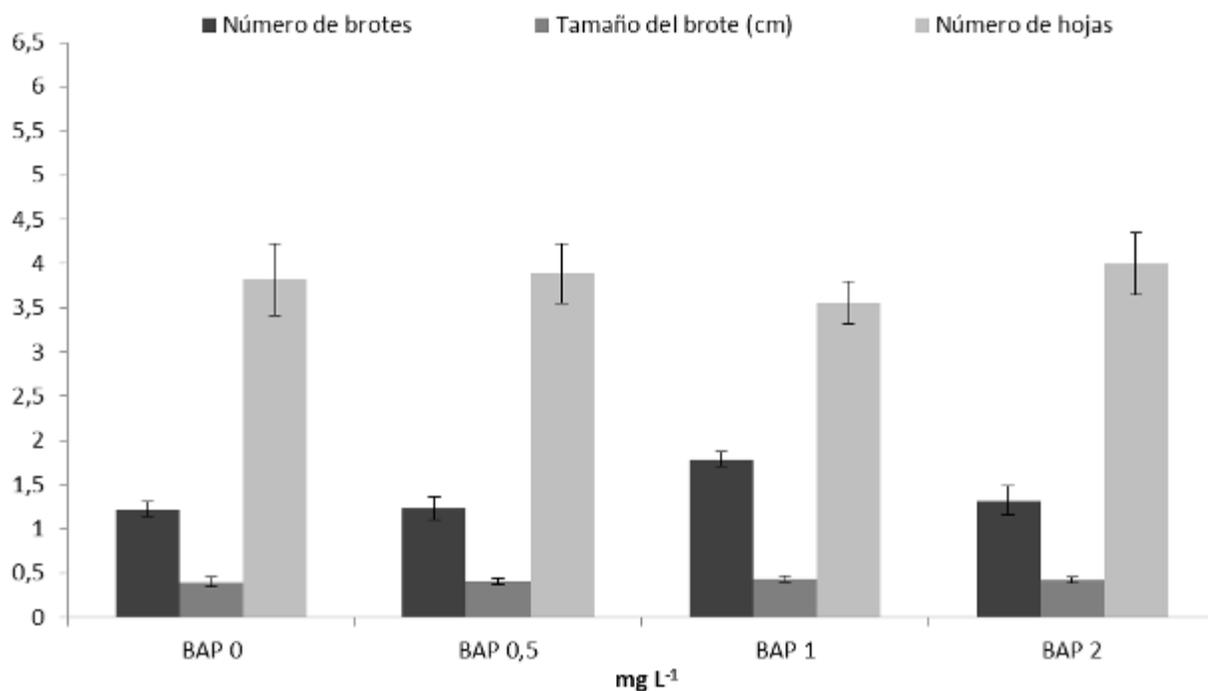


Figura 2. Numero de brotes por explante, tamaño del brote y número de hojas por brote obtenidos con las cuatro concentraciones de fitohormonas 0 BAP y 0,5 KIN mg L^{-1} , 0,5 BAP y 0,5 KIN mg L^{-1} , 1 BAP y 0,5 KIN mg L^{-1} y 2 BAP y 0,5 KIN mg L^{-1} implementados en la propagación de limón Persa.

Estos resultados comparten la misma pauta de comportamiento que los experimentos reportados por Pérez-Tornero et al. (2010) y Sarma et al. (2011). Un factor determinante en la senescencia y abscisión de las hojas es el tiempo de incubación en el medio, pues el explante al estar en contacto en concentraciones altas de BAP por largos periodos, los

tejidos foliares gradualmente comienzan a oxidarse, dicho evento fue reportado por Hiang-Eng et al. (2015).

Al realizar el análisis de los datos obtenidos se remarca la importancia del uso de kinetina en combinación con BAP ya que dichas hormonas presentan mecanismos sinérgicos, el número de brotes multiplicados crece, demostrando que no existe un aumento en el índice de brotación cuando BAP es el único agente regulador del crecimiento este evento fue reportado también en *Citrus aurantifolia* por Jaamel et al. (2001).

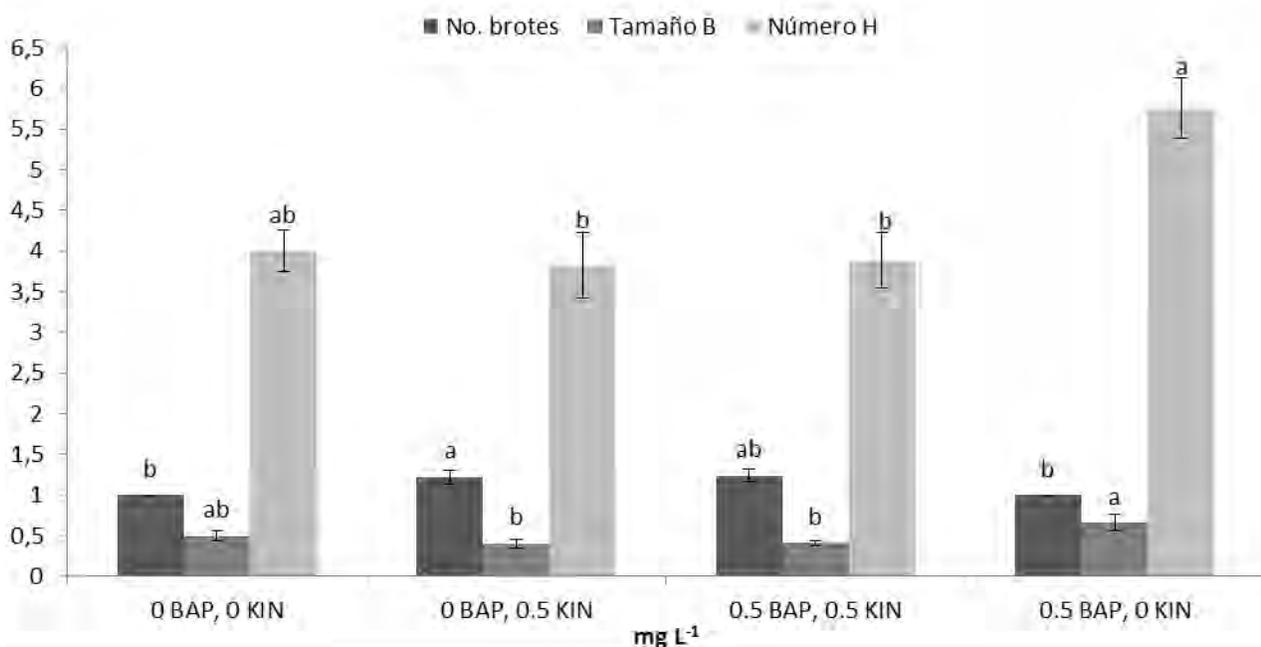


Figura 3. Numero de brotes por explante, tamaño del brote y número de hojas por brote obtenidos con las cuatro concentraciones de fitohormonas 0 BAP y 0 KIN mg L⁻¹, 0 BAP y 0,5 KIN mg L⁻¹, 0,5 BAP y 0,5 KIN mg L⁻¹ y 0,5 BAP y 0 KIN mg L⁻¹ implementados en la propagación de limón Persa.

En cuanto a la elongación de los brotes, el tratamiento que presenta una mejor respuesta es el que carece de kinetina (Figura 3) como es reportado para *Citrus reticulata* y *Citrus limon*, la kinetina tiene un efecto mínimo en la elongación de brotes, particularmente en concentraciones de 0.25 a 1 mg L⁻¹ (Hiang et al., 2015), lo cual nos lleva a concluir que el crecimiento de los brotes depende de la conjugación de los reguladores de crecimiento BAP y KIN (Moshkov et al., 2008). De la misma manera en el número de hojas por explante se puede percibir la dependencia de BAP como factor en la obtención de una mayor cantidad de hojas.

Conclusiones

El porcentaje de supervivencia más alto (42%) en la introducción in vitro de limón Persa (*Citrus x latifolia*) se obtuvo mediante la inmersión del material vegetal en etanol al 70% durante un minuto y 30 minutos en una solución de cloro comercial al 30%, obteniendo así plantas libres de hongos y bacterias.

El mayor número de brotes por explante (1.87) de limón Persa (*Citrus x latifolia*) se obtuvo en el medio con 1 mg L⁻¹ de BAP y 0.5 mg L⁻¹ de KIN.

El mejor tratamiento para la elongación de los brotes corresponde al suplementado con 0.5 mg L⁻¹ BAP con un promedio de 0.65 cm.

El mejor tratamiento para la obtención de un mayor número de hojas por explante (5.75) corresponde al suplementado con 0.5 mg L⁻¹ BAP.

Literatura citada

Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). 2004. Cultivo de limón Persa. En: Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera. p. 4-5.

Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old, disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88(1):7-37.

Castillo, A. 2008. Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *Unidad de Biotecnología Volumen 1:1-15*.

Gámez, G. R. 2011. El manejo integrado del limón Persa, mediante las buenas prácticas agrícolas y de inocuidad alimentaria. In: *Sistema-Producto Cítricos*.

Instituto de Investigaciones de Cítricos de la República de Cuba (IICRC). 1995. Curso internacional de post-grado de citricultura tropical integral. PROFRUTA. Guatemala. p. 275.

Jaamel M., M. Al-Khayri and A. Abdulaziz. 2001. In vitro micropropagation of *Citrus aurantifolia* (lime). *Current Science* 89(9):1242-1247.

Hiang-Eng, W., A. A. Maheeran and R. S. Uma. 2015. In vitro regeneration of *Citrus hystrix* DC. *Botanical Society of Sao Paulo* 38:235-242.

Mora-Aguilera, G., Robles-García, P., Flores-Sánchez, J., López-Arroyo, J. I., Acevedo-Sánchez, G., Domínguez-Monge, S., Gutiérrez-Espinosa, A. y Loeza-Kuk, E. 2016. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32(2):109-112.

Moshkov, I. E., G. V. Novikova, M. A. Hall and E. F. George. 2008. Plant growth regulators III: gibberellins, ethylene, abscisic acid, their analogues and inhibitors; miscellaneous compounds. p. 227-281. In: Plant propagation by tissue culture. Springer. New York, USA.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. The impact plant tissue culture on agriculture. p. 15-26. In: Thorpe, T. A. (ed.). Frontiers of plant tissue culture. University of Calgary.

Pérez-Tornero, O., C. I. Tallón and I. Porras. 2010. An efficient protocol for micropropagation of lemon from mature nodal segments. p. 263-271. In: Plant Cell Tissue Organ Culture. Vol. 100.

Rodríguez, P., G. Romero de Pérez y M. Guzmán. 2009. Detección del virus de la tristeza de los cítricos por serología, microscopía e hibridación in situ. Rev. Colomb. Biotecnol. 11(1).

Sarma C., B. Ananya, M. Salvinder, M. Kumar and S. Priyabrata. 2011 Efficient in vitro plant regeneration from cotyledonary explants of Citrus reticulata L. Blanco. Annals of Biological Research 2(6):341-348.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Atlas Agroalimentario 2015. p. 98-99.

EXPRESIÓN DE LA PROTEÍNA BY8743 *Candidatus Liberibacter asiaticus* MEDIANTE ELECTROFORESIS EN GELES DE POLIACRILAMIDA (PAGE) Y DOT BLOT

Santos Graciela Montemayor Beltrán⁵⁸³, Genoveva Álvarez Ojeda^{584*}, Ana Belén Hernández Hernández⁴, Isidro Humberto Almeyda León⁵⁸⁵, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera⁵⁸⁶, Alberto Mendoza Herrera⁵⁸⁷ y Roberto Omar Castañeda Arreola⁵⁸⁸

Resumen

El Huanglongbing (HLB), es una amenaza para la citricultura mexicana siendo una de las enfermedades más devastadoras de los cítricos a nivel mundial, perteneciente al género *Candidatus Liberibacter* spp., originado por una bacteria incultivable, por lo que afecta a todas las especies de cítricos, especialmente los cítricos agrios. Para su detección, se emplean técnicas moleculares como es la reacción en cadena de la polimerasa (QT-PCR), técnicas serológicas y espectrofotométricas. En el presente trabajo se expresó la proteína recombinante BY8743 *Candidatus Liberibacter*, mediante electroforesis en geles de poliacrilamida al 12% (PAGE) y dot blot. Para obtener la secuencia se acudió a la base de datos del National Center Biotechnology Information (NCBI). Una vez obtenida la secuencia, se revisó y modificó el marco de lectura abierto, por sus siglas en inglés Open Reading Frame (ORF), mediante el programa CLC Main Workbench 7 y se procedió a sintetizar el vector pET22b+, también se verificó el codón de inicio y de término acoplado al vector. Para la transformación se usaron células comerciales One Shot® TOP10 Chemically Competent (Invitrogen™), posteriormente fueron subclonadas en células de *E. coli* BL21, se realizaron minipreparaciones usando un método de lisis alcalina, además se realizó una cinética de crecimiento, observando que en tres horas alcanza la fase estacionaria, y se aplicaron concentraciones de 0.5, 0.8 y 1 mM del inductor metabólico isopropil-β-D-1-tiogalactopiranosido (IPTG), dando como resultado que la mejor concentración fue de 1 mM a las cuatro horas después de su aplicación, se pudo visualizar una proteína sobreexpresada de 38 kDa. Mientras que cuando se realizó el dot blot utilizando utilizando, dando resultados

⁵⁸³ UAT, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán.

⁵⁸⁴ INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, autor para correspondencia: alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

⁵⁸⁵ INIFAP-Campo Experimental G. Terán

⁵⁸⁶ Campo experimental Ixtacuaco;

⁵⁸⁷ Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica

⁵⁸⁸ Campo experimental la Posta.

sobresalientes de inmunoexpresión en las tres concentraciones a diferencia del control y de las células sin transfectar.

Palabras clave: HLB, proteína recombinante, inmunogeno

Introducción

En México la citricultura es una actividad económica importante, sin embargo, esta riqueza se ve amenazada por una serie de enfermedades, destacando el Huanglongbing (HLB) o también conocida como “enverdecimiento de los cítricos” (Trujillo et al., 2008), causada por una alfa-proteobacteria, gram negativa, incultivable (Robles et al., 2013), perteneciente al género *Candidatus Liberibacter*, denominada así ya que deriva del término “*Candidatus*” organismos que no se puede cultivar y “*Liberibacter*” del latín Liber (corteza) y bacter (bacteria) (FAO, 2013). Esta bacteria se restringe al floema vascular de la planta, originando obstrucción al paso de los nutrientes por los tubos cribosos del floema, generando un déficit nutricional y problemas metabólicos (Collazo et al., 2011). Actualmente se conocen tres especies de esta bacteria: *Ca. L. asiaticus*, *Ca. L. americanus* y *Ca. L. africanus* (Teixeira et al., 2005). La bacteria causante del HLB se disemina ampliamente, gracias a que esta, es transmitida por dos insectos vectores: *Diaphorina citri* (Asia y América) y *Trioza erytreae* (África), capaces de transmitir y portar la bacteria con solo alimentarse de una planta infectada. Los síntomas iniciales que se presentan, como: brotes nuevos amarillentos, el moteado asimétrico, la clorosis difusa, entre otros, no son propios de la enfermedad, por lo que se puede llegar a confundir con alguna deficiencia de minerales u alguna otra patología (da Graca, 2008).

En México se cuenta con 526 mil hectáreas cítricas distribuidas en 23 estados, los cuales aportan 6.7 millones de fruta anualmente, colocando al país como quinto productor nacional (SIAP, 2006) (Trujillo et al., 2008). El primer reporte de presencia del HLB fue en 2009, en el estado de Yucatán, diseminándose rápidamente hacia estados cercanos, como: Quintana Roo, Jalisco, Nayarit y Colima. (Esquivel et al., 2012). El Huanglongbing afecta las Rutáceas que sirven como hospederas de los vectores, a la mayoría de las especies cítricas, siendo los cítricos agrios los de mayor prevalencia (da Graca, 2008). La enfermedad y los costos de su manejo producen pérdidas económicas y en el valor del producto, ocasionando consecuencias sociales y ambientales, ya que hasta ahora no existe una cura para el HLB. Si bien los métodos de diagnóstico que existe para la detección del HLB en plantas es a través de técnicas moleculares y otras herramientas como lo son: PCR convencional, PCR tiempo real, técnicas serológicas y espectrofotométricas. En la actualidad el uso de proteínas

recombinantes utilizadas, como método de diagnóstico para diversos agentes infecciosos, se ha convertido en un avance importante en proteómica, motivo por el cual en este presente trabajo busca expresar la proteína recombinante BY8743 de membrana externa de la bacteria *Candidatus Liberibacter* para el desarrollo de un método de diagnóstico serológico para la detección temprana del HLB, mediante el uso de antígenos recombinantes, de fácil acceso para los citricultores.

Material y métodos

Lugar de trabajo. El trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, km 61 Carretera Matamoros-Reynosa, C. P 88900, Cd. Río Bravo, localizado en las coordenadas (25° 57' de latitud norte y 98° 01' de longitud oeste, a una media altura de 20 metros sobre el nivel del mar (MSNM) en colaboración con el Laboratorio de sanidad vegetal del Centro de Biotecnología Genómica del IPN a cargo del Dr. Alberto Mendoza Herrera.

El diseño de la secuencia y construcción del vector pET22, se realizó en el IPN del CBG en Reynosa.

Características del vector. El vector posee un promotor T7, un gen que codifica para la enzima Betalactamasa, y en el sitio C terminal tiene una etiqueta de 6 histidinas que se unen a la proteína de interés. Además, posee un gen de resistencia a la ampicilina y un sitio de reconocimiento de varias enzimas de restricción.

Transformación en One Shot® TOP10. Se usaron las células comerciales Chemically Competent (invitrogen™) y la transformación se realizó mediante el método de choque térmico.

Extracción de DNA plasmídico. Se realizaron minipreparaciones de acuerdo al protocolo mencionado por Sambrook y Russell (2001) para la extracción del ADN plasmídico a partir de las cepas TOP10 pET 22+. La identificación y caracterización del plásmido se realizó usando las enzimas de restricción EcoRI y Hin III.

Preparación de E. coli BL21 calciocompetente. La preparación de células E. coli BL21 calciocompetentes se realizó siguiendo el protocolo descrito por Sambrook y Russell (2001).

Transformación de E. coli BL21. Se descongelaron las células calciocompetentes previamente preparadas en hielo, después, se añadieron 2 µl del ADN plasmídico obtenido de E.coli TOP10, como control se usó un vial con BL21 calciocompetentes sin vector, y se utilizó el protocolo de choque térmico para la transformación (Sambrook y Russell, 2001).

Cinética de crecimiento. Para la expresión de la proteína recombinantes BY8743 de *Candidatus Liberibacter*, la primera variable evaluada fue el número de bacterias que se

obtuvo mediante la medición de la densidad óptica a 600 nm (DO_{600} nm) por unidad de tiempo. Así se identificaron las diferentes fases (latencia, exponencial y estacionaria). Se realizó una curva de crecimiento de las bacterias transformadas, para lo cual se determinó la DO_{600} nm cada hora, teniendo en cuenta la relación directa entre el incremento del número de células y el valor de absorbancia registrado sin discriminar la viabilidad de las mismas. A partir de esta curva de crecimiento se pudo definir la fase exponencial entre 0.4 y 0.6 de absorbancia (DO_{600} nm), la curva fue monitoreada por cinco horas.

Determinación de la concentración del inductor. Usando los datos de la cinética de crecimiento, se inocularon con *E. coli* BL21 transformadas cuatro matraces con 30 ml de caldo LB adicionado con ampicilina (50 μ g/ml), y uno con *E. coli* BL21 sin transfectar y sin ampicilina. Los matraces se incubaron a 37°C en agitación (220 rpm) hasta alcanzar la fase exponencial. Después de alcanzada dicha fase, se agregó el isopropil- β -D-1-tiogalactopiranosido (IPTG) como inductor metabólico, se seleccionaron tres concentraciones de IPTG tomando en cuenta la concentración mínima de 0.5 mM y la máxima de 1.0 mM recomendada por Sambrook y Russell (2001). Como control se utilizó un matraz con *E. coli* BL21 transformadas sin inductor y otro con *E. coli* BL21, sin transfectar, cada hora se tomó 1 ml de los cultivos de cada matraz y fueron almacenados a -20°C, a la cuarta hora después de la inducción todas las alícuotas fueron centrifugadas a 12,000 rpm por dos minutos, se descartó el sobrenadante y se lavó el precipitado con PBS 1X pH 7.5, éstos fueron congelados a -20°C para ser analizados posteriormente.

Electroforesis en gel de poliacrilamida al 12% (SDS-PAGE). Las muestras se descongelaron y se adicionó 1 ml del amortiguador de lisis (Ni-NTA Fast Star Kit QIAGEN®), siguiendo la metodología del fabricante. Posteriormente las muestras fueron separadas en geles de poliacrilamida 12% teñidos con azul de coomassie por 1 hr y desteñidos para ser observados.

Inmunodetección de las proteínas recombinantes en Dot Blot. Se utilizó una membrana de Fluoruro de polivinilideno (PVDF), se trazaron cinco círculos para delimitar el área de la muestra. Para activar la membrana, se colocó por 1 min en metanol al 100%, posteriormente se lavó con agua tridestilada estéril y se dejó secar. Se colocó 5 μ l del lisado en cada círculo, se dejó secar y se incubó en solución de bloqueo (TBS con BSA al 3%) durante una hora a temperatura ambiente. En seguida se incubó en el anticuerpo primario (anti histidinas) en la solución de bloqueo por una hora a temperatura ambiente. Después se realizaron tres lavados de cinco minutos con TBS/Tween (0.05%) y se incubó por una hora a temperatura ambiente en el anticuerpo secundario (anti-IgG de ratón). Posteriormente se realizaron tres lavados de 15 minutos con TBS/Tween y por último se realizó un lavado de cinco minutos con TBS. Se incubó la membrana con el sustrato TMB por 10 minutos o hasta que apareciera una coloración y se detuvo la reacción con agua tridestilada estéril.

Resultados y discusión

Clonación, transformación de *E. coli* TOP10 y BL21, aislamiento y caracterización del plásmido

Se obtuvieron las células competentes de las cepas de *E. coli* TOP10 y BL21 empleadas en esta investigación. Se transformó correctamente la cepa que porta el plásmido de interés (BY8743 pET 22b+) (Figura 1). También se obtuvo el DNA plasmídico mediante minipreparaciones alcalinas (Invitrogen) el cual fue subclonado en las células *E. coli* BL21 (Figura 2).

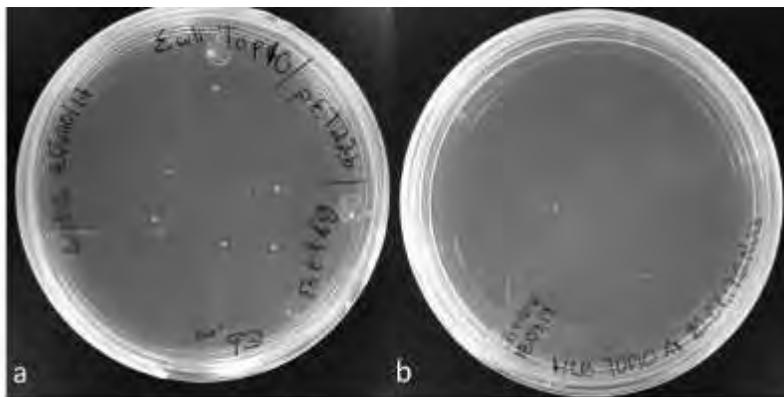


Figura 1. Colonias transformadas de *E. coli* TOP10 (a) y BL21 (b) con el vector BY8743 pET 22b+ (Candidatus Liberibacter) en agar LB con 50 µg/ml de ampicilina.



Figura 2. ADN plasmídico purificado mediante miniprep con lisis alcalina.

Cinética de crecimiento. Una vez que las células BL21 se transformaron con el plásmido de Candidatus Liberibacter las colonias se aislaron en placa y se tomó una de ellas para realizar una cinética de crecimiento con la finalidad de determinar la fase exponencial y aplicar diferentes concentraciones del inductor metabólico IPTG. La clona de Candidatus Liberibacter llega a su óptima densidad óptica (0.5 y 0.6 de absorbancia) a las cuatro horas (Figura 3).

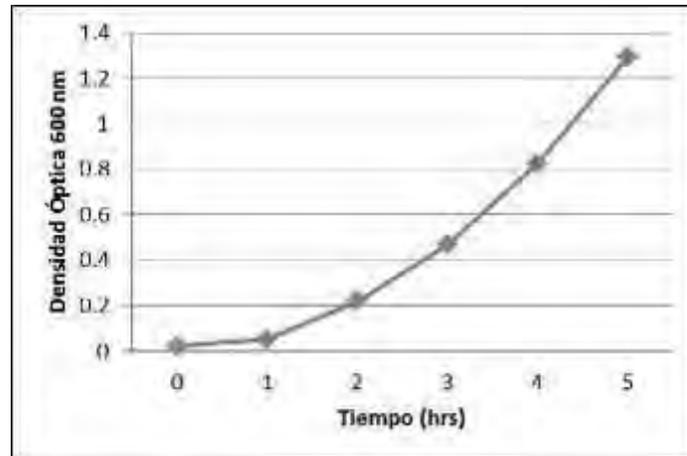


Figura 3. Cinética de crecimiento del cultivo de E.coli BL21 (absorbancia contra el tiempo).

Electroforesis de poliacrilamida al 12%. Se eligió la concentración de 12% porque fue donde se observaron los fragmentos con mayor resolución. La separación e identificación de la proteína por SDS-PAGE, se muestra en la Figura 4. La expresión de la proteína BY8743, se obtuvo a partir de la concentración mínima de 0.5 mM, pero con mejor resolución a las cuatro horas de crecimiento que es similar a lo reportado por Corona et al. (2009).

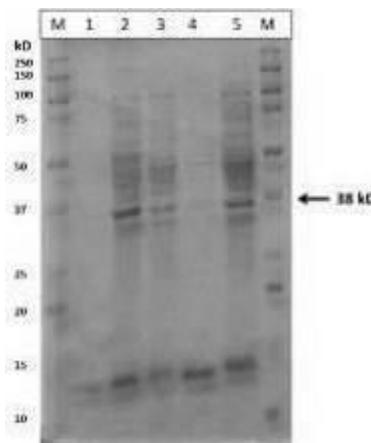


Figura 4. Gel de poliacrilamida al 12 % de las distintas concentraciones de IPTG a las 4 horas. M= Marcador de peso molecular, carril 1 control HLB, carril 2 control BL21, carriles 3-5: 0.5 mM, 0.8 mM y 1 Mm.

Inmunodetección mediante Dot blot. Se usó un anticuerpo de IgG antihistidinas de ratón diluido 1:500 en solución de bloqueo, y como anticuerpo secundario se usó un anticuerpo IgG de cabra anti ratón conjugado con peroxidasa diluido 1:5000. Se obtuvo una expresión proteína (Figura 5).



Figura 5. Determinación de la presencia de la proteína BY8743 de *Candidatus Liberibacter* spp mediante Dot Blot.

Conclusiones

Se logró la clonación y subclonación de *Candidatus Liberibacter* spp. en células TOP10 y BL21.

Se identificó la presencia de la proteína de 38 kDa por SDS-PAGE y la expresión en Dot Blot.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por Fondos Fiscales INIFAP, a través del proyecto titulado: “Desarrollo de un método inmunoenzimático para la detección temprana de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Ca. Las) causante del Huanglongbing (HLB)”, con el No. del proyecto en SIGI: 11211333829.

Literatura citada

Collazo-Cordero, C., J. Y. Núñez-Luis, M. Luis-Pantoja y R. Llauger-Riverón. 2011. Optimización de una reacción en cadena de la polimerasa anidada para el diagnóstico de la enfermedad “huanglongbing” de los cítricos. *CitriFrut* 28(2).

Corona, B., M. Rodríguez, L. Sánchez, H. Machado and S. Martínez. 2009. Expresión, solubilización y purificación de la proteína MSP5 recombinante del aislamiento Habana de *Anaplasma marginale*. *Tecnología, Ciencia, Educación* 24(1):76-86.

Da Graca, J. V. 2008. Biology, history and world status of Huanglongbing. p. 60-68. In: Memorias del Taller Internacional sobre el Huanglongbing y el Psílido asiático de los cítricos. Hermosillo, Sonora, México.

Esquivel-Chávez, F., G. Valdovinos-Ponce, G. Mora-Aguilera, R. Gómez-Jaime, J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, J. L. Flores-Sánchez y J. I. Arroyo-López. 2012. Análisis histológico foliar de cítricos agrios y naranja dulce con síntomas ocasionados por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Agrociencia* 46(8).

FAO. 2013. Marco estratégico para la gestión regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe. Santiago: FAO.

Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo y R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(1):15-31.

Sambrook, J. and D. W. Russel. 2001. *Molecular cloning: A Laboratory Manual*. 3a. ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor, New York.

SIAP (Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2006. Ficha Técnica. <http://www.siafeson.com>. SENASICA, 2016. Informe de acciones operativas. (senasica.gob.mx/id=4608). [consultado el 10 de julio de 2016].

Teixeria, D. C., J. L. Danet, S. Eveillard, E. C. Martins, W. C. de Jesus Jr., P. T. Yamamoto et al. 2005. Citrus huaglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the "Candidatus" *Liberibacter* species associated with the disease. *Molecular and Cellular Probes* 19:173-179.

Trujillo Arriaga, J., H. M. Sánchez Anguiano y P. L. Robles García. 2008. Situación actual y perspectivas del Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos en México. Memorias del Taller Internacional sobre Huanglongbing y el Psílido asiático de los Cítricos. Hermosillo, Sonora, México.

MEJORAMIENTO GENÉTICO CONVENCIONAL DE LIMÓN MEXICANO ASISTIDO POR RESCATE Y GERMINACIÓN IN VITRO DE EMBRIONES INMADUROS

Silvia Heréndira Carrillo Medrano^{589*}, Marciano Manuel Robles González⁵⁸⁹, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez⁵⁸⁹ y Víctor Manuel Medina Urrutia⁵⁹⁰

Resumen

La industria mundial de cítricos ácidos, específicamente limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle], requiere nuevas variedades para satisfacer al mercado y mejores características agronómicas, que ayuden a reducir las amenazas que representan algunas enfermedades de alto impacto económico. El mejoramiento genético de cítricos mediante el método de hibridación convencional ha sido limitado, debido a fenómenos como la apomixis o poliembrionía, así como la alta heterocigocidad, esterilidad o incompatibilidad. El rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros, es una herramienta útil utilizada para superar las limitantes antes mencionadas. Esta estrategia permite obtener plantas triploides a partir de cruzamientos interploides. El programa de mejoramiento genético de limón mexicano del Campo Experimental Tecomán, tiene como objetivo obtener variedades tolerantes a enfermedades de importancia económica, como el virus tristeza de los cítricos (VTC), huanglongbing (HLB) y antracnosis. Para ello, se utilizaron como progenitores, la variedad 'Colimex' (diploide) y dos genotipos experimentales tetraploides Mex 20 y Mex 13 de limón mexicano para hibridarse con la variedad 'Rosenberg' de limón italiano [*C. limón* (L.) Burm]. Los porcentajes de amarre de fruta a partir de flores polinizadas, fueron altos en todas las combinaciones, sobresaliendo los cruzamientos donde los genotipos de limón mexicano participaron como progenitor femenino a excepción del Mex 20. La mayor cantidad de embriones se presentó en semillas de frutos provenientes de cruces donde el progenitor femenino fue limón mexicano. Los porcentajes de eficiencia en la recuperación de plántulas a partir de embriones inmaduros son altos en las cruces entre 'Colimex' X 'Rosenberg' y su recíproca. En este estudio se detectaron 332 genotipos híbridos. Los porcentajes de árboles híbridos fluctuaron entre 36% y 80%, según la cruce. El rescate oportuno y germinación in vitro de embriones inmaduros, permitió superar el problema de la apomixis y generar una

⁵⁸⁹ INIFAP Campo Experimental Tecomán Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo. C.P. 28100 Tecomán, Colima. México.

⁵⁹⁰ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Nextipac, Zapopan, Jalisco. carrillo.silvia@inifap.gob.mx

población de 332 árboles híbridos del cruzamiento entre genotipos diploides y tetraploides de limón mexicano con limón italiano 'Rosenberg'. La metodología de hibridación sexual en limón mexicano, asistida por técnicas de rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros, permitió obtener platas híbridas en cruzamientos interploides e interespecíficos en un plazo de 12 a 15 meses.

Palabras clave: hibridación, *Citrus aurantifolia*, VTC, HLB, antracnosis

Introducción

La industria mundial de cítricos ácidos, específicamente la del limón requiere de nuevas variedades para satisfacer al mercado de fruta fresca que demanda entre otras cosas, alta calidad, ausencia de semillas y alto contenido de acidez. También se requiere el mejoramiento de otras características agronómicas que ayuden a reducir las amenazas que representan algunas enfermedades de alto impacto económico (Viloria y Grosser, 2005). El mejoramiento genético de cítricos no ha sido fácil, por lo tanto, el avance ha sido limitado si lo comparamos con otros frutales. El fenómeno de la apomixis, también conocida como embrionía nucelar o poliembrionía, la alta heterocigocidad, esterilidad o incompatibilidad han dificultado el mejoramiento genético mediante el método de hibridación convencional. El rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros es una herramienta útil que se utiliza para superar las limitantes antes mencionadas. Con esta estrategia, muchas plantas triploides han sido obtenidas por cruzamientos interploides. El programa de mejoramiento genético de limón mexicano del Campo Experimental Tecomán mediante hibridación convencional, tiene como objetivo la obtención de variedades tolerantes a enfermedades de importancia económica como el virus tristeza de los cítricos (VTC), huanglongbing (HLB) y antracnosis, mismas que ponen en riesgo al cultivo como actividad agrícola importante para el estado de Colima.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de plantas y lotes experimentales del Campo Experimental Tecomán del INIFAP y en un predio particular. Los trabajos se realizaron durante 2009 a 2015. Se utilizaron como progenitores, la variedad 'Colimex' (diploide) y dos genotipos experimentales tetraploides Mex 20 y Mex 13 de limón mexicano para hibridarse con la variedad 'Rosenberg' de limón italiano [*C. limón* (L.) Burm].

Polinización y amarre de fruta

Las polinizaciones se realizaron siguiendo el protocolo de polinización descrito por Viloría et al. (2005), con modificaciones hechas por Robles et al. (2009), para limón mexicano. Para la obtención y preparación del polen, se colectaron flores al tiempo de antesis de los progenitores antes mencionados. Las anteras se separaron de las flores y se deshidrataron durante 24 horas en una cámara con sales de sulfato de calcio anhidro. Al día siguiente se separó el polen de las anteras mediante agitación del recipiente que las contenía. En campo se seleccionaron flores en estado previo a la antesis, de los genotipos que fueron utilizados como progenitores femeninos. Después de la emasculación de la flor, con ayuda de un pincel de cerdas finas se colocó suficiente polen sobre el estigma. Los brotes con flores polinizadas se etiquetaron para su fácil localización.

Rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros

En el laboratorio después de aplicar un protocolo de desinfección superficial de la fruta y bajo condiciones asépticas se procedió a la extracción de semillas de los frutos. Posteriormente y con ayuda de un microscopio estereoscópico se extrajeron los embriones inmaduros e inmediatamente se colocaron en cajas Petri de 100 x 10 mm con medio de cultivo Gamborg B5 (Gamborg et al., 1968).

Resultados y discusión

Los porcentajes de amarre de fruta a partir de flores polinizadas, fueron altos en todas las combinaciones comparado con lo reportado en la literatura (Viloría y Grosser, 2005), pero resultaron ser mayores en los cruzamientos donde los genotipos de limón mexicano participaron como progenitor femenino a excepción del Mex 20 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Amarre de fruta en cruzas entre genotipos de limón mexicano con limón italiano variedad "Rosenberg".

Progenitores		Núm. flores polinizadas	Núm. Frutos cosechados	Amarre (%)
Femenino	Masculino			
Rosenberg	Colimex	166	47	28.31
Colimex	Rosenberg	75	47	62.67
Rosenberg	Mex 13	29	7	24.14
Mex 13	Rosenberg	18	10	55.56
Rosenberg	Mex 20	20	9	45.00
Mex 20	Rosenberg	10	3	30.00

Las semillas de frutos provenientes de cruzas donde el progenitor femenino es limón mexicano, presentan mayor cantidad de embriones comparado con las cruzas donde este rol lo tiene el limón italiano ‘Rosenberg’. Esto debido a que los genotipos mexicanos presentan mayor proporción de semillas con embrionía múltiple (‘Colimex’: 75%, Mex 13: 20% y Mex 20: 30%), así como mayor número de embriones por semilla (Robles-González et al., 2014). Lo anterior se ilustra con los datos de la craza entre ‘Colimex’ X ‘Rosenberg’ en la que se obtuvieron 640 embriones a partir de 291 semillas, mientras que en la craza ‘Rosenberg’ X ‘Colimex’ se obtuvieron 307 embriones de 359 semillas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Embriones obtenidos y plántulas recuperadas de cruzas entre genotipos de limón mexicano con limón italiano variedad “Rosenberg”.

Progenitores		Núm. embriones	Núm. plántulas	(%)
Femenino	Masculino			
Rosenberg	Colimex	307	171	64.9
Colimex	Rosenberg	640	482	80.7
Rosenberg	Mex 13	100	26	26.0
Mex 13	Rosenberg	72	28	38.9
Rosenberg	Mex 20	145	64	44.1
Mex 20	Rosenberg	150	62	41.3

El medio de cultivo elaborado con base a la formulación de Gamborg B5 (Gamborg et al., 1968), adicionado con 75 g L⁻¹ de sacarosa 4.50 μM de GA3 y 0.5 g L⁻¹ de extracto de malta, resulta adecuado y permitió que una alta proporción de los embriones pudieran germinar y desarrollar plántulas. El alto contenido de sacarosa que actúa como fuente de energía y como osmoregulador en el medio de cultivo (Fathi y Jahani, 2012), resulta benéfico para la germinación de los embriones inmaduros. Los porcentajes de eficiencia en la recuperación de plántulas a partir de embriones inmaduros son altos en las cruzas entre ‘Colimex’ X ‘Rosenberg’ y su recíproca, pero resultan relativamente bajas en las cruzas donde intervienen los genotipos tetraploides Mex 13 y Mex 20 de limón mexicano (Cuadro 2).

Transferencia de plántulas a vivero

Las plantas regeneradas a partir de los embriones inmaduros germinados in vitro se transfieren al invernadero, mediante la técnica de mini-injerto, o microbuding (Skaria, 2000), con la que se pudo obtener un porcentaje de prendimiento y desarrollo del árbol cercano al 80%.

Detección y selección de híbridos

La población de árboles obtenidos de embriones inmaduros germinados in vitro, provenientes de los trabajos de hibridación controlada, puede estar compuesta de plantas que se originaron del embrión sexual, así como de embriones que se desarrollaron a partir del tejido de la nucela, por lo que requiere se realicen algunas pruebas para identificar los genotipos híbridos. La detección de híbridos se puede efectuar mediante el análisis de marcadores morfológicos, por la técnica de citometría de flujo y mediante marcadores moleculares. En este estudio se detectaron 332 genotipos híbridos. Los porcentajes de árboles híbridos fluctuaron entre 36% y 80%, según la cruce (Cuadro 3).

Cuadro 3. Árboles recuperados de los embriones germinados in vitro, número y porcentaje de híbridos detectados.

Progenitores		Núm. árboles	Núm. híbridos	(%)
Femenino	Masculino			
Rosenberg	Colimex	107	71	66.3
Colimex	Rosenberg	384	150	36.1
Rosenberg	Mex 13	37	21	56.7
Mex 13	Rosenberg	22	20	80.0
Rosenberg	Mex 20	91	70	82.4
Mex 20	Rosenberg	55	0	0

En el caso de los marcadores morfológicos se aprovechó la presencia de coloración por antocianinas en brotes vegetativos tiernos, hoja de mayor tamaño y ausencia de alas en el peciolo de la hoja, presentes en 'Rosenberg' pero que en algunos híbridos también se expresaron. En la progenie de las cruces entre Mex 13 y Mex 20 con 'Rosenberg', los híbridos también se identificaron por citometría de flujo, al identificar los árboles triploides que se originaron de combinar los genomas 4x x 2x. También se pudo detectar algunos híbridos mediante la técnica de microsatélites usando la metodología descrita por Kijas et al. (1997). Los genotipos tetraploides de limón mexicano cuando se utilizan como progenitores femeninos alcanzan altos porcentajes de árboles híbridos. Por otra parte, aunque de la cruce Mex 20 X 'Rosenberg' se recuperaron algunas plantas a partir de los embriones inmaduros, ninguna resultó ser híbrida. Debido a su alta heterocigosidad en los genotipos utilizados como progenitores, se obtuvo gran diversidad en la morfología de las plantas de las poblaciones progenie de los cruzamientos. Algunos híbridos triploides que superaron el periodo juvenil y entraron en producción, desarrollan fruta sin semilla. Otros híbridos muestran variación en precocidad, forma y tamaño de fruta y en sensibilidad a enfermedades

como antracnosis, mancha grasienta y HLB. Algunos árboles híbridos presentan fenotipos muy distintos a los progenitores que les dieron origen.

Conclusiones

El rescate oportuno y germinación in vitro de los embriones inmaduros permitió superar el problema de la apomixis y generar una población de 332 árboles híbridos del cruzamiento entre genotipos diploides y tetraploides de limón mexicano con el limón italiano 'Rosenberg'. La metodología de hibridación sexual en limón mexicano, asistida por técnicas de rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros permitió obtener plantas híbridas en cruzamientos interploides e interespecíficos de limón mexicano en un plazo de 12 a 15 meses.

Literatura citada

Fathi, H. and U. Jahani. 2012. Review of embryo culture in fruit trees. *Annals of Biological Research* 3(9):4276-4281.

Gamborg, O. L., R. A. Miller and K. Ojima. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp Cell Res.* 50:151-158.

Kijas, J. M. H., M. R. Thomas, J. C. S. Fowler and M. L. Roose. 1997. Integration of trinucleotide microsatellites into a linkage map of Citrus. *Theor. Appl. Genet.* 94:701-706.

Robles-González, M. M., S. H. Carrillo-Medrano, M. A. Manzanilla-Ramírez, J. J. Velázquez-Monreal y V. M. Medina-Urrutia. 2009. Generación de nuevas variedades de cítricos mediante hibridación sexual y rescate de embriones inmaduros. *Memorias 1er. Encuentro internacional de investigación en cítricos.*

Robles-González, M. M., S. H. Carrillo-Medrano, M. Á. Manzanilla-Ramírez y V. M. Medina-Urrutia. 2014. Mejoramiento Genético de Limón Mexicano. p. 34-84. In: Orozco-Santos, M., M. M. Robles González, J. J. Velázquez-Monreal y M. Á. Manzanilla-Ramírez. (eds.). *El limón mexicano (Citrus aurantifolia)*. Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 475 p.

Skaria, M. 2000. A microbudding technique for biological indexing and ultra high density planting of citrus. *Proc. 14th Conf. IOCV. Riverside CA, USA.*

Viloria, Z. and J. W. Grosser. 2005. Acid citrus fruit improvement via interploid hybridization using allotetraploid somatic hybrid and autotetraploid breeding parents. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(3):392-402.

Viloria, Z., J. W. Grosser and B. Bracho. 2005. Immature embryo rescue, culture and seedling development of acid citrus fruit derived from interploid hybridization. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 82:159-167.

PREDICCIÓN DE EPÍTOPOS PRESENTES EN LA PROTEÍNA C6XFB8 LOCALIZADA EN LA MEMBRANA EXTERNA DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera^{591*}, José Joaquín Velázquez Monreal⁵⁹² y Alberto Mendoza Herrera⁵⁹³

Resumen

El Huanglongbing (HLB) es la enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial, solo la detección oportuna permitirá tomar las acciones necesarias. El método de detección oficial es la Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real (QT-PCR), el cual resulta costoso. Los métodos inmunoenzimático son sensibles y económicos, pero no existen para la detección del HLB. Actualmente la identificación de sitios antigénicos (epítomos) en las proteínas es de vital importancia para el desarrollo pruebas de diagnóstico. Esto es posible realizar con las predicciones de epítomos de células B lineales a través de los análisis obtenidos mediante bioinformática. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los epítomos de la proteína C6XFB8, localizada en la membrana externa de *Candidatus Liberibacter as.*, aislada de limón Mexicano y limón Persa, mediante predicciones utilizando los servidores 1.0 BCPREDS e IEDB, para determinar los posibles sitios de unión del anticuerpo. El servidor BCPREDS mediante los métodos BCPred, AAP y FBCPred, caracterizo 2, 4 y 2, epítomos lineales respectivamente, con una especificidad del 90% y una longitud de 18 aminoácidos. Se encontraron fragmentos de aminoácidos repetidos entre estos tres métodos, pero AAP, permitió caracterizar un epítomo diferente. El servidor IEDB empleando el método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar, caracterizo 6 epítomos con un 75% de especificidad y longitudes variables. Estas caracterizaciones encontraron secuencias de aminoácidos repetidas vs las obtenidas del servidor BCPREDS, además, caracterizo un péptido diferente, permitiendo más predicciones de epítomos que el método AAP. Estos resultados señalan que el método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar es confiable, demostrando que la proteína C6XFB8 presenta regiones que pueden ser sitios potenciales de unión de anticuerpos, lo cual pudiera facilitar el desarrollo de un método inmunoenzimático para la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter spp.*, que causa la enfermedad HLB en los cítricos, aun en muestras asintomáticas, en futuros estudios.

⁵⁹¹ Centro de Investigación Golfo Centro INIFAP-Campo Experimental Ixtacuaco.

⁵⁹² Centro de Investigación Regional Pacífico Centro-INIFAP-Campo Experimental Tecomán Colima.

⁵⁹³ Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. *rodriguez.cynthia@inifap.gob.mx

Palabras clave: HLB, detección, inmunoenzimático, análisis, bioinformático

Introducción

El HLB es la enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial, la cual es causada por la α -protoproteobacteria "Candidatus Liberibacter spp.", de tipo Gram negativa, que se desplaza a través de los poros de los tubos cribosos limitando el flujo de los productos fotosintéticos transportados por el floema en la planta (Lin et al., 2008) lo que ocasiona la muerte del árbol. Se conocen tres especies *Ca. L africanus*, *Ca. L americanus* y *Ca. L asiaticus*. Esta última es la que está presente en México y es transmitida por el insecto vector *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Robles et al., 2010). Actualmente, no existe una cura para el HLB y la detección de la bacteria se realiza mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real (QT-PCR) (Li et al., 2007), el cual resulta muy costoso e impráctico para condiciones en campo, por esta razón, el objetivo de este trabajo es buscar las bases para el desarrollo de un método inmunoenzimático mediante la predicción de epítomos en la proteína C6XFB8 presente en el genoma de *Ca. L asiaticus*. Se ha encontrado que esta proteína está localizada en la membrana externa (Rodríguez, 2016). Se conoce que las proteínas de membrana externa están implicadas en diversas funciones, una de ellas es la participación con el intercambio del ambiente externo y en algunos casos pueden estar implicadas en la patogenicidad (Bastianel et al., 2005), presentando determinantes antigénicos los "epítomos", que son reconocidos y unidos por receptores de células B o T (Abbas y Lichtman, 2004). Los epítomos de células B son reconocidos y unidos por receptores sobre la superficie de los linfocitos B (Pier et al., 2004). Cuando un receptor se une a su antígeno afín, la célula B es estimulada para sufrir proliferación, la cual involucra la generación de dos tipos de células de plasma, que producen y secretan anticuerpos solubles y las células de memoria que permanecen en el organismo y pueden proliferar rápidamente si se vuelven a exponer al antígeno (Yasser et al., 2008). Los epítomos de células B se pueden clasificar en dos tipos: lineales (continuos) y conformacionales (discontinuos). Los lineales son péptidos cortos, correspondientes a un fragmento de secuencia de aminoácidos contiguo de una proteína (Langeveld et al., 2001). Por el contrario, los conformacionales están compuestos de aminoácidos que se ubican en segmentos distantes y se ponen en proximidad espacial por el plegamiento de la proteína. La identificación experimental de epítomos se ha centrado principalmente en células B de epítomos lineales (Flower, 2007). La predicción de epítomos es una de las técnicas computacionales por excelencia que están siendo empleadas para el diseño racional de vacunas, así como en el desarrollo potencial de métodos de diagnóstico (Yang X and Yu X., 2009). Se han observado las propiedades características que debe tener un aminoácido (AA) para pertenecer a un epítomo y se han construido escalas en las que a

cada AA se le asigna un valor numérico para definir un grado de la propiedad en cuestión (flexibilidad, exposición a la superficie, polaridad u otras) con respecto a los demás AAs. A estos patrones se les llamó escalas de propensión y a partir de ellas se desarrollaron la mayoría de los algoritmos de predicciones de epítomos lineales (Pellequer et al., 1993). Posteriormente, con la masificación de las computadoras se desarrollaron algoritmos más complejos, pero la mayoría empleando aun escalas de propensión (Saha y Raghava, 2004). Actualmente, existe una amplia variedad de programas predictores de epítomos lineales, algunos de los más utilizados son, AAPred (Davydov y Tonevitsky, 2009), ABCpred (Saha y Raghava, 2006), BCEpred (Saha y Raghava, 2004), Bepired (Jens et al., 2006) y Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar (Kolaskar y Tongaonkar, 1990).

Materiales y métodos

La siguiente investigación se realizó en el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, Tlapacoyan, Veracruz y en el Laboratorio Interacción Planta-Microorganismo del Centro de Biotecnología Genómica del IPN, Reynosa Tamaulipas, en el periodo de febrero a junio 2017.

Extracción de ADN genómico de *Candidatus Liberibacter asiaticus*

La extracción se realizó mediante el método del CTAB optimizado por Rodríguez et al. (2010), de nervaduras de hojas de limón Mexicano (LM) y limón Persa (LP) infectadas con HLB. Se seleccionaron concentraciones de ADNg con calidad y pureza aceptable de acuerdo a Sambrook et al. (1989).

Determinación de la integridad, calidad y concentración del ADN genómico

Para determinar la integridad del ADN genómico extraído se realizó electroforesis en gel de agarosa al 1% en TBE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen), a 95 Volts durante una hora en cámara de electroforesis horizontal (Bio-Rad), se visualizó en un fotodocumentador Kodak y se determinó la calidad y concentración mediante el espectrofotómetro NanoDrop 2000/2000 C de acuerdo a las condiciones recomendadas por el fabricante (Thermo Scientific).

Amplificación del gen 16S ADN ribosomal de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR punto final

Se emplearon iniciadores OI1 (5'-GCG CGT ATG CAA TAC GAG CGG CA-3') y OI2c (5'-GCC TCG CGA CTT CGC AAC CCA T- 3') a 20 pM, que amplifican un fragmento aproximado de 1160 pares de bases (pb) (Jagoueix et al., 1994).

Amplificación de un fragmento del gen CLIBASIA_02425 que codifica para la proteína C6XFB8 mediante PCR punto final

Se empleó el par de iniciadores F-C6XFB8 y R-C6XFB8 a 20 pM que amplifican un fragmento aproximado de 901 pb. (Rodríguez, 2015).

Purificación de productos de PCR

Los productos obtenidos de PCR se purificaron con USB® ExoSAP-IT® PCR Product Cleanup (PCR/Exo) bajo las condiciones del fabricante Applied Biosystems.

Secuenciación

Se realizó utilizando el estuche comercial BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing, bajo las condiciones del fabricante Applied Biosystems®. Las secuencias se analizaron en el Laboratorio de Servicios del Centro de Biotecnología Genómica-IPN empleando el analizador genético Applied Biosystems (ABI) 3130.

Análisis de la secuencia obtenida

Se realizó en línea mediante la base de datos del NCBI del Gen Bank, en el apartado de BLAST.

Traducción de las secuencias a aminoácidos

Se realizó mediante la base de datos Expasy (siglas en inglés de Expert Protein Analysis System).

Predicción de epítomos

La predicción de epítomos se realizó mediante los servidores BCPREDS 1.0 y IEDB Analysis Resource v2.15.1, el primero utilizando los métodos: BCPred, AAP y FBCPred, y del segundo se utilizó el método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar.

Resultados y discusión

Los ADNg obtenidos se mostraron íntegros en el gel de agarosa al 1% (Figura 1), las concentraciones fueron de 90 ng/μL, con calidad aceptable en el rango de 1.8-1.9 y concentraciones que oscilaban de 60 a 150 ng. Los ADNg extraídos fueron utilizados directamente para las reacciones de PCR.

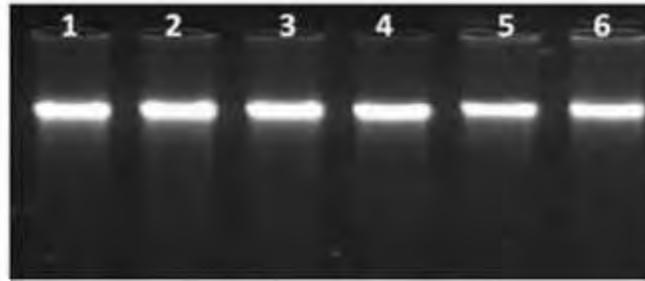


Figura 1. Electroforesis en gel de agarosa al de agarosa al 1% en TBE 0.5 X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). Carril 1 al 3 ADNg limón Persa (LP), del 4 al 6 ADNg limón Mexicano.

Mediante los resultados de las PCR's se obtuvieron amplificaciones aproximadas de 1160 y 901 pb correspondientes al gen 16S de Ca. Las y un fragmento del gen **CLIBASIA_02425** que codifica para la proteína C6XFB8 localizada en la membrana externa de Candidatus Liberibacter asiaticus obtenida de LM y LP (Figura 2).

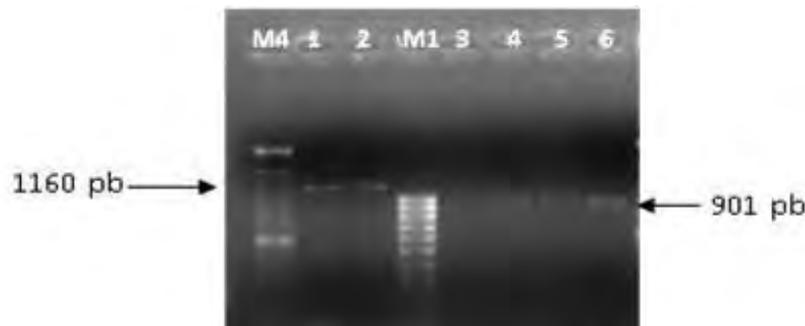


Figura 2. Amplificación de un fragmento del gen **CLIBASIA_02425** que codifica para la proteína C6XFB8. Los productos se analizaron en un gel de agarosa al 1.5% en TBE 0.5%, teñido con SYBR Green (Invitrogen). Carril: M4). Marcador molecular TrackIt™ 100 pb (Invitrogen), 1). Amplificación del gen 16S (1160 pb) HLB en LP, 2). Amplificación del gen 16S (1160 pb) HLB en LM, M1). Marcador Molecular HyperLadder™ IV 100 pb (Bioline), 3). Proteína C6XFB8 LM (901 pb), 4). Proteína C6XFB8 LM (901 pb), 5). Proteína C6XFB8 LP (901 pb), 6). Proteína C6XFB8 LP (901 pb).

Con las amplificaciones obtenidas de 901 pb, se realizaron las secuenciaciones, obteniendo mediante el análisis del NCBI en la opción BLAST, identidad con la secuencia de nucleótidos de **Candidatus Liberibacter asiaticus str. psy62** reportada en el GenBank. Las secuencias de nucleótidos obtenidas de LM y LP presentaron una cobertura de 100% y 93% con una identidad de 99% y 95% respectivamente con la reportada. El BLAST, además, permitió encontrar variaciones de nucleótidos, entre las secuencias obtenidas de LP vs LM, presentando una cobertura de 92% y una identidad del 96%. En un estudio realizado por Tomimura et al. (2009), menciona que el gen que codifica para las proteínas de membrana externa (OMP) presenta variaciones de nucleótidos que permite diferenciarlas entre ellas. Por ejemplo, las cepas obtenidas de toronja fueron homogéneas entre ellas, pero con varias diferencias con respecto a cepas de otras variedades de cítricos (Tomimura et al., 2009). En

nuestro estudio utilizamos aislados de LP y LM encontrando un 4% de variaciones entre nucleótidos. Posteriormente se realizó la traducción a aminoácidos, localizando los Marcos de Lectura Abiertos (ORF: Open Reading Frame Finder), en la secuencia de aminoácidos de LP y LM, se encontró el ORF del gen **CLIBASIA_02425** que codifica para la proteína de membrana externa C6XFB, localizado en la posición 684561...685178 en el mapa genético de Ca. Las psy62 (Duan et al., 2009). Con esta secuencia de aminoácidos se procedió a la predicción de los epítomos, obteniendo 8 epítomos de células B lineales con el servidor BCPREDS, mediante los métodos BCPred (EL-Manzalawy et al., 2008); AAP (Chen et al., 2007); y FBCPred (EL-Manzalawy et al., 2008b), en los segmentos 155 y 23; 20, 163, 124 y 92; 26 y 93 respectivamente con una longitud de 18 aminoácidos y seleccionando una especificidad del 90%. El método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar con una especificidad del 75% permitió la predicción de 6 epítomos localizados en los segmentos 4,35, 100, 129, 164 y 174, con una longitud de 19, 6, 9, 13, 7 y 7 respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Predicción de epítomos mediante el servidor BCPREDS y IEDB.

Método	Posición	Epítomos	Longitud	Especificidad
BCPred	155	TPIAIGGT AGVGVEVGGL *	18	90 %
	23	AADPVRRAHHGGRGVVPT	18	90 %
AAP	20	SAQ AADPVRRAHHGGRGV	18	90 %
	163	AGVGVEVGGL ESLVARL	18	90 %
	124	GGYEV SDSLLLYATVGPD	18	90 %
	92	MY GVEGDVRYTVPVLADN	18	90 %
FBCPred	26	PVRRRAHHGGRGVVPT IAT	18	90 %
	93	Y GVEGDVRYTVPVLADN I	18	90 %
Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar	4	LFLAVGVSSLALASFC SAQ	19	75 %
	35	RGVVPT	6	75 %
	100	RYTVPVLAD	9	75 %
	129	SDSLLLYATVGPD	13	75 %
	164	GVGVEVG	7	75 %
	174	ESLVARL	7	75 %

*Los colores señalan la repetición de fragmentos de aminoácidos encontrados en los epítomos caracterizados en la proteína C6XFB8 mediante diferentes métodos de predicciones.

El servidor IEDB señala que en general, un tamaño de 5 a 7 aminoácidos es apropiado para encontrar regiones que pueden ser potencialmente antigénicas (<http://www.iedb.org/>). De acuerdo a nuestros resultados podríamos decir que los 6 epítomos caracterizados con este método pudieran ser candidatos potenciales, pues su tamaño es mayor a 5 aminoácidos. En

general, este análisis de predicción reveló que el conjunto de epítomos obtenidos mediante el servidor BCPREDS, empleando los métodos BCPred, AAP y FBCPred, presentan fragmentos de aminoácidos repetidos, pero el método AAP resultó más eficiente al caracterizar un epítomo diferente el cual se marca de color azul en el Cuadro 1. En el caso del servidor IEDB utilizando el método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar, diversos autores que han aplicado este método a un gran número de proteínas han demostrado que el método puede predecir determinantes antigénicos con una exactitud del 75% y consideran que las predicciones obtenidas son mejores que la mayoría de los métodos conocidos (Kolaskar y Tongaonkar, 1990). Esto avala nuestros resultados, ya que con este método encontramos fragmentos de aminoácidos repetidos de cada una de las caracterizaciones de epítomos obtenidas con los métodos BCPred, AAP y FBCPred, además, se encontró un epítomo diferente. En la Tabla 1, se muestran estas repeticiones, los colores iguales indican en donde se encuentran las secuencias de aminoácidos repetidas. Finalmente, se debe realizar una validación experimental de la presente metodología propuesta mediante la inmunización con animales y con los sueros obtenidos, evaluados por ELISA, se verificaría si los anticuerpos del animal inmunizado son realmente efectivos con los epítomos consensos predichos.

Conclusiones

1. El método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar fue el mejor en la predicción de epítomos.
2. Se predijeron 6 epítomos lineales de células B.
3. El estudio de predicción de epítomos permitió localizar los posibles sitios de unión de anticuerpos presentes en la proteína C6XFB8, lo cual pudiera facilitar el desarrollo de un método inmunoenzimático de detección del HLB, en futuros estudios.

Agradecimientos

Recursos Fiscales INIFAP

Literatura citada

Abbas, A. K y A. H. Lichtman. 2004. Inmunología celular y molecular. 5th ed. Elsevier Science, Grafos S. A. Madrid, España. 344 p.

- Bastianel, C., M. Garnier-Semancik, J. Renaudin and J. M. Bové. 2005. Diversity of "Candidatus Liberibacter asiaticus," Based on the omp Gene Sequence. *Appl. Environ. Microbiol.* 71(11): 6473-6478.
- Chen, J., H. Liu, J. Yang and K. Chou. 2007. Prediction of linear B-cell epitopes using amino acid pair antigenicity scale. *Amino Acids* 33:423-428.
- Davydov, Y. I. and A. G. Tonevitsky. 2009. Prediction of linear B-Cell epitopes. *Mol. Biol.* 1:150-158.
- Duan, Y., L. Zhou, D. G. Hall, W. Li, H. Doddapaneni et al. 2009. Complete genome sequence of citrus huanglongbing bacterium, 'Candidatus Liberibacter asiaticus' obtained through metagenomics. *Mol. Plant-Microbe Interactions* 22(8):1011-20.
- EL-Manzalawy, Y, D. Dobbs and V. Honavar. 2008. Predicting linear B-cell epitopes using string kernels. *J. Mol. Recognit.* 21:243-255.
- EL-Manzalawy, Y, D. Dobbs and V. Honavar. 2008b. Predicting flexible length linear B-cell epitopes. p. 121-131. In: 7th International Conference on Computational Systems Bioinformatics. Stanford, CA, USA.
- Flower, D. 2007. Immunoinformatics: Predicting immunogenicity in silico. Vol. 1. Humana. Totowa, NJ, USA. p. 1-18.
- Jagueix, S., J. M. Bové and M. Garnier. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease is a member of the α -subdivision of the Proteobacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology* 44:379-386.
- Jens, E., L. Pontoppidan, L. Ole and N. Morten. 2006. Improved method for predicting linear B-cell epitopes. *Imm. Res.* 2:1-7.
- Kolaskar, A. S. and P. C. Tongaonkar. 1990. A semi-empirical method for prediction of antigenic determinants on protein antigens. *FEBS Lett.* 276:172-174.
- Langeveld, J., J. Martinez Torrecuadrada, R. Boshuizen, R. Meloen and C. Ignacio. 2001. Characterisation of a protective linear B cell epitope against feline parvoviruses. *Vaccine* 2352-2360.
- Li, W. B., J. S. Hartung and L. Levy. 2007. Evaluation of DNA amplification methods for improved detection of "Candidatus Liberibacter species" associated with citrus Huanglongbing. *Plant Disease* 91:51-58.

- Lin H., H. Doddapaneni, X. Bai J. Yao, X. Zhao y E. Civerolo. 2008. Acquisition of uncharacterized sequences from *Candidatus Liberibacter*, an unculturable bacterium, using an improved genomic walking method. *Molecular and Cellular Probes* 22:30-37.
- Pier, G., J. Lyczak and L. Wetzler. 2004. *Immunology, Infection, and Immunity*. Vol. 1. ASM Press. PL. Washington, USA. 718 p.
- Robles G, M. M., J. J. Velázquez M., M. A. Manzanilla R., M. Orozco S., R. Flores V. y V. M. Medina U. 2010. Síntomas del Huanglongbing en Limón Mexicano. Primeras observaciones. p. 141-149. In: Memoria del 1er. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo de Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, Nuevo León, México.
- Rodríguez, Q. C. G. 2015. Identificación de proteínas con función antigénica en *Candidatus Liberibacter asiaticus* relacionadas con el huanglongbing y su posible interacción en limón mexicano. Tesis de Maestría. Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Reynosa, Tamaulipas, México. 90 p.
- Rodríguez, Q. C. G., E. I Alanís M., J. Velázquez M. e I. H. Almeyda L. 2010. Optimización de la técnica de extracción del DNA de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. In: Memoria electrónica del 1er Simposio Nacional sobre Investigación sobre el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, Nuevo León, México.
- Saha, S. and G. P. Raghava. 2004. BcePred: Prediction of continuous B-cell epitopes in antigenic sequences using physico-chemical properties. *Artificial Immune Systems, Third International Conference (ICARIS)*. LNCS, 3239:197-204.
- Saha S. and G. P. Raghava. 2006. Prediction of continuous B-cell epitopes in an antigen using recurrent neural network. *Proteins* 65:40-48.
- Sambrook, J., E. F. Fritsch and T. Maniatis. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*, Cold Spring Harbor Laboratory Press. New York, USA. 1626 p.
- Tomimura, K., S. Miyata, N. Furuya, K. Kubota et al. 2009. Evaluation of genetic diversity among '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' isolates collected in Southeast Asia. *Phytopathology* 9(9):1062-1069.
- Yasser, E.M., D. Dobbosc and V. Honavara. 2008. Predicting linear B-cell epitopes using string kernels. *J. Mol. Recognit.* 21(4):243-255.
- Yang, X. and X. Yu. 2009. An introduction to epitope prediction methods and software. *Rev Med. Virol.* 19(2):77-96.



INTERINJERTOS TRIFOLIADOS PARA PLANTACIONES INTENSIVAS DE LIMÓN MEXICANO

Víctor Manuel Medina-Urrutia⁵⁹⁴, Marciano Manuel Robles-González⁵⁹⁵, Miguel Ángel Manzanilla-Ramírez⁵⁹⁵ y Jaime Eduardo Reyes-Hernández⁵⁹⁴

Resumen

En el presente estudio se comparó el efecto de nueve genotipos utilizados como interinjertos y un testigo en el crecimiento, rendimiento y densidad de plantación estimada de árboles de limón mexicano. Se emplearon ocho genotipos intermedios del grupo de los trifoliados, el mandarino Shekwasha y el testigo Macrofila, sin interinjerto. Los citranges C-35, Benton y Benecke desarrollaron arboles vigorosos similares al testigo. Mientras que los naranjos trifoliados Flying Dragon (FDT) y Hiryu, se comportaron como achaparrantes. La reducción de altura por el empleo de achaparrantes con respecto al testigo Macrofila varío entre 21.7 y 24.3%, en arboles de cinco años y 27.1 a 30.1%, a los 10 años de edad. La reducción en el diámetro de copa varío del 7.3 al 10% y entre 28.7 y 30.8% en arboles de 5 y 10 años de edad, respectivamente. Los naranjos trifoliados FDT y Hiryu mostraron el mayor grosor de tronco intermedio, seguidos de los citranges. El menor perímetro del tronco del mandarino Shekwasha, contraste con los trifoliados, que se caracterizaron por desarrollar un tronco más prominente, sobrepasando tanto al perímetro del patrón como de la variedad. La cantidad estimada de árboles a plantar empleando interinjertos achaparrantes es de 560 por hectárea, con un rendimiento potencial de 60 t/ha los primeros cinco años y 55 a 57 t/ha del sexto al undécimo año. El estudio aporta resultados útiles para hacer frente al problema del HLB mediante el uso de densidades de plantación mayores a las actuales utilizando genotipos intermedios achaparrantes.

Palabras clave: Citrus aurantifolia, tamaño de árbol, Huanglongbing, Poncirus trifoliata, eficiencia de rendimiento

⁵⁹⁴ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. muv20099@cucba.udg.mx, vmmedinau@gmail.com

⁵⁹⁵ INIFAP-Campo Experimental Tecoman.

Introducción

La enfermedad conocida como HLB afecta severamente las plantaciones de limón mexicano en Colima. La alta incidencia de la enfermedad reduce el rendimiento hasta en un 50% (Robles-González et al., 2014). Con el empleo de 200 a 300 árboles por hectárea que usan actualmente los productores y la presencia del HLB, la rentabilidad de las huertas ha disminuido considerablemente, lo cual ha desanimado a los productores a continuar en este cultivo, lo que ha ocasionado la disminución de la superficie estimada de 10,000 ha, en los últimos ocho años. Resulta claro que, para continuar en el negocio, es necesario convivir de manera rentable con esta enfermedad. En otras especies los productores han aprendido que llevando un manejo más intensivo de las plantaciones es posible sobreponerse a problemas fitosanitarios de alto riesgo como son la sigatoka negra del banano y las enfermedades virosas de papayo y continuar en el negocio. En el caso de limón mexicano también es necesario intensificar su manejo, lo cual implica aumentar la densidad de plantación y controlar el crecimiento de los árboles, aplicar una nutrición balanceada y realizar un control más eficiente y oportuno de los problemas fitosanitarios.

Ante este escenario, el uso de una óptima densidad de plantación y poda de los árboles es crítico. Estudios previos realizados en distintas especies de cítricos, han demostrado que utilizando arboles de vigor reducido es posible plantar de 600 hasta 2,500 árboles por hectárea y alcanzar rendimientos anuales rentables (Stuchi y Donadio, 2003; Wheaton et al., 1991; Stover et al., 2008).

El uso de portainjertos e interinjertos achaparrantes ha sido una opción estudiada para controlar el tamaño del árbol y contribuir al empleo de altas densidades de plantación (Medina-Urrutia et al., 2000; Castle y Phillips, 1977; Castle, 1987; Stuchi y Donadio, 2003; Medina-Urrutia, 1996). Sin embargo, las experiencias de largo plazo en este tema son muy escasas. Los arboles de limón mexicano sobre portainjertos trifoliados achaparrantes no se adaptaron a suelos calcáreos y mostraron fuertes síntomas de clorosis férrica desde los primeros años (Medina-Urrutia et al., 2000). En un trabajo posterior se demostró que con el uso de interinjertos trifoliados, es posible reducir notablemente el tamaño de los arboles con respecto al testigo y con ello aumentar la densidad de plantación en suelos alcalinos (Medina-Urrutia et al., 2014).

Por otra parte, en la actualidad, la poda constituye el único recurso utilizado para controlar el tamaño de los árboles en plantaciones actuales. Sería deseable contar árboles que faciliten esta ardua y difícil tarea y mantener una alta producción y calidad de fruta durante la vida productiva de las plantaciones.

El objetivo del presente estudio fue comparar distintos genotipos achaparrantes empleados como intermedios, en base a su crecimiento, rendimiento y potencial de uso en altas densidades de plantación de limón mexicano en Tecomán, Colima, México.

Materiales and métodos

Localidad. Este trabajo se realizó en el Campo Experimental de Tecomán, Colima, localizado en las coordenadas 18°27'96" latitud norte y 103°50' longitud oeste, en el pacífico de México. El clima en esta región es tropical tiene una temperatura promedio de 27°C y una precipitación de 800 mm anuales. El suelo tuvo una textura migajón arcillo arenosa de pH 8.2. El contenido de carbonato de calcio vario de 6 a 17%. La conductividad eléctrica fue 1.0 dS/m.

Materiales. De una lista de 22 materiales de cítricos que se evaluaron como interinjertos, se seleccionaron nueve por sus características contrastantes de crecimiento. Los interinjertos estuvieron compuestos por la combinación del patrón Macrofila (*C. macrophylla* Wester), sobre el cual se injertaron las siguientes especies: el mandarino Shekwasha (*C. depressa* Hay), los citranges Savage, Benton y C-35 (*C. sinensis* (L.) Osb. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf), los naranjos trifoliados Hiryu, Flying Dragon, Benecke y Pomeroy (*P. trifoliata* (L.) Raf) y el híbrido Cleopatra x Swingle (*C. reticulata* x (*C. paradisi* x *P. trifoliata*)). Estas nueve interinjertos y el patrón Macrofila usado como testigo se injertaron a su vez con el limón mexicano.

Plantación y manejo. Los árboles se plantaron a una distancia de 8 x 4 m. Las hileras se orientaron en la dirección Norte-Sur. Los primeros dos años los arboles fueron irrigados utilizando un sistema de riego por goteo. A partir del tercer año se cambió a un sistema de riego por micro aspersion. Los volúmenes de riego se incrementaron a medida que los arboles crecieron. La fertilización durante los primeros años se basó en un programa recomendado para limón en la región. Del cuarto año en adelante se aplicó un programa de fertilización basado en el análisis foliar y volumen de producción. Las plagas y enfermedades presentes en el follaje fueron controladas siguiendo el programa recomendado previamente para limón mexicano en Colima (Medina-Urrutia et al., 2001).

Variables estudiadas. Se registraron las siguientes variables: altura del árbol, diámetro de copa, perímetro de tronco (del patrón, intermedio y variedad). La variable superficie de suelo cubierta con follaje se determinó con la fórmula del área del círculo. El rendimiento se registró en kg por árbol al sumar todas las cosechas por año. Con estos datos y el número de árboles se determinó el rendimiento en t/ha. También se registró la eficiencia productiva, que consistió en el rendimiento por área de suelo cubierto de follaje.

Estadísticos. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. Cada repetición estuvo formada por cinco arboles por tratamiento para un total de 50 árboles por repetición. La parcela total fue de cinco árboles y la experimental estuvo integrada por los tres arboles centrales.

Resultados y discusión

Crecimiento del tronco. Se observó que los achaparrantes FDT y Hiryu utilizados como interinjertos tendieron a disminuir el perímetro de tronco del patrón en comparación con el Testigo (Cuadro 1). La diferencia entre los arboles de mayor y menor grosor del tronco del patrón (Macrofila) entre los distintos tratamientos fue de 6.3 y 11.4 cm a los cinco y 10 años de edad de los árboles. Similarmente, los naranjos trifoliados FDT y Hiryu mostraron el mayor grosor de tronco intermedio. Le siguieron en grosor de tronco los citranges. El que mostró el menor grosor de tronco fue el mandarino Shekwasha (Cuadro 1). La diferencia entre los arboles de mayor y menor perímetro del tronco del intermedio entre los distintos genotipos fue de 30.7 y 36.1 cm a los cinco y 10 años de edad de los árboles. El citrange Benton, favoreció mayor grosor de tronco del cultivar de limón mexicano tanto a los 5, como a los 10 años de edad de los árboles. La diferencia entre los arboles de mayor y menor grosor del tronco de la variedad de limón mexicano, entre los distintos genotipos empleados como intermedios fue de 7.2 y 13.0 cm a los cinco y 10 años de edad de los árboles.

Cuadro 1. Perímetro de tronco de árboles de limón con diferentes interinjertos. Tecomán, Col. México.

Interinjertos	Perímetro del tronco (cm)		
	Portainjerto	Intermedio	Variedad
Shekwasha	41.8 ± 1.77	40.2 ± 2.73	45.6 ± 4.87
Benecke	42.4 ± 3.84	57.4 ± 1.67	47.0 ± 3.45
FDT	42.5 ± 3.75	67.8 ± 2.02	49.1 ± 2.63
C x S	45.1 ± 0.72	52.4 ± 2.79	49.0 ± 2.76
C-35	43.1 ± 2.22	48.8 ± 1.80	45.8 ± 4.82
Savage	42.1 ± 2.67	48.2 ± 2.84	47.5 ± 4.54
Pomeroy	40.5 ± 1.52	51.6 ± 3.60	46.4 ± 2.88
Hiryu	39.7 ± 2.18	68.0 ± 0.82	48.7 ± 4.03
Benton	44.8 ± 2.48	46.4 ± 3.24	50.3 ± 1.44
Testigo	43.1 ± 2.59	0.0 ± 0.00	47.5 ± 2.30

Crecimiento de copa. Consistentemente los árboles de limón mexicano con Hiryu y FDT como intermedios, se distinguieron por desarrollar los arboles más pequeños, tanto en los primeros años como en edad adulta. El testigo limón mexicano en Macrofila, así como sobre los intermedios Citranges C-35 y Benton se destacaron por propiciar un crecimiento vigoroso (Cuadros 2). La reducción de altura por el empleo de achaparrantes como interinjertos con respecto al testigo Macrofila varió entre 21.7 y 24.3%, en árboles de cinco años y 27.1 a 30.1%, a los 10 años de edad (Cuadro 2). La reducción en el diámetro de copa varió del 7.3 al 10% y entre 28.7 y 30.8% en árboles de 5 y 10 años de edad respectivamente.

Rendimiento y densidad de plantación. En los primeros cinco años el rendimiento de Hiryu y FDT, que son más chaparros fue cercano a 100 kg/árbol, mientras que el testigo Macrofila produjo 108 kg. Tomando en cuenta el crecimiento de la copa a través del tiempo, se estimó la densidad de plantación potencial para cada tratamiento (Cuadro 2). A los 5 años, los más promisorios por su producción fueron Hiryu y FDT, con 59 a 60 t/ha respectivamente, los cuales prácticamente duplicaron el rendimiento del testigo. A los 10 años, todos los interinjertos incrementaron su rendimiento alcanzando una producción que vario de 38 a 61 t/ha. Los arboles achaparrantes (FDT y Hiryu) no aumentaron el rendimiento, pero se mantuvieron con producciones elevadas (55 y 57 t/ha), comparables a los demás tratamientos en ese periodo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Crecimiento, rendimiento y densidad de plantación estimada para limón mexicano en diferentes interinjertos. Tecomán, Col., México.

Interinjertos	Crecimiento a los 10 años		Arboles/ha	Rendimiento t/ha/año	
	Altura (m)	Diámetro copa (m)		2-6 años	7-11 años
Shekwasha	4.3	5.7	312	33.4	61
Benecke	3.4	4.7	400	38.8	50
FDT	2.8	4.0	568	60.0	55
C x S	4.1	5.6	312	34.3	57
C-35	4.4	6.1	312	31.6	60
Savage	4.2	5.8	312	28.1	54
Pomeroy	3.4	5.3	312	25.6	38
Hiryu	2.9	4.1	557	59.0	57
Benton	4.3	5.9	312	29.3	57
Testigo	4.0	5.7	312	33.7	56

El de limón mexicano sobre la mayoría de interinjertos, desarrollaron árboles de tamaño similar al testigo por lo que podrían plantarse a la misma densidad que el testigo. Sin embargo, los interinjertos Hiryu y FDT, que propiciaron el desarrollo de árboles más

pequeños, presentan buenas perspectivas para su empleo en altas densidades de plantación, ya que por su menor tamaño se podrían establecer en densidades superiores a los 312 árboles/ha. La plantación inicial de árboles de limón con estos interinjertos, podría considerar el empleo de 560 árboles/ha. De mantenerse esa densidad se podrían producir de manera consistente arriba de 55 t anuales por hectárea durante 10 años.

Esto podría resultar favorable para lograr dos propósitos muy importantes: 1) obtener rendimientos muy elevados los primeros años y recuperar rápidamente el capital invertido y 2) mitigar el impacto en producción que podría causar la presencia de HLB en esta especie. Además, debido a que el portainjerto de los intermedios es Macrofila, los interinjertos achaparrantes tienen la ventaja de adaptarse mejor a suelos alcalinos y por su reducido tamaño requieren la aplicación de poda con menor frecuencia e intensidad, se facilita la cosecha y la aplicación de productos al follaje, lo que repercute en conjunto, en una reducción de los costos de producción

Conclusiones

Se encontró que, con el empleo de dos genotipos de naranjo trifoliado, Hiryu y FDT empleados como interinjertos, se redujo en cerca del 30% el tamaño de la copa de los árboles de limón mexicano en comparación con el testigo convencional. La reducción en tamaño permite aumentar al doble la cantidad de árboles por hectárea, lo cual repercute en la obtención de rendimientos anuales superiores a 55 t/ha durante 10 años. Este resultado representa una estrategia promisoriosa para mitigar impacto adverso del HLB y para el manejo más eficiente de las plantaciones de limón mexicano en alta densidad.

Literatura citada

Ashkenazi, S., Z. Asor, A. Rasis and D. Rosenberg. 1992. Flying dragon trifoliolate (FDT) as a dwarfing interstock for citrus trees. Proc. Int. Soc. Citriculture 284-285.

Bitter, W. P., D. A. Cole and C. D. McCarty. 1977. Citrus are not irrelevant as dwarfing stocks or interstocks for citrus. Pro. Int. Soc. Citriculture 2:561-567.

Castle, W. C. 1992. Rootstock and interstock effects on the growth of young "Minneola" tangelo trees. Proc. Fla. Sta. Hort. Sci. 105:82-84.

Castle, W. S. and R. L. Phillips. 1977. Potentially dwarfing rootstocks for citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2:558-561.

- Castle, W. S. 1987. Citrus rootstock. p. 361-399. In: Rom, R. C. and R. E. Carlson (eds.). Rootstocks for fruit crops. Wiley, New York, USA.
- Castle, W. S. D., P. H. Tucker, A. H. Krezdorn and C. Youtsey. 1993. Rootstocks for Florida citrus. University of Florida. IFAS. Sp. 42. 92 p.
- Cristofani-Yaly. M., M. Bastianel, L. Faldoni, S. Blumer, J. Pompeu-Junior, T. Michel de Paula-Campos, J. A. dos Santos-Júnior and M. A. Machado. 2007. Seleção citrandarins (tangerina sunki vs. poncirus trifoliata) para porta-enxertos de citros. Laranja, Cordeirópolis 28(1-2):71-79.
- Medina, U. V. M. 1996. Comportamiento de portainjertos de limón mexicano en Colima. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Folleto Técnico No. 3. 36 p.
- Medina-Urrutia, V. M., M. M. Robles-González, S. Becerra-Rodríguez, J. Orozco-Romero, M. Orozco-Santos, J. G. Garza-López et al. 2001. El cultivo del limón mexicano. Libro Técnico No. 1. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Tecomán. 188 p.
- Medina-Urrutia, V. M., S. Becerra-Rodríguez y M. M Robles-González. 2000. Potential of trifoliolate rootstocks to control tree size of Mexican lines (*Citrus aurantifolia* Christm Swingle). ISC Congress 2000.
- Phillips, R. J. and W. S. Castle. 1977. Evaluation of twelve rootstocks for dwarfing citrus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(5):526-528.
- Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo y R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(1):15-31.
- Stover, E, W, S. Castle and P. Spyke. 2008. The citrus grove of the future and its implications for huanglongbing management. Proc. Sta. State Hort. Soc. 121:155-159.
- Stuchi, S. E. and E. Augusto-Girardi. 2010. Use of horticultural practices in citriculture to survive Huanglongbing. Documents 189. 1st. ed. Brazilian Agricultural Research Corporation. Embrapa Cassava and Fruits. Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply. 69 p.
- Stuchi, E. S. and L. C. Donadio. 2003. Performance of Tahiti Lime on *Poncirus trifoliata* var. Monstrosa Flying Dragon in Four Densities. Fruits Paris 58(1):13-17.
- Wheaton, T. A., W. S. Castle, J. D. Whitney and D. P. H. Tucker. 1991. Performance of citrus scion cultivars and rootstocks in high-density planting. HortScience 26(7):837-840.

GÉNERO *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. UN PATRÓN CON PERSPECTIVA PARA LA CITRICULTURA EN CUBA

Rafael S. Jiménez Villasuso^{596*}, Fressy Pérez Campo⁵⁹⁷, Martha Rosa, Hernández Zaldivar⁵⁹⁷, Josefa Barbara Velázquez Palenzuela⁵⁹⁷, José Clemente⁵⁹⁸ y Asael Calvo⁵⁹⁹

Resumen

En la Unidad Científica Tecnológica de Base de Alquizar, al sur de la provincia Artemisa, Cuba, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), en condiciones de un sistema protegido, se estableció un trabajo experimental con los objetivos de determinar las características físico-químicas de los frutos de este género y su combinación con diferentes cultivares comerciales en la etapa de propagación, donde se establecieron las siguientes variables del fruto: masa fresca, diámetro ecuatorial y longitudinal, número y masa de la semilla, sólidos solubles totales (SST), acidez (AT), índice de madurez (SST/AT) y contenido de vitamina C; los métodos utilizados fueron los de Covenin (1977) y AOAC (1990). Para la fase de propagación, fueron valorados el porcentaje de germinación de la semilla y las combinaciones con los cultivares: limero Persa (*Citrus latifolia* T.), naranja Olinda Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), pomelos Marsh Jibarito y Ruby Red (*Citrus paradisi* Macf.), mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco) y limón Eureka (*Citrus limon* (L.) Burm.), determinándose en éstas los porcentajes de injertos logrados y de brotación, así como la duración de esta etapa. Además, se injertó el cultivar lima Persa en los sistemas protegidos de dos empresas de cítricos de Cuba, para evaluar su comportamiento en la etapa productiva. Se utilizó un diseño de bloques al azar; los datos fueron evaluados mediante un análisis de varianza de clasificación doble. Se utilizó la prueba de Tukey al 5% de significancia para detectar diferencias entre tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron que las características físico-químicas del fruto de este género en Cuba coinciden con las informadas a nivel internacional. En cuanto a la fase de propagación, este género mostró un alto porcentaje de germinación, exhibiendo un buen comportamiento combinado con limas y limones, no así en los demás cultivares.

Palabras clave: caracterización, propagación, cultivares

⁵⁹⁶ Centro de Desarrollo Tecnológico y Empresarial para Frutales del Trópico Húmedo, A.C. (CEDEFrut).

⁵⁹⁷ Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT).

⁵⁹⁸ Empresa de Cítricos de Juagüey Grande, Cuba.

⁵⁹⁹ Empresa de Cítricos de Ceballos Ciego de Ávila, Cuba.

Introducción

La familia Rutaceae abarca aproximadamente 1,600 individuos entre géneros y especies (Chandler, 1972), de los cuales los géneros Citrus, Poncirus y Fortunela son los más explotados comercialmente a nivel mundial. Sin embargo, hay otros géneros que han sido menos abordados, como es el género Swinglea. La Swinglea glutinosa (Blanco) Merr, Limonia glutinosa Blanco o Aegle glutinosa Blanco, según Swingle y Reece (1967), es un género perteneciente a la familia Rutaceae, oriunda de la Isla Luzón, Filipinas, conocida como Tabog o Swinglea. Swingle y Reece (1967) informaron que fue introducido en América después de la Primera Guerra Mundial en los países de Sudamérica y Centroamérica; además, sugieren que puede ser usado como patrón en países donde la temperatura en invierno es caliente, pues crece bien a temperaturas de 32°C y puede crecer y desarrollarse desde el nivel del mar hasta 1500 m de altitud, puede comportarse adecuadamente en suelos pesados, arenosos y arcillosos. Mahecha (2004) informó que es susceptible al Cáncer de los cítricos y hospederio de la *Diaforina citri*. Shokrollah et al. (2011) informaron que ha sido reportada la presencia de HLB en este género. Iwanami et al. (1993) indicaron que el *S. glutinosa* es resistente al Virus del Enanismo en Satsuma (SDV), a bajas temperaturas, y al Virus de Tristeza de los Cítricos (CTV), a altas y bajas temperaturas, y que es probable que tenga genes resistentes a las temperaturas. Al respecto, estos mismos autores refieren que es posible producir híbridos intergenéricos somáticos entre género Citrus o el género Poncirus con el *S. glutinosa*, ya que en Japón se han ejecutado estudios de regeneración entre híbridos intergenéricos somáticos utilizando fusión eléctrica entre los géneros Citrus y *S. glutinosa* (Takayanagi et al., 1992). Además, se ha recomendado como un buen patrón para áreas tropicales (Venning, 1957; Swingle y Reece, 1967; Jones, 1990). Gil et al. (2010) informaron que el extracto de tallos, hojas y flores de Swinglea glutinosa tiene acción de herbicida preemergente, y posemergente para las plantas arvenses. El extracto de este género también ha sido utilizado como biofungicida (Aguirre, 2008), por lo cual, se pone de manifiesto el potencial alelopático de Swinglea glutinosa. Es utilizado en Colombia como cercas vivas y setos (Segovia et al., 2000). Robayo y Rodríguez (2006) informaron el efecto alelopático de los extractos de *S. glutinosa* frente a arvenses de clima cálido, encontrando que la germinación se vio afectada debido a este efecto. Este género fue introducido en Cuba, desde Florida, Estados Unidos de Norteamérica, en la década de los años 50 por el Dr. Frank D. Venning (Castellón, 2010), donde se realizaron estudios para utilizarlo como patrón en combinación con un grupo de cultivares de género Citrus y géneros afines, lo cual dio como resultado que los limeros y limoneros presentaron un buen crecimiento y desarrollo, no así con otras especies del género Citrus (naranjas, toronjas y mandarinas) y del género Fortunella. Por lo anterior, se desprende que el primer requisito que debe tener un patrón en

el cultivo de los cítricos, es ser compatible con el cultivar que se le va a injertar (Newcomb, 1978; Jiménez, 1991; Valle, 1997; Valle et al., 2004; Jiménez y Zamora, 2010). En los últimos años, la incompatibilidad se ha estado usando como una táctica para reducir el tamaño de las plantas, con vistas a aumentar la cantidad de árboles por área, para elevar los rendimientos por superficie (Jiménez y Zamora, 2010).

Materiales y métodos

El trabajo experimental se ejecutó en la Unidad Científica Tecnológica de Base de Alquizar, al sur de la provincia Artemisa, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, ubicada en la provincia de Artemisa, situada a los 22° 77' 45" de latitud Norte y a los 82° 56' 28" de longitud Oeste, a 6.80 msnm, en condiciones de un sistema protegido. Con los objetivos de determinar las características físico-químicas de los frutos de este género y su combinación con diferentes cultivares comerciales en la etapa de propagación, se seleccionaron cinco árboles *S. glutinosa* producidos de semillas a la intemperie en buen estado fitosanitario visualmente, con más de 60 años de edad; se establecieron las siguientes variables físico-químicas: masa fresca (g), diámetro ecuatorial y longitudinal (mm), número y masa de la semilla (g), sólidos solubles totales (SST en °Brix), acidez (AT % de ácido cítrico/100 ml de jugo), índice de madurez (SST/AT) y contenido de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 ml de jugo). Los métodos utilizados fueron los de Covenin (1977) y AOAC (1990). Se aplicó un diseño completamente al azar, se seleccionaron cinco árboles (replicas) y se tomaron cuatro frutos por árbol para un total de 20. Los estadígrafos descriptivos, valores medios, error estándar, valores máximos, mínimos y coeficiente de variación se determinaron por Microsoft Office Excel y para la fase de propagación, fueron valorados el porcentaje de germinación de la semilla, donde se pusieron a germinar 1000 semillas en 10 recipientes (100 semillas en cada uno) y se evaluó el porcentaje de germinación. Las plántulas fueron trasplantadas a recipientes plásticos (bolsas), cuando alcanzaron 10 cm o más de altura; los injertos se realizaron cuando las plantas alcanzaron el estado óptimo para esta operación, que es cuando el tronco tiene un diámetro de 5 mm de espesor (altura de 25 a 30 cm). Los cultivares injertados fueron: limero Persa (*Citrus latifolia* T.), naranja Olinda Valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), pomelos Marsh Jibarito y Ruby Red (*Citrus paradisi* Macf.), mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco), mandarina Satsuma (*Citrus unshiu* (Mak.) Marc.) y limón Eureka (*Citrus limon* (L.) Burm.). Se injertaron 20 plantas por cultivar, para un total de 140. Las yemas utilizadas estaban vegetativamente maduras y certificadas, el tipo de injerto utilizado fue de chapa o T invertida. Se les quitó el nylon a los injertos a los 17 días de realizados, determinándose en estas combinaciones el porcentaje de

injertos logrados y de brotación, así como la duración de esta etapa. Se utilizó un diseño de bloques al azar de clasificación doble con siete tratamientos (cultivares) y cinco réplicas, cuatro plantas por replica, para un total de 20 plantas por tratamiento. Los datos fueron procesados por un análisis de varianza de clasificación doble; se utilizó la prueba de Tukey al 5% para detectar diferencias significativas (Lerch, 1977). Se aplicaron todas las labores fitotécnicas establecidas para cultivos protegidos de cítricos. Además, se injertó el cultivar lima Persa en los sistemas protegidos de dos Empresas de Cítricos del país, para evaluar su comportamiento en la etapa productiva usando como testigo al naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.).

Resultados y discusión

Caracterización del *Swinglea glutinosa* Merr.

El árbol es de porte medio a alto con espinas, el tronco presenta estrías o grietas parecidas a los híbridos del género *Poncirus*, follaje de color verde intenso (Figura 1), hojas trifoliadas (Figura 2 A), los frutos son verde claro cuando no están maduros y amarillo limón cuando si lo están, lo cual corrobora lo informado por Swingle (1943) y Swingle y Reece (1967) (Figura 2). En la Figura 2 (B y C) se observan plantas en la fase de vivero, donde se muestra su sistema radicular.



Figura 1. Árboles de *Swinglea glutinosa*. A árbol de más de 60 años. B árbol de 30 años. C árbol de 20 años en las localidades de Santiago de las Vegas, Cienfuegos y Jagüey Grande en las provincias de la Habana, Cienfuegos y Matanzas, respectivamente.



Figura 2. A hojas, B y C plántulas, D, E y F frutos, G Semillas de Swinglea glutinosa.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del fruto de *S. glutinosa*.

Esta.	Masa fruto (g)	Diámetro fruto (mm)	Altura fruto (mm)	Relación D/A	# semilla	Masa 100 semillas (g)	Vit C	% Acidez	% SST	IM
X	228.5	65.9	98.1	1.5	92.4	3	7.3	0.90	13.3	14.8
Max	283.1	73.1	110.5	1.7	105.0	3.3	8.5	0.95	14.3	16.4
Min	167.2	60.0	78.3	1.3	77.0	2.5	6.1	0.87	12.2	13.0
ESx	45.0	4.85	8.81	0.09	11.72	0.33	1.2	0.05	0.96	1.72
CV	19.69	7.36	8.98	6.3	12.68	11.00	16.4	5.55	7.22	11.6

En el Cuadro 1 se observa que los frutos dieron una masa 228.5 g, un diámetro de 69.5 mm y una altura de 98.1 mm, lo cual corrobora lo informado por Mahecha (2004), teniendo un tamaño mayor que los informados por Swingle (1943) y Swingle y Reece (1967). El fruto presenta un promedio de 92 semillas en nuestras condiciones (Cuadro 1). En Venezuela se reportó hasta 120 semillas por fruto (Tagliaferro, 2013). La forma de la semilla se muestra en la (Figura 2 G). El porcentaje de vitamina C, la acidez y el contenido de sólidos solubles totales, se consideran aceptables, su índice de madurez es alto (Cuadro 1). Presenta un gran número de semillas por gramo de semillas, lo cual corrobora lo informado por Mahecha (2004), quien informó que por cada kilogramo de masa de semilla se producen entre 18.9 y 21.9 plántulas.

Etapa de propagación

En el Cuadro 2 se observa que en cada tratamiento hubo un rango entre 70 y 90% de germinación, obteniéndose una media de 80%, lo cual coincide con lo informado por Swingle y Reece (1967), quienes indican que las semillas de este género poseen una alta viabilidad, y con Mahecha (2004), que informan que tienen de 90 a 99% de pureza y un intervalo de

germinación de 70-85%. Respecto a la germinación, Jiménez y Zamora (2010) informaron que hay otros patrones, pero del género Citrus, que son utilizados en la actualidad a nivel internacional, como el limón rugoso y la mandarina Shekwasha, que tienen más de 90% de germinación, e híbridos del Poncirus con más de 80% en nuestras condiciones.

Cuadro 2 Porcentaje de germinación.

Tratamiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Media
Swinglea glutinosa	70	80	75	85	73	82	75	79	85	90	80

Las semillas de Swinglea comenzaron a germinar entre los 30 y 40 días de sembradas y llegaron al estado de trasplante a los 100 días y de éste a la fase óptima de injertación en 150 días (Cuadro 3). Jiménez (1991) al respecto informó que los patrones naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) y los citranges Troyer y Carrizo híbridos de (*Poncirus trifoliata* Raf x *Citrus sinensis* (L.) Osb.) estudiados en esta misma fase durante tres años, presentaron un comportamiento similar al obtenido sobre *S. glutinosa*, no así al *Citrus amblycarpa* O. que se demoró más tiempo en cumplir esta fase. Es posible acortar este el tiempo de esta fase, si se hace la siembra directa al envase plásticos (bolsas) o en bandejas, pero en el envase se puede correr el riesgo de propagar plantas con defectos radiculares (cuello de ganso), no así en las bandejas, que se podrá hacer una selección de las posturas.

Cuadro 3. Resultados obtenidos desde la siembra a la injertación del patrón Swinglea glutinosa (+ Jiménez, 1991).

Patrón	Duración (días)		
	Siembra- trasplante	Trasplante-injertación	Siembra-injertación
Swinglea glutinosa (B) Merr	100	150	250
<i>Citrus aurantium</i> L.+	135	159 a	274 b
<i>Citrus volkameriana</i> Ten & Pasq+	135	112 c	226 c
<i>Citrus amblycarpa</i> (Hassk) Oshse+	158	149 b	309 a
Citrango Troyer y Carrizo+	146	154 a	286 b
Esx	NS	2.8 **	3.0**
CC, %	1.1	4.0	2.0

En el Cuadro 4 se observa el porcentaje de injertos prendidos de los cultivares estudiados sobre este patrón a los 17 días de injertados, sin embargo, a los 12 días de zafados éstos, disminuyó el porcentaje de injertos vivos en cultivar de mandarina Dancy (Cuadro 5), quizás esto esté motivado por dos causas, que al injerto hay que darle más tiempo de amarre, para que haya una buena cicatrización injerto–patrón, ya que estos son dos géneros diferentes, o

también pudiera ser causado por el estado de maduración de la yema, ya que los cultivares de limón Eureka, pomelo Frost Marsh y naranja Olinda Valencia, que tienen los valores más altos, las yemas estaban en una madurez óptima; sin embargo, en los demás cultivares las yemas estaban menos maduras vegetativamente.

Cuadro 4. Porcentaje de injertos vivos a los 17 días de injertados.

Cultivar	Prendimiento, %
Limero Persa (<i>Citrus latifolia</i> T.)	95
Pomelo Frost Marsh (<i>Citrus paradisi</i> M.)	100
Naranja Olinda Valencia (<i>Citrus sinensis</i> (L) Osb.)	100
Pomelo Ruby Red (<i>Citrus paradisi</i> Macf.)	100
Limón Eureka (<i>Citrus limon</i> (L) Burm.)	100
Mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata</i> B.)	95
Mandarina Satsuma (<i>Citrus unshiu</i> (Mak.) Marc.)	100
CV, % = 17.6	P<0.05

Cuadro 5. Porcentaje de injertos vivos a los 12 días después de quitado el nylon.

Cultivar	Prendimiento, %
Limero Persa (<i>Citrus latifolia</i> T.)	95 a
Pomelo Frost Marsh (<i>Citrus paradisi</i> M.)	100 a
Naranja Olinda Valencia (<i>Citrus sinensis</i> (L) Osb.)	100 a
Pomelo Ruby Red (<i>Citrus paradisi</i> Macf.)	90 a
Limón Eureka (<i>Citrus limon</i> (L) Burm.)	100 a
Mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata</i> B.)	10 b
Mandarina Satsuma (<i>Citrus unshiu</i> (Mak.) Marc.)	100
CV, % = 15.2	P<0.05

Hay que destacar que Venning (1957) utilizó el método de injerto tangencial con patrón decapitado (corona) y obtuvo un buen prendimiento, sin embargo, en trabajos hechos simultáneamente con este experimento en los sistemas de certificación de las Empresas de Cítricos de Jagüey Grande y Ceballos en Matanzas y Ciego de Ávila, respectivamente, se usó el injerto de chapa para el cultivar lima Persa y hubo un alto porcentaje de injertos logrados, pero las yemas estaban en estado óptimo de madurez. Es posible que las yemas no broten por el carácter alelopático de este género, ya que Robayo y Rodríguez (2006) informaron el efecto alelopático de los extractos de *S. glutinosa* frente a arvenses de clima cálido.

Como se observa en la Cuadro 6, los injertos comienzan a brotar a los 74 d, sin embargo, generalmente cuando se realizan injertos en patrones tradicionales usados en el país, la brotación se demora en comenzar alrededor de un mes (20 y 35 d) en dependencia de los cultivares y patrones empleados (Jiménez, 1991), sin embargo, con el uso de este patrón se demora más el comienzo, lo que parece indicar que al ser este patrón de otro género, la afinidad patrón–injerto demora más tiempo en cicatrizar los tejidos. Esto también se manifiesta cuando usamos patrones del género Poncirus y sus híbridos (Jiménez et al., 1987; 1989) para los cultivares de toronja Frost Marsh y tangelo Orlando, respectivamente.

Cuadro 6. Comienzo de la primera brotación (días) desde la injertación.

Cultivar	Días	Plantas brotadas, %
Limero Persa (Citrus latifolia T.)	74	100.0 a
Pomelo Frost Marsh (Citrus paradisi M.)	0	0.0 b
Naranja Olinda Valencia (Citrus sinensis (L) Osb.)	0	0.0 b
Pomelo Ruby Red (Citrus paradisi Macf.)	0	0.0 b
Limón Eureka (Citrus limon (L) Burm.)	74	88.9 a
Mandarina Dancy (Citrus reticulata B.)	74	10.0 b
Mandarina Satsuma (Citrus unshiu (Mak.) Marc.)	50	100.0 a
CV, % = 7.9		P<0.05

En cuanto al porcentaje de plantas brotando, se observa que el limero Persa y la mandarina Satsuma tienen un 100% y el limón Eureka 88.9%, no habiendo diferencias significativas, sin embargo, la mandarina Dancy tiene un porcentaje muy bajo, contrario a la mandarina Satsuma, aunque hay que destacar que son especies diferentes. Valle (2004) informó que el tangelo Orlando híbrido de la mandarina (Citrus reticulata B. x Citrus paradisi M.) tiene buena compatibilidad con este patrón. En los pomelos y la naranja Valencia no brotaron los injertos después de seis meses de efectuados; parece que estas dos especies tienen problemas de compatibilidad, esto corrobora lo informado por Venning (1957), quien indicó que los injertos de estas especies tienen problemas para brotar, aunque hay que señalar que la mandarina Dancy brotó un 10% de las plantas. Esto también puede ser debido a que este patrón tiene efectos alelopáticos, ya que los extractos de este patrón son usados como herbicida y fungicidas (Gil et al., 2010; Robayo y Rodríguez, 2006).

En la Figura 3 (A, B y C) se observan injertos de limón Eureka, lima Persa y mandarina Dancy en perfecto estado de crecimiento y desarrollo, sin embargo, en esta misma Figura 3 (D) los injertos del pomelo Ruby Red no han brotado las yemas después de 6 meses de injertadas. En las Figuras 4 y 5 se observa el buen desarrollo del limero Persa sobre S. glutinosa, comparado con el naranjo agrio en las Empresas de Cítricos de Jagüey Grande y

Ceballos. En la Figura 6 se observan plantas de Swinglea glutinosa en semillero e injertadas con lima Persa de dos meses de edad en el estado de Trujillo en Venezuela (Tagliaferro, 2013).



Figura 3. A, Limón Eureka; B, Lima Persa; C, Mandarina Dancy; D, yemas de pomelo Ruby Red sin brotar a los seis meses de injertadas.



Figuras 4 A, B y C Planta de lima Persa sobre Swinglea glutinosa y D sobre naranjo agrio en la etapa de vivero en la Empresa de Cítricos de Jagüey Grande provincia de Matanzas.



Figura 5 A, B y D Planta de lima Persa sobre Swinglea glutinosa y C planta de lima Persa sobre naranjo agrio en la etapa de vivero en la Empresa de Cítricos de Ceballos provincia de Ciego de Ávila.



Figura 6 Lima Persa injertada sobre Swinglea glutinosa a los dos meses en Venezuela.

Conclusiones

Las características físico- química evaluadas del *Swinglea glutinosa* en nuestro país, poseen un comportamiento similar a las informadas en otras regiones del mundo. El *S. glutinosa* presentó un alto porcentaje de germinación y su permanencia en la etapa de semillero y viveros es similar a varios patrones que se utilizan comercialmente en Cuba. *S. glutinosa* se combinó bien con todos los cultivares que le fueron injertados, destacándose los limeros, limoneros y la mandarina Satsuma, los cuales tuvieron más del 80% de brotación, no así para naranjos y toronjos que no brotaron, ni se desarrollaron los injertos. El cultivar lima Persa se comportó bien cuando se combinó con *S. glutinosa* en los sistemas protegidos de las Empresas de Cítricos de Jagüey Grande y de Ceballos en Matanzas y Ciego de Ávila respectivamente.

Recomendaciones

Incluir el *S. glutinosa* en el Banco de Germoplasma de Cítricos del país, para la conservación y diversificación de los recursos fitogenéticos de este cultivo. Utilizar el *S. glutinosa* en viveros Propagadores y Multiplicadores protegidos para limas, limones, mandarina Satsuma por su buen desarrollo y crecimiento en esta etapa. Fomentar plantaciones de limeros y limoneros en combinación con este patrón a baja escala en las empresas citrícolas del país. Estudiar la aplicación de interpatrones, usando patrones que se combinen bien sobre el *S. glutinosa* para desarrollar naranjas y pomelos, los cuales no son compatibles con este patrón.

Literatura citada

- Aguirre, J. E. 2008. Evaluación del efecto de diferentes extractos vegetales sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. Agente causal de la antracnosis en mango (*Mangifera indica* L.) Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- AOAC 1990. Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemist. Fifteen Edition. DC.
- Chandler, W. H. 1972. Frutales de hoja perenne. Instituto Cubano del Libro. PE. 83 p.
- Covenin. 1977. Frutas y productos derivados. Determinación de acidez titulable, azúcares totales y reductores, PH. Normas venezolanas. Caracas, Venezuela. 254 p.
- Castellón, R. J. 2012. Información personal.
- Gil, A. I., A. Celis y J. C. Cuevas. 2010. Efecto inhibitorio de extractos de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. y *Lantana camara* L. en preemergencia y posemurgencia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 4(2):223-234.
- Iwanami, T., M. Omura and H. Leki. 1993. Susceptibility of several citrus relatives to Satsuma Dwarf Virus. p. 352-356. In: Proceeding of the 12th Conference of the International Organization of Citrus Virologists.
- Jiménez, R., E. Frómeta y M. A. Santos. 1987. Estudio fonológico de seis patrones para la toronja Frost Marsh en la fase de vivero en el sur de la Habana. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Cítricos y otros frutales* 10(2):101-108.
- Jiménez, R., E. Frómeta y M. A. Santos. 1989. Estudio fonológico de seis patrones en combinación con el híbrido tangelo Orlando (*Citrus paradisi* M. x *Citrus reticulata* B.) en la fase de vivero en el sur de la Habana. *Agrotecnia de Cuba* 21(1):111-115.
- Jiménez, R. 1991. Comportamiento de seis patrones cítricos injertados con cuatro cultivares en la etapa de propagación y plantación. Tesis de Doctorado. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.
- Jiménez, R. y V. Zamora. 2010. Principales cultivares y patrones utilizados en la citricultura. Viveros de cítricos en el contexto fitosanitario actual. Taller Regional de Mejoramiento de la producción de material de propagación de cítricos en la cuenca del Caribe. FAO. La Habana, Cuba.
- Jones, D. T. 1990. A background for the utilization of citrus genetic resources in Southeast Asia 1: Classification of the Aurantioideae. p. 31-37. In: Proc. 4th Int. Asia Pacific Conf. Citrus Rehab. FAO. Rome.

- Lerch, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Ed. Científico-Técnica. La Habana, Cuba. p. 302-306.
- Mahecha, A. 2004. Vegetación del Territorio CAR, 450 especies de sus Llanos y Montañas. CAR. Bogotá, Colombia.
- Newcomb, B. D. A. 1978. Selection of rootstocks for salinity and disease resistance. p. 117-120. In: Proc. Int. Soc. Citriculture. I.
- Robayo, D. y Y. Rodríguez. 2006. Efecto alelopático de extractos de *Swinglea glutinosa* Murray y *Piper* sp. como inhibidores de germinación de semillas de arvenses asociadas a cultivos de clima cálido. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Colombia.
- Segovia, R., R. Sedano, G. Reina, G. López y A. van Schoonhoven. 2000. Árboles, arbustos y aves en el agroecosistema del CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Shokrollah, H., T. L. Abdullah, K. Sijam and S. N. A. Abdullah. 2011. Potential use of selected citrus rootstocks and interstocks against HLB disease in Malaysia. *Journal Crop Protection* 30:521-525.
- Swingle, T. W. 1943. The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily (Family Rutaceae, Subfamily Aurantiodeae). University of California Press. Berkeley and Angeles. 444 p.
- Swingle, W. T. and P. C. Reece. 1967. The botany of citrus and its wild relative, *Swinglea*. p. 403-406. In: Rehther, W., H. J. Webber and L. D. Bathelor (eds.). *Citrus Industry*. Vol. I. University of California. Riverside.
- Tagliaferro, F. 2013. Injertos de lima Persa sobre *Swinglea glutinosa*. Información personal.
- Takayanagi, R., T. Hidaka and M. Omura. 1992. Regeneration of intergeneric somatic hybrids by electrical fusion between Citrus and wild relatives: Mexican lime (*Citrus aurantifolia*) and Java feroniella (*Feroniella lucida*) or Tabog (*Swinglea glutinosa*) J. Japan Soc. Hort. Sci. 60:799-804.
- Valle, N. del. 1997. Como escoger el patrón para cítricos. Promotora Citrícola del Golfo. Procigo. Veracruz, México.
- Valle N. del, R. Rodríguez y K. Rodríguez. 2004. Comportamiento del tangelo Orlando injertado sobre patrones tolerantes a la tristeza de los cítricos. *Centro Agrícola* 31(3-4):38-42.
- Venning, F. D. 1957. Trials with *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. as a rootstock for citrus. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society* 70:306-307.

COMPORTAMIENTO DE FRUTOS ÁCIDOS SOBRE CUATRO PATRONES CÍTRICOS AL HLB EN CONDICIONES DE CAMPO EN CUBA

Rafael Segundo Jiménez Villasuso^{600*}, Fressy Pérez Campo⁶⁰⁰, Martha Rosa Hernández Zaldivar⁶⁰⁰, Josefa Bárbara, Velázquez Palenzuela⁶⁰¹, William Cabrera⁷, Maritza Luis⁶⁰¹ y Elvis Rodríguez Lemus⁶⁰²

Resumen

Se establecieron dos experimentos en condiciones de campo, uno en el que fueron injertadas yemas de limero Persa SRA 58 (*Citrus latifolia* T.) de una planta infestada con HLB, confirmada por PCR anidado sobre cuatro patrones: *Swinglea glutinosa* (B) Merr., *Citrus volkameriana* Ten & Pasq, (*Citrus aurantium* L.) y *Citrus amblycarpa* (Hassk) Oshse y otro donde se injertaron yemas certificadas de limón Eureka sobre dos patrones: *Swinglea glutinosa* (B.) Merr) y *Citrus volkameriana* Ten & Pasq. Se plantaron en un suelo Ferrasol Rhodric a una distancia de 6 m x 6 m y se le aplicó todas las labores fitotécnicas establecidas. Las variables evaluadas fueron: perímetros del patrón y del injerto (cm) y el diámetro y la altura de la copa (m) y sus relaciones respectivamente; además se evaluó la infestación de HLB por PCR anidado. Se utilizó un diseño de bloques al azar. Para las combinaciones de limero Persa se emplearon 5 réplicas y 4 tratamientos y para el limonero Eureka 5 réplicas y 2 tratamientos. Los datos fueron evaluados mediante análisis de varianza de clasificación doble; se utilizó la prueba de Tukey a una $P < 0.05$ para comparar las medias. El *C. volkameriana* indujo los mayores valores del crecimiento y presentó el mayor porcentaje de plantas infestadas por HLB para ambos cultivares. Los menores valores del crecimiento y de plantas infestadas se obtuvieron sobre el *S. glutinosa* para ambos cultivares. El naranjo agrio presentó también un alto porcentaje de infestación a HLB. La combinación lima Persa sobre *C. amblycarpa* no mostró síntomas en el periodo evaluado.

Palabra clave: cultivares, crecimiento, porcentaje de infestación

⁶⁰⁰ Centro de Desarrollo Tecnológico y Empresarial para Frutales del Trópico Húmedo, A.C. (CEDEFTRUT), México Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT).

⁶⁰¹ Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT).

⁶⁰² Finca de Escambray Cooperativa de Crédito y Servicio. Ernesto Perez Millan.

Introducción

La diversidad de patrones usada en el mundo varía mucho de una región a otra. Esto lo determina el fin que se persiga, entre otros, si se trata de la reposición de un área, o si es debido a la aparición de nuevas enfermedades, pero la tendencia actual es la diversificación; es decir, no contar con uno solo. Se debe estar prevenido no solo ante las enfermedades actuales conocidas y estudiadas, sino ante las nuevas, consecuencia de mutaciones genéticas de los patógenos, de los cambios climáticos que están ocurriendo a nivel mundial o por la introducción de nuevos patrones que se hacen sensibles a ciertas enfermedades que existen en la actualidad (Jiménez y Zamora, 2010). El Huanglongbing (HLB), comúnmente conocido como Greening de los Cítricos o Dragón Amarillo, es una de las enfermedades más serias que afectan a los agrios a nivel mundial en la actualidad. Ha destruido aproximadamente 60 millones de árboles en África y Asia, ocurriendo lo mismo en más de 40 países. El HLB es causado por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Esta enfermedad destructiva es transmitida por el vector *Diaphorina citri* Kuwayama en Asia y el *Trioza erytreae* en África. Shokrollah et al. (2009) informaron que no puede diagnosticarse fácilmente por procedimientos convencionales, tal como examen microscópico del electrón de secciones ultra-delgadas, bioensayo en las plantas indicadoras y por test (ELISA) con anticuerpos policlonales o monoclonales. Sin embargo, mediante el empleo de técnicas moleculares (PCR), si puede ser detectada, la cual es una herramienta muy efectiva, simple y sensitiva para su detección. En Cuba se informó la presencia de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* en el 2007, mediante el diagnóstico por microscopía electrónica, PCR y secuenciación de los fragmentos amplificados; afecta a todas las especies de cítricos, aunque algunas son más sensibles que otras (Luís et al., 2012) y su vector *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) está presente desde 1999 en Cuba (González, 2003; Batista et al., 2012).

En la actualidad no se ha informado si algún género o especie de la familia Rutaceae es inmune a esta enfermedad. Shokrollah et al. (2011) informaron que ha sido reportada en *Microcitrus australasica*, *Swinglea glutinosa*, *Atalantia missionis*, *Clausena indica*, *Limonia acidisimma*, *Balsamocitrus dawei*, *Aeglopsis chevalieria*, *Severinia buxifolia* y *Murraya paniculata*. Pérez et al. (2013) la detectaron en *Citrus hystrix*. Stover et al. (2014) informaron que la mayor resistencia al HLB se encontró en los géneros *Bergera koenigii*, *Eremocitrus glauca* (Lindl.) Swingle, *Poncirus trifoliata* Raf., *Citrus latipes* (Swingle) Tan., *Microcitrus australasica* (F. Muell.) Swingle, y en los híbridos del *Poncirus Citrandarin 639* (mandarina *Cleopatra* x *Poncirus trifoliata*) y citrange Rusk (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*). Por lo anterior, es importante realizar investigaciones encaminadas a obtener algún cultivar o patrón en combinación, que sea tolerante o resistente a esta enfermedad, por cual el objetivo de

este trabajo fue evaluar varios patrones frente al HLB en combinación con dos especies comerciales de cítricos. En trabajos que se han realizado sobre la tolerancia o resistencia de diferentes patrones a nivel mundial al HLB, se ha comprobado que son afectados por esta enfermedad. Al respecto, Shokrollah et al. (2009) encontraron cinco grupos de tolerancia al HLB en 18 especies de cítricos estudiadas, utilizando el método de injertación con yemas infestadas en la etapa de propagación. A los seis meses de injertadas estas plantas, *Citrus aurantium* y *Citrus aurantifolia* fueron tolerantes, y resistentes *Citrus hystrix* y *Citrus grandis*. Folimonova et al. (2009), en un estudio realizado con 30 tipos de cítricos o parientes injertados sobre *C. volkameriana* y citrange Carrizo en Florida, encontraron que el limón Eureka (*Citrus limon* Osbeck), la lima Persa, el Citrange Carrizo y la Severina *buxifolia* (Poiret) T. fueron tolerantes y no manifestaron síntomas de HLB a los 6 meses de inoculados con la bacteria por injertos y que el *Citrus amblycarpa* (Hassk.) Ochsse, y el naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) fueron variables y moderadamente tolerantes. Batool et al. (2007) informaron que la variabilidad en la transmisión por injerto del *Ca. Liberibacter* depende de la cantidad de tejido que se utilice de la planta infestada que se escoja para injertar. Shokrollah et al. (2011) indicaron que cuando se utilizan injertos laterales con mayor cantidad de yemas axilares, es más eficiente transmitir el agente patógeno, pudiendo llegar a un 58% de injertos enfermos. Estos mismos autores informaron que utilizando injertos de escude de plantas de mandarina infestadas con HLB en diferentes especies de cítricos, utilizadas como patrón e interpatrón, encontraron que *Citrus hystrix* y *Citrus grandis* en ambas formas fueron los más tolerantes y no presentaron síntoma de la enfermedad, después de la inoculación a los seis meses de efectuada y dieron negativas al PCR.

Materiales y métodos

En el 2012, se estableció una plantación de fomento en la finca Escambray perteneciente a la Cooperativa de Crédito y Servicio Ernesto Pérez Milian, en el municipio de Caimito, provincia Artemisa, Cuba, situada a 22° 46' latitud Norte y 83° 33' longitud Oeste, a 6.8 msnm (Atlas de Cuba, 1989), la cual fue plantada sobre un suelo Ferrasol Rhodric (Hernández et al., 2004), a una distancia de plantación de 6 m x 6 m, aplicando todas las labores fitotécnicas establecidas para este cultivo. Se evaluaron dos experimentos, uno en el que fueron injertadas yemas procedentes de una planta infestada con HLB, confirmado por PCR anidado de limero Persa SRA 58 (*Citrus latifolia* T.) sobre los patrones *Swinglea glutinosa* (B) Merr, *Citrus volkameriana* Ten & Pasq, naranjo agrio (*Citrus aurantium* L) y *Citrus amblycarpa* (Hassk) Ochsse, y otro, en el cual fueron injertadas yemas certificadas de limonero Eureka sobre los patrones *Swinglea glutinosa* (B) Merr. y *Citrus volkameriana* Ten & Pasq. La

procedencia de las semillas de los patrones fue de plantas certificadas, excepto las de *S. glutinosa* que se obtuvieron de una planta de 60 años de edad, sin síntomas visuales de HLB, pero positiva por PCR anidado. Las variables evaluadas fueron los componentes del crecimiento: perímetros del patrón y del injerto (cm) y su relación, diámetro y altura de la copa (m) y su relación, así como el porcentaje de plantas infestadas de HLB, determinado por observaciones visuales y por PCR anidado en las combinaciones empleadas. Para estos experimentos se utilizó un diseño de bloques al azar de clasificación doble. Para las combinaciones de limero Persa se emplearon cinco replicas y cuatro tratamientos (patrones) y para el limonero Eureka se usaron cinco replicas y dos tratamientos (patrones); los datos fueron evaluados mediante un análisis de varianza de clasificación doble; para la comparación de las medias, se utilizó la prueba de Tukey a una $P < 0.05$ (Lerch, 1977).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se puede apreciar que el 100% de las plantas de lima Persa sobre naranjo agrio a los 12 meses de plantadas tuvieron presencia de HLB, lo mismo sucedió para *C. volkameriana*, pero con 60% de plantas enfermas y para *S. glutinosa* con 20%, lo cual fue determinado por observación visual de síntomas y por PCR anidado. Al parecer, las diferencias en los porcentajes se deben a que en algunas combinaciones la bacteria se demora más tiempo en mostrar los síntomas, lo que coincide con lo reportado por Shokrollah et al. (2011), que informaron que cuando se usaron injertos de mandarina sobre interpatrones de *Citrus grandis* y *Citrus hyxtrix* y viceversa, las plantas no presentaron síntomas de HLB, pero cuando se empleó naranjo agrio combinado con lima Persa, los síntomas fueron visibles a los seis meses después de realizado el injerto. Sin embargo, es importante destacar que *Citrus amblycarpa* no presentó síntomas visuales de HLB a los 18 meses de plantado; parece que este patrón muestra cierta tolerancia al HLB en los primeros años de la plantación.

Cuadro 1 Porcentaje de plantas de lima Persa infestadas con HLB.

Patrones	Plantas con síntomas, %	PCR ^a
<i>Citrus aurantium</i>	100	+
<i>Citrus volkameriana</i>	60	+
<i>Swinglea glutinosa</i>	20	+
<i>Citrus amblycarpa</i>	0	-

^a += Positivo al HLB.

En un estudio realizado por Folimonova et al. (2009) con 30 tipos de cítricos y géneros afines, injertados sobre *C. volkameriana* y citrange Carrizo en Florida, encontraron que el limón Eureka, la lima Persa, el citrange Carrizo y la Severina *buxifolia* fueron tolerantes al HLB y no manifestaron síntomas de HLB a los seis meses de inoculadas con la bacteria por injertos, pero que el *C. amblycarpa* fue variable en sus síntomas cuando fue inoculado. De acuerdo con los resultados, se puede argüir que existen algunos géneros y especies de la familia Rutaceae que tienden a inhibir el desarrollo de la bacteria, debido probablemente a la función de los metabolitos en su composición fisiológica, como es el caso del género *Swinglea glutinosa*, cuyos extractos se han utilizado como biofungicidas y como herbicidas preemergentes y posemurgentes en Colombia. Robayo y Rodríguez (2006) informaron el efecto alelopático de los extractos de *S. glutinosa* frente vegetaciones arvenses de clima cálido, encontrando que la germinación se vio afectada por este efecto. *Citrus amblycarpa* y *Citrus hystrix* presentaron aceites de olor fuerte y penetrante, muy parecidos a los del género *Swinglea*, lo que parece indicar que sus composiciones metabólicas están muy relacionadas entre sí. Se ha informado que *C. hystrix* tiene un alto contenido de aceites de un sabor acre muy fuerte y que era usado por los nativos de Ceilán como insecticida, para lavarse la cabeza y matar sanguijuelas terrestres. Shokrollah et al. (2009) reportaron que es resistente al HLB en la fase de propagación. Pérez et al. (2013) informaron la presencia de síntomas de HLB en esta especie en plantas de 20 años de edad. Folimonova et al. (2009) expresaron que la presencia de síntomas en *C. amblycarpa* es variable cuando es inoculado, sin embargo, en este estudio no presentó síntomas visuales de HLB en el transcurso de año y medio en condiciones de campo.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del limón Eureka sobre *C. volkameriana* y sobre *S. glutinosa*, que presentaron un 60% y 20%, respectivamente, de plantas infestadas por HLB a los 12 meses de plantadas en condiciones de campo. Este cultivar se infestó directamente en campo con la bacteria por el vector, ya que las yemas que se utilizaron para propagarlo procedían de plantas certificadas.

Cuadro 2. Porcentaje de plantas de limón Eureka infestadas con HLB.

Patrones	Plantas con síntomas, %	PCR ^a
<i>Citrus volkameriana</i>	60	+
<i>Swinglea glutinosa</i>	20	+

^a += Positivo al HLB.

En las variables de crecimiento de lima Persa al año y medio de plantada, los mayores valores se obtuvieron sobre los patrones *C. volkameriana* y naranjo agrio (*C. aurantium*) (Cuadro 3), aunque no difieren de *C. amblycarpa* en el diámetro y altura de la copa,

resultados que coinciden con lo informado por Jiménez (1991) a partir de un estudio realizado con limero Persa sobre seis patrones durante 10 años, donde los menores valores de crecimiento se presentaron sobre *S. glutinosa*. Restrepo et al. (1987) informaron que en un estudio realizado en Colombia de este cultivar sobre tres patrones, *S. glutinosa* fue el que indujo el menor crecimiento a los tres años de plantado, cuando se comparó con los patrones limón Rugoso y mandarina Cleopatra. Valle et al. (2004) obtuvieron resultados similares con *Swinglea glutinosa*, el cual indujo menor crecimiento para el cultivar tangelo Orlando. Shokrollah et al. (2011) informaron que HLB influyó sobre las variables de crecimiento cuando es transmitida por injerto, obteniéndose un bajo crecimiento vegetativo, expresado en la reducción de la materia seca del área foliar y de la raíz; además se redujo la altura y el diámetro de la planta con respecto a las plantas sanas.

Cuadro 3. Variables de crecimiento de lima Persa a los 12.5 meses de plantado.

Patrón	Perímetro patrón (cm)	Perímetro injerto (cm)	Relación pp/pi	Diámetro copa (m)	Altura copa (m)	Relación D/A copa
<i>Citrus volkameriana</i>	15 ab	13 a	1.15 b	1.56 a	2.04 a	0.76
<i>Citrus aurantium</i>	14 a	11 b	1.27 a	1.65 a	1.97 a	0.84
<i>Swinglea glutinosa</i>	7 c	8 c	0.88 c	0.69 b	0.78 b	0.88
<i>Citrus amblycarpa</i>	11 bc	10 bc	1.10 b	1.32 a	1.72 a	0.76
CV (%)	26.74	31.13	10.58	33.08	22.33	18.76

Tukey; $P < 0.05$

En el Cuadro 4 se observa que el limón Eureka sobre el patrón *C. volkameriana* induce el mayor crecimiento en las variables analizadas, lo cual coincide con lo informado por Jiménez y García (1989), quienes observaron que este patrón indujo valores altos de crecimiento del limón Eureka desde edades tempranas. *S. glutinosa* indujo el menor crecimiento, lo que se pudo deber a que este patrón, por pertenecer a otro género, indujo valores más bajos por efecto de la compatibilidad; esto corrobora lo informado por Restrepo et al. (1987) y Valle et al. (2004), quienes observaron que este patrón indujo un crecimiento más bajo que otros patrones en los cultivares de lima Persa y tangelo Orlando, respectivamente. Jiménez et al. (2013) informaron que este patrón en la etapa de propagación, combinado con varias especies de cítricos, es el que más tiempo se demora en concluir esta etapa.

Cuadro 4. Variables de crecimiento de limón Eureka a los 12.5 meses de plantado el ensayo.

Patrón	Perímetro patrón (cm)	Perímetro injerto (cm)	Relación pp/pi	Diámetro copa (m)	Altura copa (m)	Relación D/A copa
Citrus volkameriana	15 a	12 a	1.25 a	1.29	2.07 a	0.62 b
Swinglea glutinosa	9 b	8 b	1.12 b	1.35	1.43 b	0.94 a
CV (%)	11.39	20.05	12.84	13.18	18.54	22.14

Tukey; P<0.05

En la Figura 1 se observa que 11 muestras dieron positivas para *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR anidada con los cebadores OI1/OI2c, ya que amplificó una banda de 1160 pb, característica de la bacteria, como se observa en dicha figura, cinco muestras dieron negativas al no amplificar ninguna banda al igual que el control negativo utilizado en el carril 18. Es posible que las muestras que dieron negativa se deba a que estas plantas no tienen definido bien los síntomas de dicha enfermedad, por lo cual no se debe descartar la posibilidad que dichas plantas estén infestadas con la bacteria.

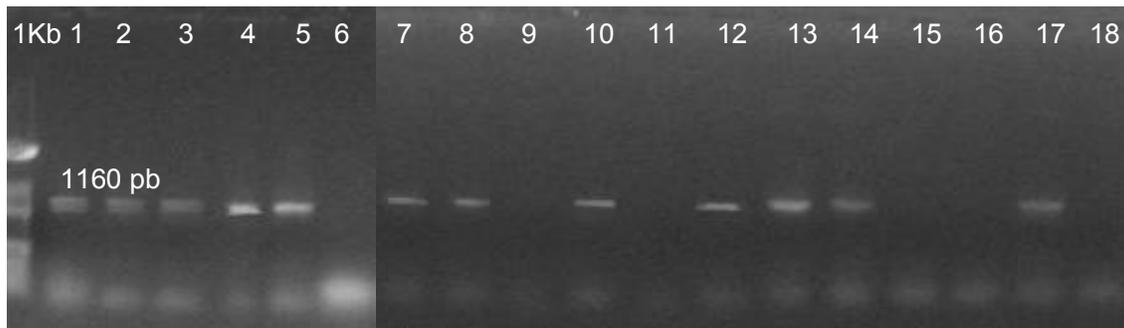


Figura 1. Gel electrolisis de agarosa al 1% de una PCR anidada para el diagnóstico de la enfermedad de las plantas de cítricos causada por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Se analizaron 18 muestras de experimento, amplificaron una banda de 1160 pb en 11 muestras de las 18 analizadas, las que se encontraron positivas como el control positivo usado (Carril 2). Las 7 muestras restantes no amplificaron ninguna banda al igual que el control negativo (Carril 18).

En la Figura 2 (B) se muestra el resultado del análisis de PCR anidada de la planta de más de 60 años de *S. glutinosa*, la cual dio positiva a HLB (*Ca L. asiaticus*) al amplificar una banda de 1160 pb al igual que el control positivo usado. Esta planta es frondosa, la cual presentaba muy pocas hojas con un moteado tenue no característico de HLB, de las cuales se realizó la extracción de ADN (Figura 2 A).

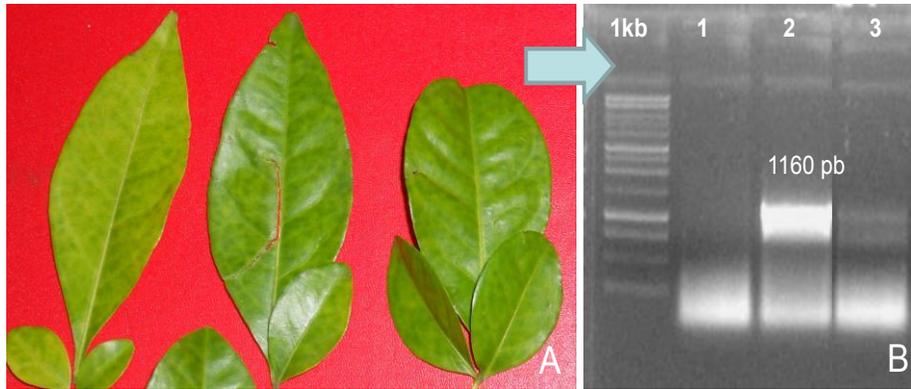


Figura 2. A) Hojas de *S. glutinosa* que muestran los síntomas característicos de HLB de las cuales se realizó el análisis de PCR. B) Gel de agarosa de PCR anidada realizada a la planta de *S. glutinosa* (1kb: marcador de peso molecular, 1: control negativo, 2: ADN de *S. glutinosa* y 3: control positivo).

Los árboles de lima Persa y limón Eureka sobre diferentes patrones presentaron síntomas visuales en las hojas de moteado asimétrico, las cuales dieron positivas al ser analizadas mediante PCR anidada con cebadores específicos para *Ca. L. asiaticus*. Las plantas de lima Persa y limón Eureka no mostraron síntomas característicos de HLB. Estos resultados fueron comprobados por PCR anidada y dieron negativo para *Candidatus Liberibacter*, mantuvieron un crecimiento normal con un color verde intenso en las hojas viejas y una brotación masiva de brotes tiernos (Figura 3).



Figura 3. A) Lima Persa/*S. glutinosa*; B) Lima Persa/*C. amblycarpa*; C) limón Eureka/*S. glutinosa* sin síntomas de HLB, a los 18 meses de plantadas.

Conclusiones

Se observaron síntomas visuales característicos de HLB en el cultivar lima Persa injertado sobre los patrones naranjo agrio y *C. volkameriana* a los cuatro meses de plantados en condiciones de campo, dando a los doce meses estos patrones y *S. glutinosa* positivo al PCR anidada para *Ca. L. asiaticus*. El cultivar limón Eureka injertado sobre los patrones *C.*

volkameriana y *S. glutinosa* presentaron síntomas de HLB a los 12 meses de plantados, lo cual fue comprobado por PCR anidada para *Ca L. asiaticus*. El cultivar lima Persa no mostró síntomas visuales de HLB sobre el patrón *C. amblycarpa* a los 18 meses de plantados en condiciones de campo. Los mayores valores del perímetro los presentó *C. volkameriana* para los dos cultivares evaluados y los menores se obtuvieron sobre el *Swinglea glutinosa*, aunque este último no difirió del *C. amblycarpa*, sin embargo, los mayores valores de su relación se obtuvieron en el cultivar lima Persa sobre el naranjo agrio y para el limón Eureka los dio sobre *C. volkameriana* y los valores menores sobre *S. glutinosa* para ambos cultivares. Los mayores valores del diámetro y altura de la copa para lima Persa lo indujeron los patrones *C. volkameriana*, naranjo agrio (*C. aurantium*) y *C. amblycarpa*; los menores valores se obtuvieron sobre *S. glutinosa*, no encontrándose diferencia en la relación de estas dos variables. Los árboles de limón Eureka sobre *C. volkameriana* dieron los mayores valores en el diámetro y altura de la copa y los menores se obtuvieron sobre *S. glutinosa*, pero en la relación de estas dos variables el *S. glutinosa* dio los mayores valores.

Recomendaciones

Utilizar los patrones *S. glutinosa* y *C. amblycarpa* en pequeñas aéreas en las empresas frutícolas del país, por su tendencia a tolerar el HLB según los resultados obtenidos en el experimento. Realizar un estudio de los componentes metabólicos de *C. amblycarpa*, *S. glutinosa* y *C. hystrix*, con el fin de comprobar su efectividad como agente biológico para combatir el HLB de los cítricos.

Literatura citada

Atlas Nacional de Cuba. 1989. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. Academia de Ciencia de Cuba.

Batista, L., I. Peña, M. Luís, L. Hernández, D. López, J. C. Casin, I. Acosta, C. González, L. Pérez, D. Hernández, J. L. Rodríguez, D. Pérez y F. Laranjeira. 2012. Contribución de los estudios epidemiológicos al manejo de HLB. Taller Regional de La RIAC como parte del XIII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Batool, A., Y. Iftikhar, S. M. Mughal, M. M. Khan, M. J. Jaskani, M. Abbas and I. A. Khan. 2007. Citrus greening disease a major cause of citrus decline in the world. A Review. Hort. Sci. (Prague) 4:159-166.

Folimonova, S. Y., C. J. Robertson, S. M. Garnsey, S. Gowda and W. O. Dawson. 2009. Examination of the responses of different genotypes of citrus to Huanglongbing (citrus greening) under different conditions. Phytopathology 99:1346-1354.

González, C. 2003. *Diaphorina citri* (Kuw.) (Homóptera, Psyllidae) en la citricultura cubana. Carta Circular RIAC. p. 42-47. In: 13^{ra} Reunión del Grupo Intergubernamental sobre Frutos Cítricos en la Habana. La Habana, Cuba.

Hernández, A. M., O. Ascancio, A. Cabrera, M. Morales y N. Medina. 2004. Correlación de la nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba con la World Referente Base. Conferencia en curso de postrado de clasificación de suelos. Tesis de maestría. UNAH. INCA. p. 15.

Jiménez, R. 1991. Comportamiento de seis patrones cítricos injertados con cuatro cultivares en la etapa de propagación y plantación. Tesis de Doctorado. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.

Jiménez, R. y E. García. 1989. Influencia de cuatro patrones cítricos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de la cosecha del cultivar limón "Frost Eureka" al sur de La Habana. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Cítricos y otros Frutales 12(4):63-72.

Jiménez, R., F. Pérez, M. R. Hernández, V. Fuentes, J. B. Velásquez, J. Clemente y A. Calvo 2013. Estudio del género *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. como un posible patrón en combinación con diferentes cultivares en la etapa de propagación. p. 171. In: Memoria del IV Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. Mayabeque, Cuba.

Jiménez, R. y V. Zamora 2010. Principales cultivares y patrones utilizados en la citricultura. Viveros de cítricos en el contexto fitosanitario actual. Taller Regional de Mejoramiento de la producción de material de propagación de cítricos en la cuenca del Caribe. FAO. Febrero. La Habana, Cuba.

Lerch, G. 1977. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Ed. Científico-Técnica. La Habana, Cuba. p. 302-306.

Luís, M., A. Borroto, D. López, R. Riaño y L. Hernández. 2012. Comportamiento de la lima Persa (*Citrus latifolia* T.) ante la enfermedad Huanglongbing en Cuba. Taller Regional de La RIAC como parte del XIII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Pérez, R., G. Sosa y K. Rodríguez. 2013. Expresión de síntomas foliares asociados a huanglongbing (HLB) en accesiones del germoplasma de cítricos in situ de Jagüey Grande. p. 337. In: Memorias del IV Simposio Internacional de Fruticultura Tropical y Subtropical. Mayabeque, Cuba.

Restrepo, O. C., R. M. Torres y R. C. Salazar. 1987. Comparación del "tabog" (*Swinglea glutinosa* Merr) con el limón rugoso (*Citrus jambhiri* Swingle) y la mandarina "cleopatra" (*C. reticulata* Swingle) como porta-injerto para la lima ácida "Tahiti" (*C. aurantifolia* Swingle). *Acta Agron.* 37(3):43-50.

Robayo, D. y Y. Rodríguez. 2006. Efecto alelopático de extractos de *Swinglea glutinosa* Murray y *Piper* sp. como inhibidores de germinación de semillas de arvenses asociadas a cultivos de clima cálido. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.

Shokrollah, H., T. L. Abdullah, K. Sijam, S. N. A. Abdullah and N. A. P. Abdullah. 2009. Differential reaction of Citrus species in Malaysia to Huanglongbing (HLB) disease using grafting method. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4(1):32-38.

Shokrollah, H., T. L. Abdullah, K. Sijam and S. N. A. Abdullah. 2011. Potential use of selected citrus rootstocks and interstocks against HLB disease in Malaysia. *Journal Crop Protection* 30:521-525.

Stover, E., G. MacCollum, K. Bowman, R. Niedz, U. Albrecht, L. Benyon, R. Driggers and R. Stange. 2014. Breeding for resistance/tolerance to Huanglongbing within citrus. Congreso Mundial de Viveristas de Cítricos. Mazatlán, Sin., México.

Valle, N., R. Rodríguez y K. Rodríguez. 2004. Comportamiento del tangelo Orlando injertado sobre patrones tolerantes a la tristeza de los cítricos. *Centro Agrícola* 31(3-4):38-42.

OBSERVACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL LIMÓN PERSA EN TRES HUERTAS COMERCIALES DE VERACRUZ, MÉXICO

Carlos Hernández-Guerra^{603*}, Sergio Alberto Curti-Díaz⁶⁰³, Cynthia G. Rodríguez-Quibrera⁶⁰³ y Rafael Alberto Guajardo-Panes⁶⁰⁴

Resumen

En 2016, Veracruz contaba con más de 45 mil ha de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) que representaron el 50.34% de la superficie nacional, con producción de 716,174 toneladas de fruta, cuyo valor fue de 3,174.4 millones de pesos. Entre muchas necesidades de información que requieren los citricultores, destaca el comportamiento agronómico del limón Persa injertado en patrones diferentes al naranjo Agrio, sobre cuando éste se cultiva en suelos de condiciones adversas. El portainjerto influye en el desarrollo del árbol, rendimiento y calidad de sus frutos y en su tolerancia a otros factores bióticos y abióticos adversos. Con este estudio se caracterizó el comportamiento agronómico del limón Persa de ocho años de edad e injertado en tres patrones: Carrizo y Swingle, plantados a 4 x 6 m (417 árboles·ha⁻¹) y Dragón Volador a 2.5 x 6 m (667 árboles·ha⁻¹). El suelo (pH 4.5) y el manejo agronómico, a cargo del productor, fueron los mismos para los tres patrones. Se determinó que: a) Carrizo indujo mayor altura, diámetro y volumen de copa del limón Persa (4.09 m, 4.73 m y 45.33 m³, respectivamente), que Swingle y dragón Volador y produjo más fruta por árbol (182.40 kg), pero fue el dragón Volador, quien produjo los frutos de mayor peso (104 g), b) La eficiencia productiva del limón Persa con dragón Volador y Swingle (kg·m⁻³ VCE), fue mayor que la lograda con Carrizo. Mientras que la EP estimada con base al área transversal del tronco de limón fue mayor con dragón Volador que con los otros dos patrones y c) Las cosechas más importantes ocurrieron en febrero, agosto, septiembre y noviembre.

Palabras clave: *Citrus latifolia*, desarrollo del árbol, eficiencia productiva, portainjertos trifoliados

⁶⁰³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco. hernandez.carlos@inifap.gob.mx;

⁶⁰⁴ Campo Experimental Cotaxtla, Sitio Experimental Teocelo.

Introducción

Veracruz es el principal productor de limón Persa en México, en 2016 contaba con 45,384 ha plantadas con este frutal, que representaron el 50.34% de la superficie nacional, produjeron 716,174 toneladas de fruta, con un valor de 3,174.349 millones de pesos (SAGARPA, 2016). Desde la década de los 80's, el virus de la tristeza (VTC) mantiene a la citricultura regional en un latente riesgo de que ocurra una epidemia, considerando que más del 80% de las huertas en Veracruz están injertadas en naranjo Agrio, el cual es un patrón hipersensible a este virus. Recientemente, Contreras (2016) detectó al VTC en el 54.5% de las muestras analizadas (22 muestras en total) correspondientes a los municipios de Martínez de la Torre, Atzacan, Cuitláhuac y Amatlán de los Reyes, lo que sugiere una importante distribución de este patógeno en las diferentes zonas productoras del Estado. A raíz de la presencia de este virus en la región, los citricultores empezaron a experimentar con otros patrones, tolerantes a la enfermedad, lo que generó una gran necesidad de conocer las ventajas y desventajas que tienen dichos portainjertos con el limón Persa, principalmente cuando se desarrollan en condiciones edafoclimáticas adversas, como son: alta alcalinidad o acidez, suelos delgados con poca retención de humedad, anegación, entre otros.

Por otra parte, está plenamente demostrado en cítricos que el portainjerto tiene influencia sobre el cultivar, de tal manera que éste modifica el vigor del árbol, el rendimiento, el tamaño y calidad de la fruta y jugo, la tolerancia a condiciones adversas a plagas y enfermedades, así como también el contenido foliar de nutrimentos (Castle et al., 1986). Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el comportamiento agronómico y productivo de limón Persa en tres portainjertos de una huerta de ocho años de edad establecida en suelo ácido de Veracruz.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó de enero a diciembre de 2016, en el rancho San Rafael, ejido Paso Largo, de Martínez de la Torre, Veracruz, donde el suelo es de textura arcillosa, que se agrieta en tiempo de sequía y se anega durante el periodo de lluvias, muy delgado, con tepetate a 30 cm de profundidad, de reacción fuertemente ácida (pH 4.5), fertilidad baja en fósforo y azufre, media en nitrógeno, calcio y zinc y alta en potasio, magnesio, fierro y manganeso.

Las huertas de limón Persa fueron establecidas por el productor en 2008, en el mismo tipo de suelo, y a 4 x 6 m (417 árboles·ha⁻¹) con los patrones Carrizo y Swingle y a 2.5 x 6 m (667 árboles·ha⁻¹) con dragón Volador. De cada huerta se seleccionaron 20 árboles con copas de

aparición sana y con el porte y vigor característicos de cada combinación limón Persa/patrón. El manejo agronómico de la huerta lo realizó el productor cooperante de manera uniforme para todos los portainjertos, como se describe: a) Control de la maleza cada tres meses; b) Fertilización al suelo con 655-360-360 gramos por árbol de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; repartidos en enero, febrero, abril, octubre, noviembre y diciembre. En noviembre se aplicó 1.25 kg de cal industrial, 10 días antes de la fertilización al suelo, para aumentar la disponibilidad de los nutrientes del suelo; c) Ocho fertilizaciones al follaje durante todo el año, principalmente con nitratos (amonio, potasio, magnesio y calcio), urea, fosfato mono amónico y triple 18, que en conjunto aportaron a cada árbol 88, 81, 43, 13, y 22 gramos de N, P₂O₅, K₂O, MgO, y CaO, respectivamente; también se aplicaron elementos menores; d) Poda. Se eliminaron los “chupones”, ramas secas o enfermas durante todo el año; e) Las principales plagas (diaforina, pulgones, escama nieve, hormigas, acaro blanco y araña roja) y enfermedades (antracnosis, mancha grasienta y gomosis) se controlaron con agroquímicos recomendados para limón Persa; g) El régimen de humedad dependió del temporal de lluvias; h) Los frutos se cosecharon cuando alcanzaron un diámetro ecuatorial de 50 mm (calibre 250).

Variables de respuesta

Dimensiones del tronco. a) Diámetro del tronco: en julio de 2016 se midió la circunferencia del tronco, del portainjerto y el injerto. La lectura se tomó a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto, y el valor obtenido se dividió entre Pi (3.1416).

Dimensiones de la copa. a) Altura inferior y total de copa (m). Se registró la altura total del árbol y la altura donde iniciaban las primeras ramas (altura inferior), partiendo en ambos casos desde el suelo; b) Diámetro (m). Se registró a 1 m de altura de la copa en dirección norte a sur, c) Volumen de copa total (VCT), se usó la fórmula propuesta por (Mendel, 1956, citado por Stenzel et al. 2005): $V = \frac{2}{3}\pi R^2 H$, donde V representa el volumen (m³), π es el valor de Pi (3.1416), R es el radio de la copa (m) y H es la altura del árbol (m). Para este estudio H correspondió a la altura real de la copa; es decir, aquella donde el árbol tenía follaje, para lo cual se restó a la altura total del árbol, la altura inferior de la copa; d) Volumen de copa improductivo (VCI). Dado que, en la mayoría de las especies de cítricos, los frutos se producen en los primeros 90 cm exteriores de la copa, donde la luz que recibe es adecuada para formar las yemas florales (Shertz y Brown, 1966, citados por Phillips, 1978), se calculó el VCI usando la fórmula de Mendel, restando previamente 90 cm al radio y a la altura de la copa, de la manera siguiente: $VCE = \frac{2}{3}\pi (R-0.9\text{ m})^2 (H-0.9\text{ m})$; e) Volumen de copa efectiva (VCE). Se obtuvo restando el VCI al VCT.

Rendimiento. Se registró el número y peso de frutos por árbol, en las seis cosechas que se realizaron durante un año; para ello, se usó una báscula de plataforma marca Oken, con capacidad de 120 kg. El peso del fruto se obtuvo dividiendo el rendimiento del árbol (kg) entre el número de frutos.

Eficiencia productiva. El rendimiento por unidad de producción se determinó mediante dos índices (Westwood y Roberts, 1970; Wheaton et al., 1978), dividiendo los kilogramos de fruta del árbol entre: a) el volumen de copa efectiva ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) y b) el área transversal del tallo del limón Persa (ATTLP), a 10 cm arriba de su unión con el portainjerto, estimada multiplicando el valor de Pi por el radio al cuadrado del tronco.

Diseño experimental y análisis de varianza. Se usó un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos (portainjertos) y 20 repeticiones y se usó un árbol como parcela experimental. Los datos registrados se analizaron usando la prueba de Kruskal-Wallis.

Resultados y discusión

Dimensiones del tronco. El diámetro de los troncos de los patrones Carrizo (16.29 cm) y Swingle (16.88 cm) fueron iguales según la prueba de Kruskal-Wallis y superaron al desarrollado por dragón Volador (10.45 cm) (Cuadro 1). Swingle es un patrón muy vigoroso, cualidad que le hereda el toronjo (Toronjo, *Citrus paradisi* x naranjo trifoliado, *Poncirus trifoliatus*), por lo que generalmente desarrolla un tronco de mayor diámetro que el de los patrones más comúnmente usados en México, como Carrizo, Volkameriana y Rugoso (Curti-Díaz et al., 2012). Con relación al tronco de limón Persa, los mayores diámetros se alcanzaron con Carrizo (19.19 cm) y Swingle (16.11 cm), los cuales superaron al conseguido con dragón Volador (8.40 cm).

Cuadro. 1. Dimensiones del tronco del patrón y del limón Persa de ocho años de edad, desarrollado en un suelo ácido y delgado. Martínez de la Torre, Ver., INIFAP. 2016.

Tratamiento	Diámetro (cm) ^z	
	Patrón	Limón Persa
Limón Persa / Carrizo	16.29 a	19.19 a
Limón Persa / Swingle	16.88 a	16.10 a
Limón Persa / Dragón Volador	10.45 b	8.40 b

^zMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis.

Dimensiones de la copa. La mayor altura del árbol del limón Persa la indujo citrange Carrizo (4.10 m), que superó a la desarrollada con Swingle (2.29 m) y con Dragón Volador (2.12 m). Con relación al diámetro de copa, Carrizo (4.73 m) y Swingle (4.09 m) lograron un diámetro mayor al conseguido con dragón Volador (Cuadro 2). Este último, tiene un comportamiento consistente, en cuanto a desarrollar copas pequeñas, lo cual coincide con lo reportado por Stuchi (2005), quién encontró que el limón Persa / dragón Volador a los 11 años de edad, sólo alcanzó una altura media de 3 m y el diámetro de copa fue de 3.5 m; mientras que Espinoza-Núñez et al. (2011) señalan que el limón Persa con el mismo patrón y a los 6 años de edad, desarrolló muy poco, manejándose la huerta en temporal (2.33 m) o riego (2.44 m).

Cuadro 2. Dimensiones de la copa de limón Persa de ocho años de edad, injertado en tres patrones y desarrollado en un suelo ácido y delgado. Martínez de la Torre, Ver., INIFAP. 2016.

Tratamiento	Dimensiones del árbol (m) ^z	
	Altura Superior	Diámetro
Limón Persa / Carrizo	4.10 a	4.47 a
Limón Persa / Swingle	2.29 b	4.09 a
Limón Persa / D. Volador	2.12 b	2.38 b

^zMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis.

Con respecto a volumen de copa total y de copa efectiva, fue Carrizo quien indujo los valores numéricos más altos (45.33 m³ y 31.63 m³, respectivamente), superando a los volúmenes desarrollados por Swingle (16.11m³ y 13.49 m³) y D. Volador (5.87 m³ y 5.53 m³), en el mismo orden (Cuadro 3).

Cuadro 3. Volumen de copa de limón Persa de ocho años de edad, injertado en tres patrones y desarrollado en un suelo tipo ácido y delgado. Martínez de la Torre, Ver., INIFAP. 2016.

Tratamiento	Volumen de copa (m ³)		Volumen de copa improductiva (%) ^z
	Total	Efectiva	
Limón Persa / Carrizo	45.33	31.63	30.2
Limón Persa / Swingle	16.11	13.49	16.3
Limón Persa / Dragón Volador	5.87	5.53	5.8

^zCon relación al volumen de copa total.

Estos resultados son inferiores a los señalados por Figueiredo et al. (2002) con Swingle (70.09 m³), Espinoza-Núñez et al. (2011) con Swingle (33.68 m³) y con dragón Volador (8.06 m³) y por Machado et al. (2017) con Carrizo (79.52 m³) y Swingle (85.82 m³), para árboles de limón Persa de 10, seis y siete años de edad, respectivamente. El menor volumen de copa improductivo se obtuvo con dragón Volador (5.8%), mientras que con Carrizo se obtuvo el mayor valor (30.2%) y un valor intermedio con Swingle (16.3) (Cuadro 3). Estos datos son

superiores a los reportados por Curti-Díaz et al. (2012) para Carrizo (19.87%) e inferiores a los correspondientes a Swingle (19.41%), en una huerta comercial de limón Persa en producción con 11 años de edad.

Rendimiento de fruta. La cantidad de frutos y kilogramos de fruta por árbol con Carrizo y Swingle fue mayor que la obtenida con Dragón Volador (Cuadro 4). Es muy evidente que la mayor producción en este tipo de suelo, se logra con Carrizo y Swingle; pues considerando una densidad poblacional convencional para Veracruz ($357 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$) y una producción promedio superior a $100 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$, es bastante aceptable. Estos rendimientos se consideran altos, si se comparan con los obtenidos por Machado et al. (2017) en una huerta de limón Persa de siete años de edad, con Carrizo (83.47 kg) y Swingle (70.00 kg); con los señalados por Stuchi (2005), con limón Persa / Dragón Volador ($43.10 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$) de ocho años de edad o los registrados por Espinoza-Núñez et al. (2011), en árboles de seis años injertados en Carrizo (73.90 kg) y Swingle (116.50 kg), pero similares con dragón Volador (59.60 kg). Por lo contrario, Curti-Díaz et al. (2012) reporta rendimientos mayores con Carrizo (214.65 kg) y Swingle (204.23 kg) en una huerta de suelo similar, pero de 11 años de edad.

Existió diferencia numérica en el peso del fruto producido por los tres patrones, el cual fue inversamente proporcional a la cantidad de frutos producidos por el árbol (Cuadro 4); con Carrizo (82.06 g) se obtuvo el menor peso, con Swingle intermedio (93.72 g) y con Dragón Volador se produjeron los frutos más pesados (103.85 g). Esta tendencia sugiere que hubo competencia por agua y asimilados (Wheaton et al., 1991, citados por Curti-Díaz et al., 2012), ya que a mayor cantidad de frutos por árbol, menor fue el peso de los mismos. En general, el peso promedio de los frutos obtenidos en este estudio, son similares a los indicados por los investigadores previamente citados.

Cuadro 4. Rendimiento total de fruto del limón Persa injertado en tres patrones, desarrollado en un suelo ácido y delgado. Martínez de la Torre, Ver., INIFAP. 2016.

Tratamiento	Valor Crítico producción total por árbol		Peso promedio del fruto (g)
	Número de frutos	Peso ($\text{kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$)	
Limón Persa / Carrizo	2,222.75 a ^z	182.40 a	82.06
Limón Persa / Swingle	1,422.15 a	133.29 a	93.72
Limón Persa / Dragón Volador	568.60 b	59.05 b	103.85

^zMedias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis.

Distribución anual de la producción. El comportamiento del limón Persa con relación a la distribución de la producción de fruta durante el año, fue muy similar con los tres portainjertos estudiados (Cuadro 5). Hubo cuatro cosechas importantes en los meses de febrero, agosto, septiembre y noviembre y dos muy ligeras en abril y mayo. El porcentaje de producción

invernal (febrero), que es la que alcanza el mayor precio durante el año, fue el siguiente: Carrizo (46.3%), Swingle (36.7%) y Dragón Volador (22.1%), respectivamente; estos valores son altos, con relación al rendimiento que normalmente consiguen los productores de Veracruz en esta época, que según Curti-Díaz et al. (2012) es del 15-20% de la producción anual.

Eficiencia productiva (EP). La EP estimada con base a los kilogramos de fruta por metro cúbico de volumen de copa efectiva (VCE) logrados con Swingle (10.23 Kg) y dragón Volador (10.41 kg) fue igual estadísticamente y superó a la lograda con Carrizo (6.01 Kg) (Cuadro 6); esto se explica por el mayor VCE de Carrizo, que fue 2.34 y 5.72 veces mayor que los VCE de Swingle y dragón Volador, respectivamente (Cuadro 3), donde se diluye su producción por árbol. La misma tendencia se observó con la EP registrada con base al área transversal del tronco de limón Persa; pues el índice de EP fue numéricamente menor con Carrizo (0.66 Kg·cm⁻²), que indujo un tronco más grueso, que con dragón Volador (1.08 Kg·cm⁻²), con un tronco de menor diámetro (Cuadro 3).

Cuadro 5. Distribución anual del rendimiento del limón Persa injertado en tres patrones. Martínez de la Torre, Ver., INIFAP. 2016.

Tratamiento	Rendimiento por fecha de cosecha (kg·árbol ⁻¹) en 2016.					
	Febrero	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Noviembre
Limón Persa / Carrizo	84.44	1.24	0.95	48.35	16.34	31.05
Limón Persa / Swingle	48.98	2.33	0.99	38.75	11.76	30.46
Limón Persa / Dragón Volador	13.04	0.98	0.87	20.42	9.31	14.41

Cuadro 6. Eficiencia productiva del limón Persa injertado en tres patrones, desarrollado en un suelo ácido y delgado. Martínez de la Torre, Ver., INIFAP. 2016.

Tratamiento	Índice de eficiencia productiva ^z	
	VCE (Kg m ⁻³)	ATTLP (Kg cm ⁻²)
Limón Persa / Carrizo	6.01	0.66
Limón Persa / Swingle	10.23	0.67
Limón Persa / Dragón Volador	10.41	1.08

^zVCE: volumen de copa efectiva, ATTLP: área transversal del tronco del limón Persa.

Conclusiones

Citrango Carrizo y Citrumelo Swingle indujeron mayor desarrollo en el limón Persa (diámetro de patrón e injerto, altura y volumen de copa) y rendimiento de fruta por árbol, que Dragón Volador, pero el peso promedio del fruto fue mayor con dragón Volador y menor con Carrizo. La eficiencia productiva (EP) del limón Persa con dragón Volador y Swingle, estimada con base al volumen de copa efectiva, fue mayor que la lograda con Carrizo. Mientras que la EP estimada con base al área transversal del tronco de limón fue mayor con dragón Volador que la obtenida con los otros dos patrones.

Literatura citada

- Contreras, M. R. 2016. Detección de tristeza, psorosis, exocortis, cachexia y enanismo en lima Persa (*Citrus latifolia*) en Veracruz, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Motecillo, Texcoco, Edo. Méx. México. 59 p.
- Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra, R. X. Loredó-Salazar. 2012. Productividad del limón Persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):291-305.
- Castle, W. S., C. O. Youtsey and D. J. Hutchison. 1986. Rangpur lime x Troyer citrange, a hybrid citrus rootstock for closely spaced trees. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 99:33-35.
- Espinoza-Núñez, E., F. A. A. Mourao-Filho, E. S. Stuchi, T. Cantuarias-Avilés and C. T. Santos-Días. 2011. Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. *Scientia Horticulturae* 129(2):227-231.
- Figueiredo J. O. de, E. S. Stuchi, L. C. Donadio, J. T. Sobrinho, F. F. Laranjeira, R. M. Pio e O. R. Sempionato. 2002. Porta-enxertos para a lima-ácida 'Tahiti' na região de Bebedouro, SP. *Rev. Bras. Frutic.* 24(1):155-159.
- Machado, M. D. L., L. D. Siqueira, C. L. C. Salomao, R. P. Cecon and P. D. F. Silva. 2017. Evaluation of rootstocks for 'Tahiti' acid lime in northern state of Minas Gerais. *Rev. Bras. Frutic.* 39(1):790.
- Phillips, R. L. 1978. Tree size control: Hedging and topping citrus in high-density plantings. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 9:43-46.

SAGARPA. 2016. Anuarios estadísticos de la producción agrícola, Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Stuchi, E. S. 2005. Densidade de plantio em citrus. p. 162-169. In: Memoria Científica del III Simposio Internacional Citricola. SAGARPA-Conalim-Colima, Col., México.

Stenzel, N. M. C., C. S. V. J. Neves, M. B. D. S. Scholz e J. C. Gomes. 2005. Comportamento da laranjeira 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. Rev. Bras. Frutic. 27(3):408-411.

Westwood, M. N. and A. N. Roberts. 1970. The relationship between trunk cross-sectional area and weight of apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95:28-30.

Wheaton, T. A., W. S. Castle, D. P. H. Tucker and J. D. Whitney. 1978. Higher density plantings for Florida citrus. Concepts. Proc. Fla. State Hort. Soc. 91:27-33.

SELECCIONES DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) Y EL SÍNDROME DE MANCHADO SECTORIAL EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Emiliano Loeza-Kuk^{605*}, JuanMedina-Méndez⁶⁰⁶ y Claudia Tania Lomas-Barrié⁶⁰⁵

Resumen

Durante 2010 y 2011 se seleccionaron materiales de limón persa en la Península de Yucatán, priorizando aquellos individuos con arquetipo, vigor y morfología promisorio, así como la ausencia de síntomas de manchado sectorial. Estos materiales fueron injertados sobre *Citrus volkameriana* y/o *C. aurantium*. Un grupo de los materiales fue confinado en invernadero, mantenidos en macetas de 10 litros. Otro grupo fue establecido en una huerta en Cayal, Campeche, en un diseño experimental de bloques completos al azar. El manejo agronómico realizado fue el promedio de la región. Los individuos donadores de material propagativo fueron evaluados nuevamente en 2012; mientras que los materiales injertados han sido evaluados para sobrevivencia y aparición de síntomas asociados a manchado sectorial. En cuanto a morfología, entre los materiales confinados en invernadero se encontró alta variabilidad en el peso y forma de fruto, reflejada en la cantidad de grupos, ambas características fueron inestables entre fechas. El número de lóculos detectó al menos tres grupos, la caracterización molecular corroboraría la variabilidad encontrada. En el experimento en campo, la combinación lima persa/*C. aurantium* mostró el mayor porcentaje de individuos vivos y con mejor fenotipo a cinco años de su establecimiento. Este resultado puede deberse a la interacción del manchado sectorial con otros agentes bióticos y tendrán que ser diagnosticados para corroborarlo. Sin embargo, ha permitido detectar al menos 10 materiales promisorios que podrían ser sometidos a procedimientos de saneamiento para incluirlos en viveros.

Palabras clave: síndrome Wood pocket, *Citrus aurantium*, *Citrus volkameriana*, supervivencia

⁶⁰⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mococho y Campo Experimental Edzná. loeza.emiliano@inifap.gob.mx.

⁶⁰⁶ Campo Experimental Edzná.

Introducción

En México se reportaron 84,448 hectáreas cultivadas con limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), mismas que produjeron 1,000,000 de toneladas en el 2014; con estas cifras el valor de la producción e importancia de esta especie en el país es similar al de limón mexicano (*C. aurantifolia* Christm.) (SIAP, 2016). Adicionalmente, en ese mismo año se exportaron cerca de 451,000 toneladas a un precio de 620-930 \$USD/t, principalmente a estados Unidos (Gil-Camacho, 2015).

El limón persa está clasificado como un probable híbrido triploide (Moore, 2001), cuyo origen es desconocido, aunque se infiere que posiblemente se importó de las islas Tahití a California en 1880. Por esta razón, es poco frecuente que produzca semillas susceptibles a ser incluidas en un programa de mejoramiento tradicional. El proceso para la generación de nuevos materiales se basa en la selección de mutaciones naturales, variación somaclonal e hibridaciones somáticas y sexuales. Actualmente la cantidad de materiales de limón persa existentes se reduce a los materiales 'Bears', 'Page', 'SPB-7', 'Ponds' y 'Tahiti' mismos que se obtuvieron del último (CCPP, 2016). Este número escaso de materiales se detectó desde 1957, 50 años después, la situación es similar con la adición limitada de materiales nuevos. En el cultivo se presentan varios problemas comunes con otros cítricos, mientras que sobresale por su especificidad el síndrome del manchado sectorial pues repercute directamente en la longevidad productiva de las huertas. El manchado sectorial, Wood pocket o persian leaf blotch, es considerado como un problema para México (Roistacher y Velázquez 2012). El manchado sectorial fue reportado en Florida desde la década de 1934 por Tisdale, con alta incidencia en las plantaciones de lima persa y casi provocó la desaparición del cultivo en la década de 1950s (Knorr y Child, 1957) y actualmente no se cultiva comercialmente en ese estado (Crane y Osborne 2013). Síntomas similares fueron detectados en *C. limón* por Calavan (1957). La combinación de altas temperaturas (superiores a 40°C) durante el verano, parecen disparar la expresión del problema (Roistacher y Velázquez, 2012). El problema con el manchado sectorial es el intervalo muy amplio para la aparición de los síntomas, una vez que inicia la expresión de síntomas, también inicia el declive de la planta (Roistacher y Velázquez, 2012). Observaciones preliminares en la región muestran que el problema está ampliamente distribuido y que en apariencia las huertas con portainjerto de *C. aurantium* son menos propensas con respecto a otros portainjertos. Sin embargo, la variabilidad del manejo nutricional, hídrico y la edad de la plantación entre las huertas dificultan comprobar esta tendencia. Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de selecciones de limón persa a la aparición de manchado

sectorial en condiciones confinadas y la interacción en campo con los portainjertos más frecuentes en la región.

Materiales y métodos

Selección de individuos. Para obtener la mayor variabilidad de materiales de limón persa, del 2009 al 2011, se realizó una exploración en las parcelas de los estados de la península de Yucatán. Los criterios iniciales de selección de los materiales fueron: origen, vigor, aspecto general, así como ausencia de síntomas de manchado sectorial (Figura 1a). De los árboles seleccionados, se determinó el potencial productivo en campo, en función al número de frutos por volumen de copa y se colectaron 20 frutos en madurez comercial. Estos frutos se trasladaron al laboratorio para cuantificar otros parámetros de peso, diámetro, volumen de jugo entre otras. Lo cual podría diferenciar los materiales de limón persa reconocidos en las bases del Citrus Clonal Plant Protection y del National Genetic Resources Program ARS-USDA, (Page, Tahitian, Ponds y Bears).

Evaluación confinada. En esta evaluación desde 2011 se incluyeron 18 materiales injertados sobre *C. volkameriana*, cada uno con 10 réplicas. Las plantas se colocaron en contenedores de 10 litros con una mezcla de suelo-perlita-turba (1:1:1). El manejo proporcionado incluyó poda de formación y de reducción de porte; fertilización cada dos meses con 21-07-04-02 + Microelementos; así como control de plagas y enfermedades, principalmente ácaros y hongos. Dentro de esta unidad se midieron las variables ambientales de temperatura y humedad relativa con un datalogger. Una vez al año se realizaron la evaluación de la aparición de síntomas asociados al síndrome de manchado sectorial en hojas, frutos o ramas.

Evaluación en campo. El experimento se estableció sobre los portainjertos *C. volkameriano* y *C. aurantium* desde el 2012 en la localidad de Cayal, Campeche. La distribución de los 21 tratamientos (materiales) fue en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cada parcela experimental compuesta por seis plantas. El manejo de la plantación consistió en riego por goteo, control de malezas y fertilización química. Al igual que en la evaluación en invernadero, el ensayo fue sujeto a revisión anual para el seguimiento en la aparición de síntomas y estatus del árbol.

Resultados y discusión

El seguimiento a lo largo de dos años de los individuos elegidos permitió la depuración a 36 individuos promisorios, puesto que de manera inicial un porcentaje de los árboles mostraron características promisorias, pero con el tiempo su vigor se redujo y expresaron síntomas de manchado sectorial.

Variables morfológicas. Durante la evaluación inicial de los materiales se encontraron diferencias en el peso del fruto, separado preliminarmente en 22 grupos, en un intervalo de 54 a 137g/fruto (Figura 1), valores similares a los encontrados en la combinación con volkameriano (Quijada et al., 2002).

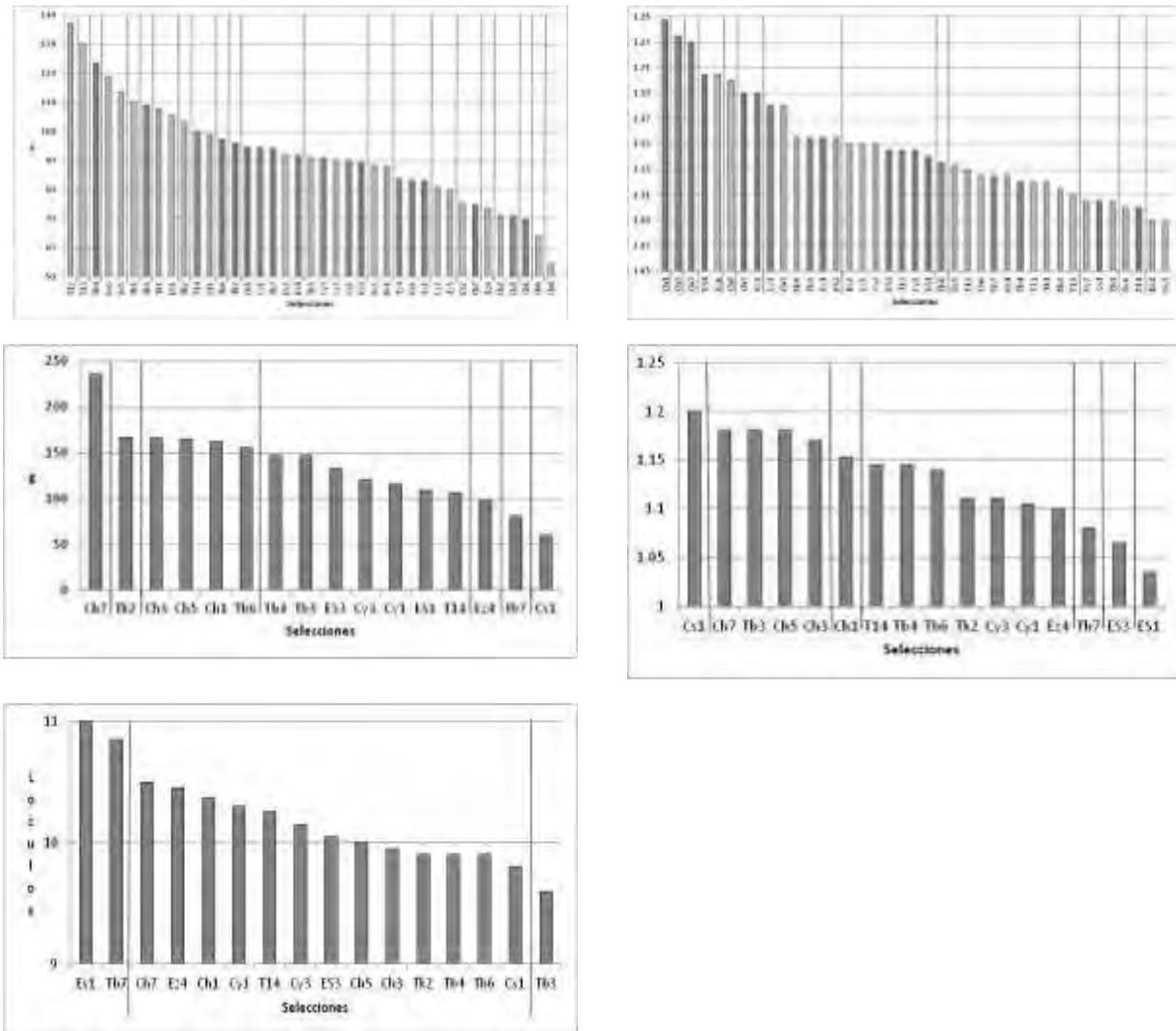


Figura 1. Variables morfológicas evaluadas en los materiales seleccionados de limón persa. Las divisiones en las gráficas indican medias con diferencia ($P < 0.001$). A y B) peso y forma de fruto en 2010, C y D) mismas variables en 2012.

La relación entre el diámetro polar y ecuatorial (RDPE) es una característica que podría ayudar a diferenciar entre materiales, pero que también es influenciada por la combinación limón persa/portainjerto. Para este parámetro se encontraron 13 grupos en un intervalo de 1.24 a frutos más redondos 1.088. En la segunda evaluación, incluyó únicamente los árboles seleccionados en invernadero, para la variable peso de fruto se diferenciaron siete grupos con intervalo de 59 a 236 g por fruto, 100 gramos más pesados y con tendencia a forma circular. En este muestreo también se midió el número de lóculos en el fruto, una característica distintiva entre materiales de lima persa (CCPP, 2010), lo que permitió obtener y suponer la presencia de al menos tres materiales en la región los cuales poseen de 9 a 11 lóculos.

Materiales en condiciones confinadas

El portainjerto induce modificaciones en la morfología, tamaño del fruto y vigor de la especie injertada (Castle et al., 2010), por lo que para reducir esta variabilidad los 18 materiales se establecieron en *C. volkameriana* y se incluyó un material con indicio de manchado sectorial desde la huerta y origen conocido. Este comportamiento, aunado a siete años de confinamiento en macetas modificó sensiblemente el diámetro de los frutos cosechados, únicamente tres materiales conservaron frutos de dimensiones similares a la planta original (Figura 2). Sin embargo, es de resaltar la incidencia del manchado sectorial en los materiales seleccionados en campo que en apariencia no sufrían del problema. Entre los 18 materiales evaluados únicamente tres no han mostrado síntomas asociados al manchado sectorial (Figura 2). Mientras que otros, la totalidad de réplicas han sido fuertemente afectados Ch7, Zap1; este último incluido como un control positivo en el ensayo al presentar síntomas en campo desde los cinco años de injertado y cuya expresión se repitió con la aparición de manchado de hojas desde el primer año de injerto. Las condiciones térmicas al interior del invernadero presentaron máximas superiores a 40°C, una variable que se asocia al desarrollo del manchado sectorial (Knorr y Childs, 1957).

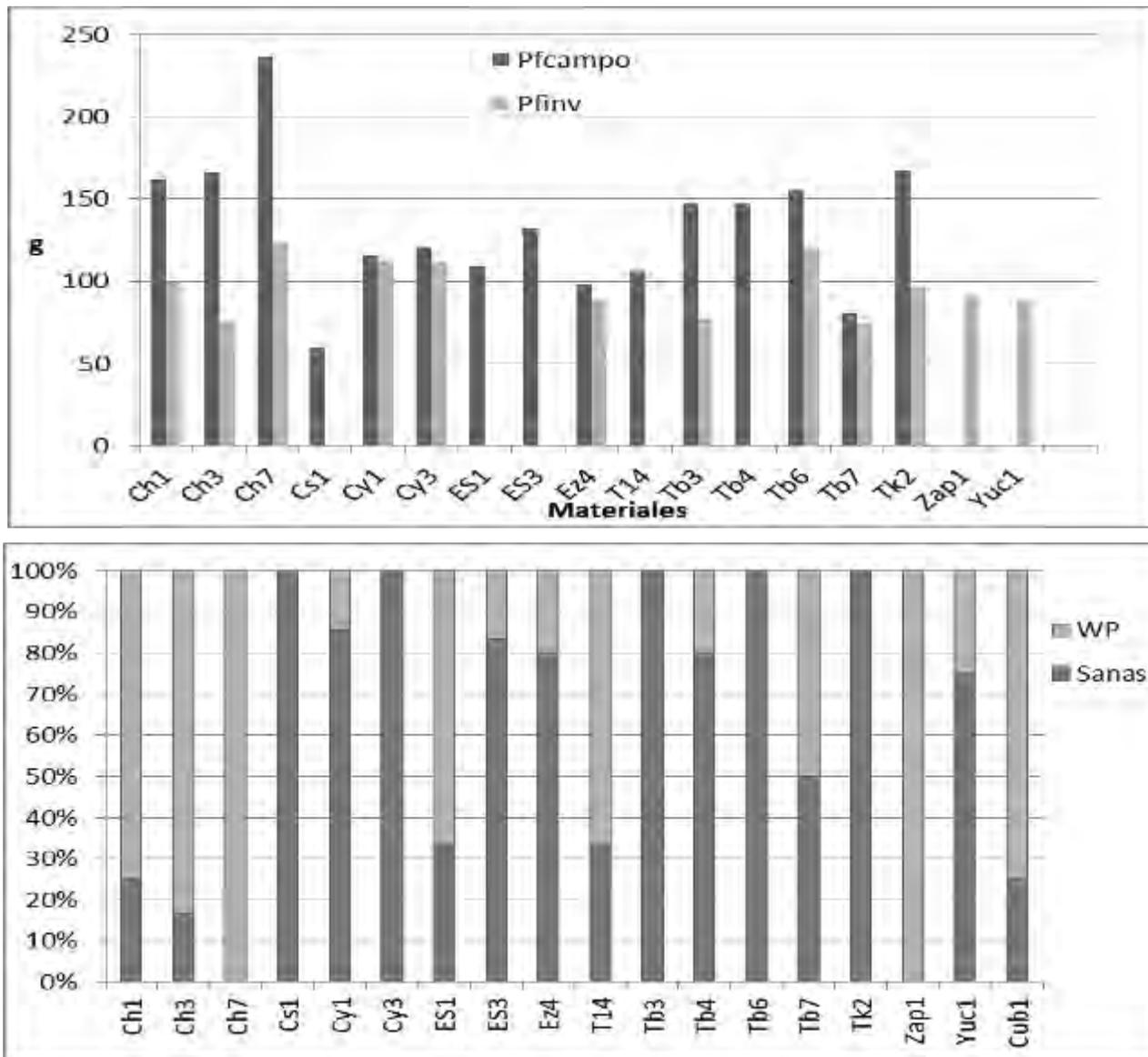


Figura 2. A) Comparativo entre tamaño de frutos provenientes de campo y producidos en invernadero. B) Incidencia de síntomas asociados a Manchado sectorial entre las selecciones a los siete años de injerto.

Evaluación en campo. El ensayo incluyó 21 materiales con cerca de 900 plantas establecidas en dos portainjertos. Los valores de sobrevivencia y apariencia del dosel entre ambos portainjertos son diferentes. De manera general, los materiales injertados sobre naranjo agrio muestran un porcentaje de sobrevivencia del 93%, mientras que la categoría del síntoma leve en el follaje es la más frecuente (88%). Por su parte, el volkameriano muestra 55% de sobrevivencia y 30% de la población muestra síntomas leves en el follaje el resto presentó síntomas de severos a muy severo. Un comportamiento similar con este portainjerto ha sido detectado en Florida, pero en combinación con naranja dulce, en donde mostró valores de sobrevivencia de cercanos al 50% (Castle et al., 2010). Aún con esos

valores, ambos experimentos de larga duración han permitido detectar al menos 10 materiales que por supervivencia y vigor, son susceptibles de ser sometidos a procedimientos de limpieza y eliminación de patógenos para inclusión en programas de multiplicación.

Conclusiones

1. Se encontró alta variabilidad morfológica en los materiales evaluados como un efecto del portainjerto.
2. El problema de manchado sectorial está ampliamente distribuido en las plantaciones de la Península de Yucatán.
3. El portainjerto *C. volkameriana* acelera la aparición de síntomas de manchado sectorial bajo las condiciones térmicas de Yucatán.
4. La combinación de *C. aurantium* provee una mayor supervivencia al limón persa bajo las condiciones térmicas y bióticas de Campeche.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente con recursos del fondo Fiscal del INIFAP convocatoria 2017 y a la Fundación Produce Campeche por las facilidades en el ensayo en campo.

Literatura Citada

Calavan, E. C. 1957. Wood pocket disease of lemons and seedless lime. *Californian Citrographs* 42:265-268.

Castle, W. S., J. C. Baldwin and R. P. Muraro. 2010. Performance of Valencia sweet orange trees on 12 rootstocks at two locations and an economic interpretation as a basis for rootstock selection. *Hortscience* 45:523-533.

CCPP. 2016. Citrus Clonal Protection Program. <http://www.ccpp.ucr.edu/variety/limes.html> [consultado en octubre de 2016].

Crane, J. H and J. L. Osborne. 2103. Growing 'Tahiti' limes in the home landscape. HS8-IFAS. 12 p.

Gil-Camacho, X. 2015. El limón persa mexicano en el mundo. <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Limon-persa-mexicano-en-el-mundo-l-20150520-0007.html> [consultado el 4 de mayo de 2016].

Knorr, L. C. and J. F. L. Childs, 1957. Occurrence of wood pocket, chimeric breakdown and endoxerosis in Florida, with particular reference to Tahiti lime. Florida.

Moore, G. A. 2001. Oranges and lemons: Clues to the taxonomy from molecular markers. *Trends in Genetics* 17:536-540.

Quijada, O., O. Jiménez, O. Matheus y M. Monteverde. Evaluación del limero Tahiti sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía* 19:173-184.

Roistacher, C. N. and J. J. Velázquez-Monreal. 2012. The wood Pocket genetic disease of large fruited lime trees. <http://ecoport.org/perl/ecoport15.pl?SearchType=slideshowView&slideshowId=77> [consultado el 6 de junio de 2017].

SIAP, 2017. Sistemas de información: Avances de siembra. <http://siap.gob.mx>. [consultado el 6 de junio de 2017].

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO INICIAL DEL LIMÓN PERSA SOBRE DRAGÓN VOLADOR, EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN, EN EL TRÓPICO

Sergio Alberto Curti Díaz⁶⁰⁷ y Carlos Hernández Guerra⁶⁰⁷

Resumen

Una mayor densidad de árboles por unidad de superficie tiene, entre varias más, la ventaja de incrementar el rendimiento por hectárea, sobre todo los primeros 4 a 6 años de la vida productiva del árbol. Para que este beneficio continúe por más tiempo, es necesario tomar en cuenta dos aspectos: a) Usar árboles pequeños o controlar su tamaño y b) plantarlos de tal manera que no entren en competencia entre ellos, principalmente por la luz, la cual se relaciona directamente con la producción de frutos. El estudio se realizó para conocer el crecimiento y producción de árboles de limón Persa injertado en dragón Volador, que induce porte bajo, y con tres densidades de plantación: 1,000, 1,250 y 1,667 árboles·ha⁻¹, plantados en un sistema rectangular a 3, 4 y 5 m entre hileras, orientadas de norte a sur, y 2 m entre árboles, dentro de la hilera. El experimento se estableció en el ejido Cañadas, de Martínez de la Torre, Veracruz, México, en febrero de 2012 y su comportamiento agronómico se evaluó durante el cuarto año de edad, de enero a diciembre de 2016. Se encontró lo siguiente: a) Los árboles establecidos en la densidad de población baja (1,000 árboles·ha⁻¹) desarrollaron mayor diámetro del tronco del patrón (9.87 cm), mayor diámetro de copa (2.79 m), así como mayor producción (382.1 frutos y 37.2 kg de fruta·árbol⁻¹), pero su índice de conformación de copa fue menor (0.80), que aquellos correspondientes a las densidades de población de 1,250 y 1,667 árboles·ha⁻¹ y b) No existió diferencia entre las densidades de población evaluadas, en los índices de eficiencia productiva, estimados con base al área transversal del tronco del limón Persa y volumen de copa total.

Palabras clave: *Poncirus trifoliata*, *Citrus latifolia*, tamaño de árbol, eficiencia productiva

⁶⁰⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco.

Introducción

Existen reportes sobre el uso de altas densidades de plantación en cítricos desde las décadas de los 1970's y los 1980's (Wheaton et al., 1978); sin embargo, por alguna razón esta práctica cayó en desuso en las décadas siguientes. A principios del presente siglo se retoma con fuerza esta práctica en varios países citrícolas; en particular, en Florida, Estado Unidos de Norteamérica, esto ocurre en respuesta a la rápida diseminación de la enfermedad denominada Greening (ahora Huanglongbing). Se planteó el modelo llamado "sistema de producción avanzado de cítricos", el cual perseguía sobrevivir a la enfermedad y mantener la competitividad de la citricultura hasta que se desarrollara alguna solución a largo plazo (Schumann et al., 2009). Este sistema incluye como principal componente el uso de altas densidades de población, además de otros como combinación de patrón/injerto, diseño de riego más eficientes, fertilización de precisión, uso de reguladores del crecimiento, todos ellos enfocados a lograr un crecimiento más rápido de los árboles, acortar la entrada a la producción, mayores rendimientos y una mejor calidad de la fruta (Stover et al., 2008).

Sin embargo, usar densidades de población mayores a las convencionales, no necesariamente debe ser en respuesta a la presencia de un factor adverso, ya que es una práctica que por sí sola tiene entre otras, las ventajas siguientes: incrementa el rendimiento, sobre todo en los primeros años, compensa los bajos precios durante los periodos de alta producción, compensa la rentabilidad de la huerta durante los periodos de producción baja, mejora la eficiencia productiva del suelo, reduce costos por tonelada de fruta producida, facilita el manejo de las aspersiones a la copa, facilita la cosecha y mejora la calidad de la fruta (Tucker y Wheaton, 1978; Sobrinho et al., 2002; Wheaton et al., 1995); pero, también existen desventajas, como una mayor inversión, por el costo de la planta adicional y de los productos para su manejo agronómico, además de que requiere un manejo diferente, adecuado a dicha densidad.

Hay dos factores de gran relevancia para manejar altas densidades de plantación en forma exitosa. El primero es que el árbol debe ser de porte bajo, ya sea controlando su tamaño mediante poda u otras prácticas o usando portainjertos que así lo induzcan (Wheaton et al., 1995; Castle et al., 2000; Stover et al., 2008; Curti-Díaz et al., 2012). Se tiene el conocimiento de que la mayoría de los frutos cítricos se producen en los primeros 90 cm exteriores de la copa, donde la luz que recibe el follaje es adecuada para formar las yemas florales (Shertz y Brown, 1966, citados por Phillips, 1978). En condiciones óptimas, un árbol desarrolla una copa de 2.0 m de diámetro y 2.5 m de altura en 3 a 5 años, la cual teóricamente es totalmente productiva (Wheaton et al., 1991); tamaño que es el ideal para manejar altas poblaciones, pues mientras más grande sea la copa del árbol, mayor será su parte interna,

ocupada por estructura de soporte, espacio que es desperdiciado porque no se producen frutos.

El segundo aspecto se refiere al arreglo topológico de los árboles, que debe ser adecuado para lograr un mayor aprovechamiento de la luz. La intercepción de la luz, es el factor más importante a considerar para diseñar una huerta, una vez que las necesidades de agua y los nutrimentos han sido satisfechas (Wheaton et al., 1978; Tucker et al. 1994). De acuerdo con Kuo-Tan et al. (2006), la productividad del árbol puede ser directamente relacionado con la cantidad de luz interceptada por la copa. Un terreno será bien aprovechado cuando esté suficientemente cubierto por follaje que intercepte la luz, pero sin que las copas de árboles de hileras vecinas se sombreen. Cuando los espacios de la calle entre las hileras son muy amplios, se desaprovecha la luz y el suelo; así mismo con distancias cortas entre hileras en plantaciones en tresbolillo (triángulo) o marco real, el sombreado entre árboles vecinos ocurre a los pocos años de establecida la huerta (Curti-Díaz et al., 2014). En huertas de limón Persa en Veracruz, es muy común usar el sistema de plantación denominado “Cinco de oros”, que consiste en un marco real adicionando un árbol al centro; donde los árboles son muy productivos los primeros 4-7 años, pero su producción declina drásticamente en los años siguientes, debido a que los árboles del interior que son sombreados, pierden primero su capacidad de florecer y de generar follaje después. En esas circunstancias, los árboles del interior de la huerta fructifican a partir de 1.5 m de altura o más arriba, mientras que los árboles de la orilla, que interceptan la luz en toda su copa, producen cerca del 60% de sus frutos, en el primer metro de follaje, a partir del suelo (Curti-Díaz et al., 2012).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de árboles de limón Persa de porte pequeño, injertados en dragón Volador, plantados en un sistema rectangular a tres distancias entre hileras.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en febrero de 2012, en la finca “El Rapadero, ubicada en el ejido Cañadas, de Martínez de la Torre, Ver., cuyo suelo es profundo, con una pendiente, de textura franco arcillosa, muy ácido (pH 5). Se usaron plantas de limón Persa (*Citrus latifolia*) injertadas en dragón Volador (*Poncirus trifoliata*), dado su característica de inducir árboles de porte bajo, obtenidas en un vivero certificado, establecidas en tres densidades de plantación: 1,000, 1,200 y 1,667 árboles por hectárea, variando la distancia entre hileras en 5, 4 y 3 m, respectivamente; la distancia entre árboles dentro de hileras fue de 2 m para los tres tratamientos. El estudio del presente trabajo se realizó de enero al diciembre de 2016. Las variables de respuesta fueron: 1. Diámetro el tronco. Se dividió la circunferencia de cada uno

de los troncos, medida a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto (m), entre el valor de Pi (3.1416), y se expresó en cm; se obtuvo la relación tronco portainjerto/tronco limón 'Persa', 2. Dimensiones de la copa: a) Diámetro (a un metro del suelo), b) Altura inferior (a las primeras ramas), total y real de la copa; esta última restando la altura inferior a la altura total, c) Índice de conformación de la copa (ICC). Se obtuvo dividiendo la altura total del árbol entre su diámetro (Ledo et al., 2008) y d) Volumen de copa total (VCT), estimada mediante la fórmula propuesta por Mendel (1956, citada por Stenzel et al., 2005): $V = \frac{2}{3} \pi R^2 H$, donde V representa el volumen (m³), π es el valor de Pi (3.1416), R es el radio de la copa (m) y H es la altura real del árbol (m) y se expresó en metros cúbicos de VCT, 3. Eficiencia productiva. Calculando los kilogramos de fruta por centímetro cuadrado de área transversal del tronco del limón Persa y por metro cúbico de volumen total de copa, 4. Rendimiento. Con base a número de frutos y kg de fruta por árbol, y 5. Peso promedio del fruto. Se obtuvo dividiendo el peso total de la fruta cosechada por árbol entre el número de frutos. Se usó un diseño de bloques al azar, tres tratamientos y 20 repeticiones, con un árbol de unidad experimental. Los datos registrados se analizaron con el programa Statistical Analysis System, versión 9.2, y para la separación de medias se usó la Prueba de Tukey a una probabilidad de error del 5%.

Resultados y discusión

Diámetro del tronco. El diámetro del tronco del limón Persa no mostró diferencias entre las tres densidades de población (DP) evaluadas; sin embargo, el tronco del patrón fue menor con la DP de 1,200 árboles por hectárea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dimensiones de la copa del limón Persa/Dragón Volador establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. Octubre 2016.

Arboles·Ha ⁻¹ ^Z	Diámetro del tronco (cm)				DTP/DTLP ^Y	
	Patrón		Limón Persa			
1,000	9.9	a	8.0	a	1.3	a
1,250	9.0	b	7.3	a	1.2	a
1,667	9.8	a	7.8	a	1.3	a
Promedio	9.57		7.71		1.26	
DMS ^W	0.684		0.792		0.087	
CV (%) ^V	10.00		14.37		9.65	

^Z Distancia entre hileras: T1=5 m, T2=4 m y T3= 3 m. Distancia dentro de hileras 2 m.

^Y DTP: diámetro del tronco del patrón; DTLP: diámetro del tronco de limón Persa.

^X Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son Estadísticamente iguales (Tukey, ≤ 0.05).

^W Coeficiente de variación.

A los cuatro años de edad, es difícil sugerir que esta diferencia sea producto de las diferentes DP, y menos porque el menor diámetro correspondió a la DP intermedia. Tampoco parece ser que se haya debido a la heterogeneidad de la planta, lo cual con dragón Volador es muy común, dado que el coeficiente de variación es bajo. Tampoco hubo diferencias en la relación resultante del diámetro del tronco del patrón entre el correspondiente al limón Persa; pero si cabe comentar que esta relación es superior a la unidad, lo cual es común cuando el patrón es un *Poncirus trifoliado* (Curti-Díaz et al., 2012; Leal-Barrera et al., 2012).

Dimensiones de la copa. La altura de la copa fue igual para las tres DP (Cuadro 2), no así su diámetro promedio, el cual fue mayor para la DP menor, debido al mayor desarrollo de su copa en la dirección este a oeste. Es importante notar que a los 4.5 años de edad, las copas dentro de hileras ya se unieron (diámetro de norte a sur), en las tres DP, dado que la distancia entre árboles es de 2 m para los tres tratamientos. Con base a lo señalado por Wheaton et al. (1991), el desarrollo de los árboles en este estudio es muy bueno, aunque se esperaba un porte menor, dado que el patrón dragón Volador induce el desarrollo de copas pequeñas. El ICC de los árboles de la DP baja (1,000 plantas·ha⁻¹), fue menor que el registrado para los árboles de los demás tratamientos, dado el mayor desarrollo del diámetro promedio de su copa y, específicamente, por su mayor desarrollo en la dirección este a oeste (Cuadro 2).

Cuadro 2. Dimensiones de la copa del limón Persa/Dragón Volador establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. Octubre 2016.

Árboles·Ha ⁻¹ ^Z	Altura (m)	Diámetro de copa (m)			ICC ^Y
		Este a Oeste	Norte a Sur	Promedio	
1,000	2.22 a	3.47 a	2.22 a	2.79 a	0.80 b
1,250	2.10 a	2.78 b	2.10 a	2.36 b	0.90 a
1,667	2.28 a	2.71 b	2.28 a	2.47 b	0.92 a
Promedio	2.194	3.010	2.194	2.551	0.870
DMS ^X	0.239	0.350	0.239	0.301	0.067
CV (%) ^W	15.443	16.531	15.443	16.784	10.784

^Z Distancia entre hileras: T1=5 m, T2=4 m y T3= 3 m. Distancia dentro de hileras 2 m.

^Y Índice de conformación de copa = Altura de copa/Diámetro promedio de copa.

^X Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

^W Coeficiente de variación.

El índice de conformación de la copa es el típico en cítricos (diámetro mayor que la altura); sin embargo, los valores son más altos que los reportados por Curti-Díaz et al. (2014) con limón Persa desarrollado en otros patrones, como citrange Carrizo, Limón Rugoso, citrumelo Swingle y limón Volkameriana (0.64, 0.77, 0.74 y 0.63, respectivamente). En estos últimos, el

diámetro de copa fue mucho mayor que la altura; mientras que, con dragón Volador, la copa tiende a ser redonda (valores más próximos a la unidad).

Producción de fruta. Algunos árboles produjeron sus primeros frutos al año de plantarse, pero fue hasta el tercer año cuando se generalizó la producción en todos los árboles. En el Cuadro 3 se muestra la producción por árbol de las nueve cosechas realizadas de enero a diciembre de 2016, la cual es acorde a la edad del árbol; en seis de ellas, hubo diferencia estadística, pero sin una tendencia clara del posible efecto debido a los tratamientos.

Cuadro 3. Producción por corte del limón Persa injertados en Dragón Volador establecidos en un suelo ácido en tres densidades de plantación. Martínez de la Torre, Ver. 2016.

DP ^z	Rendimiento de fruta (kg·árbol ⁻¹)									
	Ene	Mar	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Dic	
1,000	0.9 ab	0.4 a	1.3 a	8.0 a	14.4 a	0.3 b	1.2 a	2.8 a	8.0 a	
1,250	0.4 b	0.2 a	0.5 b	6.6 a	10.4 b	0.7 b	0.8 a	1.3 b	4.2 b	
1,667	0.9 a	0.3 a	0.9 b	7.6 a	10.0 b	3.2 a	0.8 a	1.6 b	4.0 b	
Promedio	0.74	0.26	0.91	7.43	11.76	1.29	0.93	1.98	5.55	
DMS ^y	1.87	0.20	0.48	2.26	2.70	0.63	0.47	0.87	2.05	
CV (%) ^x	84.92	103.63	73.28	42.47	32.03	68.82	70.97	61.67	51.71	

^z DP Densidad población (árboles·ha⁻¹). Distancias entre hileras: T1=5 m, T2=4 m y T3= 3 m. Distancia dentro de hileras 2 m.

^y Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

^x Coeficiente de variación.

En el Cuadro 4 se aprecia una ventaja del tratamiento con 1,000 plantas·ha⁻¹, en el rendimiento (kg·árbol⁻¹·año⁻¹) y tamaño de fruto. Esta respuesta sugiere el inicio de una competencia de luz entre árboles vecinos, asociada a la expansión del follaje hacia la calle, sobre todo con las DP de 1,250 y 1,667 árboles. Las calles libres son de 2.21 m, 1.64 m y 0.53 m, para los tratamientos 1,000, 1,250 y 1,667 árboles·ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 3), donde la distancia entre hileras es de 5 m, 4 m, y 3 m, en el mismo orden.

Al respecto y, para evitar competencia de luz entre árboles vecinos, Tucker et al. (1994), refieren que la altura del árbol no debe exceder el doble del ancho de la calle libre, lo que para el presente estudio ya no se cumple para la DP mayor (T3) y está por ocurrir lo mismo para el tratamiento 2. Esto sugeriría, si se tratará de una huerta comercial, que es oportuno empezar a controlar el tamaño del árbol mediante la poda lateral y descopete (Wheaton et al., 1995), y así evitar el sombreado de la parte baja de las copas entre árboles vecinos. Esta poda es una práctica obligada en el diseño de huertas, sobre todo con altas densidades de población, para mejorar la intercepción de luz (Wheaton et al., 1978).

El peso promedio del fruto se considera bajo, pues lo común son frutos de 100 gramos; sin embargo, es comparable con el peso de frutos de huertas comerciales de alta productividad, como los señalados por Curti-Díaz et al. (2012), con los patrones citrómelo Swingle (88.9 g), citrange Carrizo (92.6 g) y limón Rugoso (93.2 g).

Cuadro 4. Rendimiento total por árbol y peso promedio de fruto del limón Persa injertado en dragón Volador y establecido en tres densidades de plantación. Martínez de la Torre, Ver. 2016.

Árboles·ha ⁻¹ ^z	Rendimiento por árbol, acumulado de enero a diciembre de 2016		Peso promedio del fruto (g)
	Frutos	Kilogramos	
1,000	382.1 a	37.2 a	97.3 a
1,250	269.7 b	25.1 b	93.5 b
1,667	320.2 b	29.4 b	92.1 b
Promedio	326.60	30.86	94.44
DMS ^y	58.452	5.650	3.251
CV (%) ^x	25.043	25.614	4.817

^z Distancia entre hileras: T1=5 m, T2=4 m y T3= 3 m. Distancia dentro de hileras 2 m.

^y Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

^x Coeficiente de variación.

Eficiencia productiva. La eficiencia productiva de la copa, calculada con base al área transversal del tronco del limón Persa y el volumen de copa total del árbol, no mostró diferencias entre tratamientos (Cuadro 5), pero será interesante conocer su comportamiento cuando las copas sean más grandes y compitan por luz entre árboles vecinos.

Cuadro 5. Eficiencia productiva del limón Persa/Dragón Volador establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2016.

Árboles·ha ⁻¹ ^z	Índice de eficiencia productiva (kg de fruta)	
	kg·cm ⁻² ATTLP ^y	kg·m ⁻³ VCT ^x
1,000	0.78 a	4.91 a
1,250	0.62 a	4.20 a
1,667	0.66 a	5.03 a
Promedio	0.687	4.715
DMS ^y	0.168	0.901
CV (%) ^x	34.173	26.751

^z Distancia entre hileras: T1=5 m, T2=4 m y T3= 3 m. Distancia dentro de hileras 2 m.

^y Área Transversal del tronco del limón Persa.

^x Volumen de copa total

^w Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

^v Coeficiente de variación.

Conclusiones

1. Los árboles de limón Persa / dragón Volador de cuatro años de edad, establecidos en la densidad de población baja ($1,000 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$) desarrollaron mayor diámetro del tronco del patrón (9.87 cm), mayor diámetro de copa (2.79 m), y su rendimiento fue mayor (382.1 frutos y $37.2 \text{ kg de fruta} \cdot \text{árbol}^{-1}$), pero su índice de conformación de copa fue menor (0.80), que aquellos correspondientes a las densidades de población de $1,250$ y $1,667 \text{ árboles} \cdot \text{ha}^{-1}$.
2. No existió diferencia, entre las densidades de población evaluadas, con relación a los índices de eficiencia productiva estimados con base al área transversal del tronco del limón Persa y volumen de copa total.

Literatura citada

- Castle, W. S., J. C. Baldwin and J. W. Grosser. 2000. Performance of 'Washington' Navel orange trees in rootstock trials located in Lake and St. Lucie counties. Proc. Fla. State Hort. Soc. 113:106-111.
- Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra, R. X. Loredó-Salazar y J. I. López-Arroyo. 2012. Productividad de árboles internos y orilleros de una huerta comercial de limón Persa con alta densidad de plantación. XV Congreso Nacional y 1er. Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Puebla, Pue. México.
- Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra, R. X. Loredó-Salazar y J. I. López-Arroyo. 2014. Incremento de la productividad del limón Persa usando altas densidades de plantación. X Simposio Internacional Citrícola y 2º. Simposio Internacional sobre HLB en cítricos ácidos. Puerto Escondido, Oax. México.
- Kuo-Tan, L., J. P. Syvertsen and J. Dunlop. 2006. Defoliation after harvest with a trunk shaker does not affect canopy light interception in orange trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 119:187-189.
- Leal-Barrera, R., S. A. Curti-Díaz y C. Hernández-Guerra. 2012. Comportamiento agronómico del limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en 16 patrones, en un suelo franco arenoso. p. 32-38. In: Memoria del Congreso Mexicano de Investigación en Cítricos 2012. Boca del Río, Ver., México.

- Ledo, A. da S., T. K. de Oliveira, R. Ritzinger and F. F. Azevedo. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. *Revista Ciencia Agronómica* 39(2):263-268.
- Phillips, R. L. 1978. Tree size control hedging and topping citrus in high-density plantings. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:43-46.
- Schumann, A. W., J. P. Syvertsen and K. T. Morgan. 2009. Implementing advanced Citrus production systems in Florida-early results. *Proc. Fla. State Soc.* 122:108-113.
- Sobrinho, J. T., A. A. Salibe, J. O. de Figueiredo e H. Schinor. 2002. Adensamento de plantio para laranja 'Hamlin' sobre limoeiro 'Cravo' em Cordeirópolis (SP). *Laranja* 23: 439-452.
- Stenzel, N. M. C., C. S. V. J. Neves., M. B. D. S. Scholz, J. C. Gomes. 2005. Comportamento da laranja 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Frutic.* 27(3):408-411.
- Stover, E., W. S. Castle and P. Spyke. 2008. The citrus grove of future and its implications for Huanglongbing management. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 121:155-159.
- Tucker, D. P. H. and T. A. Wheaton. 1978. Spacing trends in higher citrus planting densities. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:36-40.
- Tucker, D. P. H., T. A. Wheaton and R. P. Muraro. 1994. Citrus tree spacing. Fact Sheet HS-143. University of Florida. 10 p.
- Wheaton, T. A., W. S. Castle, D. P. H. Tucker and J. D. Whitney. 1978. Higher density plantings for Florida citrus. Concepts. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:27-33.
- Wheaton T. A., W. S. Castle, J. D. Whitney and D. P. H. Tucker. 1991. Performance of citrus scion cultivars and rootstocks in a high-density planting. *HortScience* 26(7):837-840.
- Wheaton, T. A., J. D. Whitney, W. S. Castle, R. P. Muraro, H. W. Browning and D. P. H. Tucker. 1995. Citrus scion and rootstock, topping height, and tree spacing affect tree size, yield, fruit quality, and economic return. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(5):861-870.

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE CINCO CLONES DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia*) INJERTADOS EN LIMÓN VOLKAMERIANA (*Citrus volkameriana*)

Sergio Alberto Curti Díaz⁶⁰⁸, Carlos Hernández Guerra^{608*}, José Alfredo Sandoval Rincón⁶⁰⁹, Reyna Xochitl Loredo Salazar⁶⁰⁹

Resumen

Desde que inició el cultivo del limón Persa a principios de los 1970's, la superficie plantada se ha ido incrementando. Sin embargo, sólo se maneja un solo cultivar o clon en Veracruz y prácticamente en todo México. Con la finalidad de fortalecer la industria del limón Persa, el Campo Experimental Ixtacuaco, del INIFAP, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México, seleccionó de huertas comerciales, varios clones de limón Persa con características diferentes pero de aparente buen comportamiento agronómico y de buena calidad de fruta. En junio de 2013, se establecieron en un suelo profundo, de textura migajón arcillosa y alcalino (pH 8.2) de Misantla, Veracruz, cuatro de esos clones, llamados regionalmente "Arbolito", "Peruano", "Chino" y "Doble Persa" y como testigo el limón Persa común, todos ellos injertados en limón Volkameriana; las yemas de los primeros tomadas directamente de las huertas comerciales y el testigo, de un vivero certificado. Se evaluaron las dimensiones del árbol, su rendimiento y eficiencia productiva durante el periodo de febrero a diciembre de 2016. Los resultados de mayor relevancia fueron: 1. Arbolito, Peruano, Chino y Doble Persa desarrollaron menor diámetro de los troncos (del patrón y del limón Persa), menor altura y volumen de copa en comparación con el Persa común, 2. El índice de conformación de copa (ICC) de Arbolito es el más cercano a 1 ("copa redonda"), pero fue igual al de los clones Chino y Persa Común, mientras que Peruano y Doble Persa tienden a formar una copa achatada, 3. El rendimiento (kg fruta árbol) fue igual en los cinco clones, pero el tamaño del fruto de Peruano y Doble Persa, fue mayor que el Persa común, 4. Arbolito, con mayor eficiencia productiva y menor volumen de copa que Persa común, es un clon promisorio para incrementar la productividad de la huerta, haciendo las adecuaciones necesarias sobre densidad de población.

⁶⁰⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro Experimental Ixtacuaco.

⁶⁰⁹ INIFAP. CIRGOC. CE Ixtacuaco, hasta diciembre de 2011.

Palabras clave: desarrollo vegetativo, índice de conformación de copa, eficiencia productiva

Introducción

En México se cultivan tres especies de limón: el Persa (*Citrus latifolia*) con 88,824.7 ha, el Mexicano (*C. aurantifolia*) con 78,934.6 ha y el Italiano (*C. limon*) con 8,285.4 ha (SAGARPA, 2016). Pero prácticamente es un solo tipo o cultivar el que se usa comercialmente por cada especie. En el caso particular del limón Persa, se establecieron algunas huertas, en la década de los 1990's, con un cultivar denominado SRA-58 generado por el CIRAD, el cual por diversas razones no tuvo un comportamiento agronómico aceptable; por esta razón, y con la información que se cuenta, un vivero certificado de Veracruz (PROCIGO), saneó mediante termoterapia y microinjerto dos materiales de árboles adultos con buen comportamiento agronómico y ausente de síntomas indeseables, entre ellos las grietas en el tronco del árbol, asociadas a presencia de viroides y a "Wood Pocket". Y, aparentemente, éste es el origen del limón Persa que los viveros certificados están usando actualmente.

El Campo Experimental Ixtacuaco, del INIFAP, inició en 2003 un proyecto para conformar un banco de germoplasma de cítricos, mediante dos acciones: con especies y cultivares del interés manifestado por viveristas y citricultores las cuales se introdujeron del Repositorio Nacional de germoplasma de cítricos y dátiles de Riverside, California, y mediante colectas de yemas provenientes de árboles en huertas comerciales, con algún interés agronómico o de otro tipo. De limón Persa se colectaron seis clones, cuya caracterización agronómica in situ, mostraron diferencias en eficiencia productiva y las características de calidad de fruta, que cumplen con los estándares del "PC-012-2004: Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Selecta en Limón Persa". Cuatro de esos materiales se establecieron en junio de 2013 en Misantla, Veracruz, con la finalidad de evaluar su comportamiento vegetativo y su eficiencia productiva, usando como testigo al limón Persa común.

Materiales y métodos

Los árboles se plantaron en junio de 2013, en la localidad de La Reforma, Misantla, Ver., donde la temperatura media anual es de 24°C y la precipitación pluvial de 1,400 mm; el suelo es profundo, migajón arcilloso, alcalino (pH 8.2). Los tratamientos fueron cinco clones de limón injertados en limón Volkameriano (*Citrus volkameriana*); cuatro de ellos con yemas obtenidas de huertas comerciales con los limones conocidos como "Arbolito", "Peruano",

“Chino” y “Doble Persa” y el quinto tratamiento, que se usó como testigo, fue el limón “Persa común”, pero producido en un vivero certificado. La distancia de plantación fue de 6 x 4 m, orientando las hileras de norte a sur. El manejo de la parcela, que estuvo a cargo del productor cooperante, consistió en fertilizar con la fórmula 431-299-341 gramos· árbol⁻¹· año⁻¹ de N, P₂O₅ y SO₄, respectivamente; fue aplicada en forma fraccionada en febrero (20%), agosto (40%) y noviembre (40%); la maleza se controló químicamente con paraquat y glifosato en los meses de marzo, julio, agosto y septiembre y, mediante chapeos mecánicos, en los meses restantes.

Las variables de estudio fueron: 1. Diámetro el tronco del patrón y del limón Persa. Se dividió la circunferencia de cada uno de los troncos, medida a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto, entre el valor de π (3.1416), y se expresó en cm, 2. Se obtuvo la relación de ambos diámetros, dividiendo el del portainjerto entre el del tronco limón Persa, 3. Diámetro de la copa, registrada a un metro de altura del suelo (m), 4. Altura de la copa, medida desde el suelo a la parte superior de la misma (m), 5. Índice de conformación de la copa (ICC), dividiendo la altura total del árbol entre su diámetro (Ledo et al., 2008), 6. Volumen de copa total (VCT), estimada mediante la fórmula propuesta por Mendel (1956, citada por Stenzel et al., 2005): $V = \frac{2}{3} \pi R^2 H$, donde V representa el volumen (m³), π es el valor de (3.1416), R es el radio de la copa (m) y H es la altura real del árbol (m) y se expresó en metros cúbicos de VCT, 7. Rendimiento. Con base a número de frutos y kg de fruta por árbol, 8. Peso promedio del fruto. Se obtuvo dividiendo el peso total de la fruta cosechada entre el número total de frutos por árbol, 9. Eficiencia productiva. Calculando los kilogramos de fruta por metro cúbico de copa.

Se usó un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y nueve repeticiones, considerando un árbol por unidad experimental. Los datos registrados se analizaron con el programa Statistical Analysis System (Anónimo, 2010), versión 9.2, y para la separación de medias se usó la Prueba de Tukey a una probabilidad de error del 5%.

Resultados y discusión

Dimensiones del tronco. No hubo diferencia en el diámetro del tronco del patrón ni en el del limón Persa, entre los clones de arbolito, peruano, chino y doble Persa; pero si las hubo entre éstos y el limón Persa Común o testigo (Cuadro 1). Es muy probable que, ese mayor desarrollo de los troncos del testigo, se deba a que la planta se formó en un vivero certificado y, por lo tanto, está libre de patógenos vasculares (tristeza, exocortis, caquexia y psorosis,

con base a la NOM-FITO-079-2002), en comparación con el resto de los clones, cuyas copas provinieron de yemas de huertas comerciales sin sanear.

Relación Diámetro tronco patrón / Diámetro de tronco limón Persa (DTP/DTLP). Cabe resaltar que numéricamente, el diámetro de limón Volkameriana, fue mayor que el diámetro del tronco de limón Persa en los cinco tratamientos (Cuadro 1), por lo que la DTP/DTLP supera la unidad; resultado que difiere de lo encontrado por Curti-Díaz et al. (2012) quienes reportan una relación de 0.93, en limón Persa/Volkameriana, pero de 11 años de edad; mientras Machado et al. (2017), con el mismo patrón con limón Tahití (Persa), señalan una relación menor a la unidad a los 4 y 5 años de edad (0.90 y 0.87, respectivamente), pero mayor a los 1-3 años y a los 6-7 años. Una relación de 1 o cercano al mismo, se asocia a una buena compatibilidad entre patrón y copa (Schaffer et al., 2001 y Milla et al., 2009), pero relaciones menores o mayores, como ocurre con algunas especies de patrón, no necesariamente indican incompatibilidad (Schaffer et al., 2001) entre especies. Pero lo interesante, en esta variable registrada es que la relación DTP/DTLP de Arbolito, es mayor que la de Chino y Persa Común, e igual al resto de los tratamientos (Cuadro 1); si este comportamiento se mantuviera en años posteriores, esta variable podría ser una característica fenotípica diferencial entre el Arbolito y el limón Persa Común.

Cuadro 1. Diámetros de los troncos del limón Volkameriana injertado con cinco clones de limón Persa. Misantla, Ver., INIFAP. 2016.

Clon	Diámetro de tronco (cm)		DTP/DTLP ^z
	Patrón	Limón Persa	
Arbolito	6.79 b	5.44 b	1.25 a
Peruano	6.96 b	6.44 b	1.10 ab
Chino	6.15 b	5.94 b	1.04 b
Doble persa	7.00 b	6.32 b	1.11 ab
Persa común	8.91 a	8.41 a	1.07 b
Media	7.17	6.52	1.125
DMS ^y	1.34	1.44	0.180
CV (%) ^x	13.41	15.86	11.50

^zDTP: Diámetro tronco patrón, DTLP: Diámetro tronco limón Persa. ^yDiferencia mínima significativa; medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \geq 0.05$. ^x Coeficiente de variación.

Dimensiones de la copa. Tanto la altura de la copa, como su volumen fue mayor con el Persa Común que con el resto de los clones (Cuadro 2), lo cual podría explicarse con el argumento antes indicado, de que fue una planta certificada y, por lo tanto, sana. Mientras

que el diámetro de copa de Persa Común fue igual al del Peruano, y superó al correspondiente al resto de los clones. Es importante señalar que estas dimensiones son muy aceptables para un árbol de tres años de edad; no se encontró literatura para comparar el desarrollo de la copa con la misma edad del árbol, patrón y cultivar. Milla et al. (2009), Machado et al. (2017) y Piña et al. (2006) reportan valores de 2.68 a 3.31 m, 2.17 a 3.89 m y 7.38 a 24.54 m³, de altura, diámetro y volumen de copa, respectivamente, para limón Persa/Volkameriana de tres años de edad, pero manejados con riego.

Índice de conformación de copa (ICC). La copa de la mayoría de las especies de cítricos, tienden a ser más anchas que altas (ICC menor que 1). En el presente estudio, el Arbolito tuvo un ICC de 1.01, que fue estadísticamente igual al logrado con Chino y Persa Común y mayor al de los clones restantes (Cuadro 2). Esta forma redondeada, es prácticamente la razón por la cual los productores le llaman “arbolito” y que podría ser una característica fenotípica diferencial con Doble Persa y Peruano.

Cuadro 2. Dimensiones de copa de cinco clones de limón Persa injertados en limón Volkameriana. Misantla, Ver., INIFAP. 2016.

Clones	Dimensiones del árbol			ICC ^z
	Altura (m)	Diámetro (m)	Volumen de copa (m ³)	
Arbolito	1.66 b	1.64 c	1.85 b	1.01 a
Peruano	1.70 b	2.12 ab	3.43 b	0.79 c
Chino	1.69 b	1.82 bc	2.70 b	0.92 abc
Doble persa	1.60 b	1.99 bc	2.96 b	0.81 bc
Persa común	2.36 a	2.46 a	6.64 a	0.97 ab
Media	1.81	2.01	3.53	0.906
DMS ^y	0.46	0.44	2.22	0.168
CV (%) ^x	18.26	15.65	44.92	13.253

^z Índice de Conformación de Copa; ^y Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \geq 0.05$. ^x Coeficiente de variación.

Producción de fruta. Se realizaron siete cosechas durante 2016, el cual prácticamente fue el primer año de producción, pues los árboles se plantaron en junio de 2013. Ello explica por qué la producción media de los tratamientos apenas rebasa los seis kilogramos de fruta por árbol (en febrero y julio) y, el alto coeficiente de variación (Cuadro 3), producto probablemente de la gran heterogeneidad de producción entre los árboles jóvenes. Sólo existió diferencia en dos de las cosechas, donde la producción por árbol fue menor con Chino y Doble Persa que con Persa Común y Arbolito, en julio y diciembre, respectivamente.

Cuadro 3. Producción por corte realizado en 2016 en cinco clones de limón Persa injertados en limón Volkameriana. Misantla, Ver., INIFAP.

Clon	Rendimiento (kg·árbol ⁻¹)													
	Feb		Mar		Jun		Jul		Sep		Oct		Dic	
Arbolito	3.9	a	0.9	a	3.1	a	3.4	b	4.7	a	3.1	a	4.2	a
Peruano	9.5	a	1.5	a	4.1	a	7.4	ab	4.4	a	3.5	a	1.8	ab
Chino	6.9	a	0.8	a	3.7	a	4.2	b	2.6	a	1.9	a	0.8	b
Doble Persa	4.0	a	0.6	a	7.8	a	4.4	b	2.5	a	2.9	a	0.7	b
Persa común	6.5	a	1.5	a	6.1	a	11.6	a	4.2	a	3.8	a	2.6	ab
Media	6.14		1.05		4.92		6.23		3.69		3.02		2.06	
DMS ^z	6.21		1.42		5.21		6.88		4.49		3.41		3.24	
CV (%) ^y	72.24		96.53		75.60		78.85		86.94		80.60		112.34	

^z Diferencia mínima significativa; ^y medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \geq 0.05$. ^x Coeficiente de variación.

Esa tendencia de las cosechas de julio y diciembre, se ve reflejada en la producción por árbol acumulada durante las siete cosechas realizadas, donde la cantidad de frutos de Chino y Doble Persa es estadísticamente inferior a la producida por Persa Común, e igual a la producción del resto de los tratamientos (Cuadro 3). En cambio, el rendimiento registrado en kilogramos de fruta por árbol no difiere entre tratamientos.

Peso promedio del fruto. Los frutos tuvieron mayor peso con Doble Persa y Peruano que con Arbolito y Persa Común (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento y eficiencia productiva de cinco clones de limón Persa injertados en limón Volkameriana. Misantla, Ver., INIFAP. 2016.

Clones	Rendimiento por árbol ^z		Peso promedio del fruto (g)	EPVCT ^y (Kg·m ⁻³)				
	Número de frutos	Peso (kg·árbol ⁻¹)						
Arbolito	224.4	ab	23.4	a	104.1	b	14.8	a
Peruano	268.4	ab	32.2	a	119.4	a	10.1	ab
Chino	189.1	b	20.9	a	110.8	ab	8.6	b
Doble Persa	198.1	b	22.9	a	117.2	a	8.7	b
Persa común	344.9	a	36.2	a	105.5	b	5.4	b
Media	245.53		27.09		111.07		9.53	
DMS ^x	145.94		15.84		10.68		5.95	
CV (%) ^w	42.42		41.74		6.86		44.57	

^z Acumulado de febrero a diciembre de 2016; ^y Eficiencia productiva con base al volumen de copa total ^x Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \geq 0.05$. ^w Coeficiente de variación.

Stenzel y Neves (2004) reportan un peso del fruto de limón Persa/Volkameriana similar (113.5 g) Doble Persa y Peruano; sin embargo, Machado et al. (2017) y Curti-Díaz et al. (2012) indican un peso de fruto mucho menor a la media de los frutos producidos por todos los clones en este estudio, 75.6 y 79.5 g, respectivamente; aunque los últimos, asocian ese bajo peso con un buen rendimiento promedio por árbol, en un año (140 kg). En general, en la región limonera de Martínez de la Torre, Veracruz se considera a un fruto de 100 g, como aceptable y de un peso promedio.

Eficiencia productiva. Generalmente los árboles de menor volumen de copa, son más eficientes para producir fruta, que aquellos de copas grandes. La eficiencia productiva del Arbolito ($14.8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ de volumen de copa), que tuvo el menor volumen de copa en este estudio (1.85 m^3 , Cuadro 2), fue igual a la lograda con Peruano, pero mayor que a la obtenida por Chino, Doble Persa y Persa común (Cuadro 3); éste último fue el que desarrolló la copa de mayor volumen (6.64 m^3). Stenzel y Neves (2004) y Machado et al. (2017) señalan valores de eficiencia productiva por m^3 de volumen de copa, mucho menos que la media obtenida por los clones en este estudio (1.2 y $2.11 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectivamente); pero con volúmenes de copa mucho mayores (35 y 19.5 m^3 , respectivamente). Independientemente del tamaño y la producción por árbol, aquellos que tienen mayor eficiencia productiva por m^3 de volumen de copa, resultan de mucho interés para incrementar la productividad de una huerta, incrementando la densidad población por unidad de superficie, cuando se trata de árboles de copa pequeña.

Conclusiones

Las características más relevantes de los clones de limón Persa estudiados, con relación al desarrollo del árbol y su productividad, fueron las siguientes:

1. Arbolito, Peruano, Chino y Doble Persa desarrollaron menor diámetro de los troncos (del patrón y del limón Persa), menor altura y volumen de copa en comparación con el Persa común.
2. El índice de conformación de copa (ICC) de Arbolito es el más cercano a 1 (“copa redonda”), pero fue igual al de los clones Chino y Persa Común, mientras que Peruano y Doble Persa tienden a formar una copa achatada.
3. El rendimiento (kg fruta árbol) fue igual en los cinco clones, pero el tamaño del fruto de Peruano y Doble Persa, fue mayor que el Persa común.

4. Arbolito, con mayor eficiencia productiva y menor volumen de copa que Persa común, es un clon promisorio para incrementar la productividad de la huerta, haciendo las adecuaciones necesarias sobre densidad de población.

Literatura citada

Anónimo. 2010. Statistical Analysis System. Versión 9.2 para Windows (español). SAS Institute Inc. Cary, NC. Estados Unidos.

Curti-Díaz S. A., C. Hernández-Guerra y R. X. Loredó-Salazar. 2012. Productividad del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3):291-305.

Ledo, A. da S., T. K. de Oliveira, R. Ritzinger and F. F. Azevedo. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. Revista Ciencia Agronómica 39(2):263-268.

Machado, D. L. M., D. M. de Siqueira, L. C. C. C. Salomao, P. R. Cecon and D. F. P da Silva. 2017. Evaluation of rootstocks for 'Tahiti' acid lime in northern state of Minas Gerais. Rev. Bras. Frutic. 9 (1): (e-790).

Milla, D., M. Arizaleta y L. Díaz. 2009. Crecimiento del limero 'Tahití' (*Citrus latifolia* Tan.) y desarrollo del fruto sobre cuatro portainjertos en un huerto frutal ubicado en el municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. Revista UDO Agrícola 9(1):85-95.

Piña-Dumoulin, E., G. Laborem, E. E. Monteverde, S. Maganá-Lemuz, M. Espinoza y L. A. Rangel. 2006. Crecimiento, producción y calidad de frutos en limeros 'Persa' sobre 11 portainjertos. Agronomía Tropical 56(3):433-448.

SAGARPA. 2016. Anuarios estadísticos de la producción agrícola, Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 5 de agosto de 2017].

Schaffer, G., M. Bastianel e D. Cunha. 2001. Porta-enxertos utilizados na citricultura. Ciencia Rural, Santa María 31(4):723-733.

Stenzel, N. M. C. and C. S. V. J. Neves. 2004. Rootstocks for 'Tahiti' lime. Sci. Agric. 61(2):151-155.

Stenzel, N. M. C, C. S. V. J. Neves, M. B. D. S. Scholz e J. C. Gomes, 2005. Comportamento da laranjeira 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. Rev. Bras. Frutic. 27(3):408-411.

FISIOLOGÍA DE POSTCOSECHA

Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola,
Pesquera, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático



CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL BAGAZO DE LIMA PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) EN FRESCO Y SECO

Salvador López Guzmán⁶¹⁰, Adriana Contreras Oliva⁶¹¹, Marco Antonio González Hernández⁶¹⁰,
Gregorio Zarate Castillo⁶¹⁰ e Ismael Alatraste Perez^{610*}

Resumen

A las limas de fruto grande (*Citrus latifolia* Tanaka) se les conoce en México como persa, "limón sin semilla", es el segundo cítrico más importante, tanto en consumo fresco como en usos industriales. En este trabajo se presenta la caracterización fisicoquímica del bagazo de lima persa (*C. latifolia* Tanaka) en fresco y seco que se cultiva en Cuitláhuac, Veracruz. Para su caracterización primeramente se seleccionó el fruto en término medio de maduración, se lavó y rebanó en cortes de 2 mm de grosor; se realizó el secado a una temperatura de 60°C por un tiempo de 6 horas; posteriormente se molió y se tamizó. Finalmente se caracterizó fisicoquímicamente en fresco y seco teniendo como resultados un rendimiento del 3.47% de bagazo de lima persa en seco (208.6 g), humedad del 4.58%, pH de 2.5, acidez de 0.0275 g de ácido cítrico/100 mL, contenido de cenizas de 3.1 g/100 g, contenido de grasa de 0.89 g/100 g, contenido proteínas de 0.72 g/100 g. Estos resultados en bagazo de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en seco nos permite considerarla como un co-producto de buena calidad para ser utilizado como materia prima en la elaboración de otros productos y así darles un valor agregado a los residuos de la industria cítrica.

Palabras clave: humedad, pH, acidez, cenizas, grasa, proteínas

Abstract

The large fruit limes (*Citrus latifolia* Tanaka) are known in Mexico as Persian, "lemon without seed", is the second most important citrus, both in fresh consumption and in industrial uses. In this work is presented the physicochemical characterization of the fresh and dry Persian lime bagasse (*C. latifolia* Tanaka) grown in Cuitláhuac, Veracruz. For its characterization, the fruit

⁶¹⁰Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Departamento de Procesos Alimentarios.

*ismael.alatraste@utcv.edu.mx

⁶¹¹ Colegio de Posgraduados Campus Córdoba.

was selected on a ripening medium, washed and sliced into 2 mm thick sections, then dried at 60°C for 6 hours; then ground and sieved. Finally it was physicochemically characterized in fresh and dry, yielding a yield of 3.47% dry Persian lime bagasse (208.6 g), moisture of 4.58%, pH 2.5, acidity of 0.0275 g citric acid / 100 mL, ash content of 3.1 g / 100g, fat content of 0.89 g / 100g, protein content of 0.72 g / 100g. These results in dried Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) bagasse allow us to consider it as a good quality co-product to be used as raw material in the production of other products and thus give added value to the citrus industry waste.

Key words: moisture, pH, acidity, ash, fat, proteins

Introducción

El limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) pertenece a la familia de las Rutáceas del género *Citrus* y especie *latifolia*. En México se les conoce como persa, “limón sin semilla”, es un fruto oblongo a ovoide de cáscara lisa, gruesa y resistente con ligeras rugosidades con 8 a 10 segmentos (Carrillo y Herrera, 2011), posee un color que va del verde oscuro brillante al amarillo brillante al madurar, de pulpa jugosa y sabor ácido y sin semillas (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial NMX-FF-077-1996).

La lima es el segundo cítrico más importante, tanto en consumo fresco como en usos industriales. Es uno de los principales cultivos en México y es el quinto más grande en la zona cosechada en todo el mundo. Las dos variedades principales en la producción mexicana de esta fruta son la lima persa (*Citrus latifolia* T.) y la lima mexicana (*Citrus aurantifolia*) (Ubando et al., 2005).

La eliminación de residuos de alimentos conduce a diferentes problemas de naturaleza económica y ambiental, debido a su alta fermentación, altos costos de transporte, falta de sitios de eliminación y las dificultades para almacenar residuos orgánicos durante mucho tiempo. El objetivo de una correcta gestión de los residuos no es sólo reducir los volúmenes de residuos eliminados, sino también utilizarlos de varias maneras y darle valor agregado. De hecho, los residuos de cítricos pueden considerarse como un recurso renovable muy importante para la producción de biocombustibles y la investigación en este campo ha sido impulsada por aspectos ambientales y económicos (Negro et al., 2016).

El procesamiento de subproductos cítricos representa potencialmente una fuente rica de compuestos fenólicos y fibra dietética, debido a la gran cantidad de cáscara producida. Estos residuos de cítricos, que generalmente se descartan como residuos en el medio ambiente, pueden actuar como potenciales recursos nutraceuticos. Debido a su bajo costo y a su fácil

disponibilidad, estos desechos son capaces de ofrecer suplementos alimenticios nutricionales de bajo costo. La utilización de estos residuos de cítricos ricos en bioactivos puede proporcionar una plataforma eficiente, barata y amigable con el medio ambiente para la producción de nuevos nutraceuticos o para la mejora de los ya existentes (Rafiq et al., 2016). En este trabajo se tiene como objetivo la caracterización fisicoquímica del bagazo de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en fresco y seco que se cultiva en Cuitláhuac, Veracruz como una de las principales etapas del procesamiento de subproductos cítricos

Materiales y métodos

El material vegetal fue limón persa (*Citrus latifolia* T.) recolectados en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz, México. El fruto de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) fue seleccionado en término medio de maduración. Esta etapa de maduración se caracteriza principalmente por las tonalidades de color verde-amarillo, así como por una ligera adherencia del bagazo a la cáscara, haciendo fácil la remoción del bagazo. El fruto se lavó para quitar toda la materia orgánica extraña con la finalidad de facilitar el posterior manejo del mismo, se rebanó en cortes de 2 mm de grosor de forma manual con un cuchillo de acero inoxidable afilado y un Calibrador Vernier (Marca Mitutoyo serie 530, Modelo Estándar, México). En el Cuadro 1 se muestran las técnicas para la caracterización fisicoquímica en fresco. Se realizó el secado en un horno de secado (Marca Felisa, México) a una temperatura de 60°C por un tiempo de 6 horas. Posteriormente se realizó la separación del bagazo y cáscara de forma manual. Las muestras secas se molieron en una licuadora (Marca: Moulinex con vaso de 250 mL, U.S.A.) y se tamizaron (Tamiz No. 60) y finalmente se realizó la caracterización fisicoquímica en seco (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Técnicas empleadas para la caracterización fisicoquímica en fresco y seco.

Determinación	Técnica según Normatividad
Humedad	NMX-F- 083-1986
pH	NMX-F- 317-S- 1978
Acidez	NMX-F- 102-S- 1978
Cenizas	NMX-F- 066-S- 1978
Grasa	NMX-F- 089-S- 1978
Proteínas	NMX-F- 068-S- 1980

Resultados y discusión

Dentro de los resultados obtenidos encontramos que, de 6 kilogramos de lima persa en fresco, entero y en óptimo grado de madurez se obtuvieron sólo 208.6 g de bagazo de lima persa seco obteniendo un rendimiento del 3.47%. Posteriormente se pasó por un tamiz del No. 60 obteniéndose un rendimiento en base seca del 64% (133.5 g de tamizado) y una merma del 36% (75.1 g de merma).

Los resultados del bagazo en fresco y secado a 60°C se muestran en el Cuadro 2. Como era de esperarse, el porcentaje de humedad fue considerablemente más alto en las muestras de bagazo fresco que en el bagazo seco, en este último se podría esperar un menor riesgo de deterioro de la muestra debido al bajo desarrollo de microorganismos; además que el valor del pH fue igual en ambas muestras (2.5), valores que estuvieron muy por debajo de los encontrados por Lario et al. (2004) en albedo de limón (3.96), Viuda et al. (2012) en bagazo de granada (4.40) y López et al. (2013) en albedo de fruta de la pasión (4.36).

Cuadro 2. Resultados de caracterización fisicoquímica de lima persa en fresco y seco.

Determinación	Normatividad	Bagazo fresco*	Bagazo seco*
Humedad (%)	NMX-F- 083-1986	60.1 ± 1	4.58 ± 0.1
pH	NMX-F- 317-S- 1978	2.5 ± 0.2	2.5 ± 0.1
Acidez (g de ácido cítrico/100 mL)	NMX-F- 102-S- 1978	0.0284 ± 0.002	0.0275± 0.001
Cenizas (g/100 g)	NMX-F- 066-S- 1978	0.75 ± 0.03	3.1 ± 0.1
Grasa (g/100 g))	NMX-F- 089-S- 1978	0.071 ± 0.003	0.89 ± 0.03
Proteínas(g/100 g)	NMX-F- 068-S- 1980	2.3 ± 0.2	0.72 ± 0.03

*Valores correspondientes al promedio ± desviación estándar del tratamiento por triplicado.

El análisis de composición proximal de bagazo de lima persa en fresco y seco presentó contenidos de acidez muy similares, 0.0284 y 0.0275 respectivamente. Los valores de grasa aquí obtenidos (0.071 en bagazo fresco y 0.89 en bagazo seco) están muy por debajo de los encontrados por Viuda et al. (2012) en bagazo de granada (20.86 g/100 g) y López et al. (2013) en albedo de fruta de la pasión (29.54 g/100 g). En el contenido de cenizas en bagazo seco con respecto al bagazo fresco se observó un incremento de 2.35 g/100 g, comportamiento inverso en los valores obtenidos de proteína los cuales registraron una disminución de 1.58 g/100 g de bagazo seco. López et al. (2013) reportan un contenido de ceniza muy alto en albedo de fruta de la pasión (8.08) y un contenido de proteína más bajo (1.49) que los que se reportan en esta investigación; por otra parte, Viuda et al. (2012) encontraron un contenido de proteína de 10.94 g/100 g en bagazo de granada. Sánchez et al. (2009), al igual que lo reportado en este trabajo, también obtuvieron contenidos de

proteína y cenizas más bajos en extractos de desechos de procesamiento de vegetales tales como subproductos de nuez.

Conclusiones

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica del bagazo de lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en seco muestran una diferencia de valores favorables que nos permite considerarla como un co-producto de buena calidad para ser utilizado como materia prima en la elaboración de otros productos y así darles un valor agregado a los residuos de la industria cítrica.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Departamento de Procesos Alimentarios de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz Campus Cuitláhuac (UTCV) y de la LGAC-2: Innovación y Desarrollo de Procesos Agroalimentarios para el Bienestar Social, del programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Literatura citada

Carrillo, J. A. y M. P. Herrera M. 2011. Características de productores y criterios de venta de lima persa de la región centro del estado de Veracruz. *Revista Universo de la Tecnológica* 3 (8).

Lario, Y., E. Sendra, J. García P., C. Fuentes, E. Sayas B., J. Fernández L. et al. 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5(1):113-117.

López, V. J. H., J. Fernández L., J. A. Pérez A. and M. Viuda M. 2013. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Food Research International* 51:756-763.

Negro, V., G. Mancini, B. Ruggeri and D. Fino. 2016. Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization. *Bioresource Technology* 214: 806-815.

Rafiq, S., R. Kaul, S. A. Sofi, N. Bashir, F. Nazir and G. Ahmad Nayik. 2016. Citrus peel as a source of functional ingredient: A Review. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. Article in press: 4-11.

Sánchez, Z. E., E. Fuentes Z., J. Fernández L., E. Sendra, E. Sayas, C. Navarro et al. 2009. Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk ("horchata") by products and its physicochemical properties. J. Agric. Food Chem. 57:7719-7725.

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial Norma Mexicana NMX-FF-077-1996. Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano Fruta Fresca-Limón Persa (*Citrus latifolia* L.) Especificaciones. Dirección General de Normas.

Ubando, R. J., A. Navarro O. y M. A. Valdivia L. 2005. Cáscara de Lima mexicana: Estudio comparativo de los contenidos de fibra dietética y actividad antioxidante asociada. Food Chemistry 89(1):57-61.

Viuda, M. M., Y. Ruiz N., A. Martin S., E. Sánchez Z., J. Fernández L., E. Sendra et al. 2012. Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasse powder co-product. Journal of Food Engineering 110:220-224.

ACONDICIONAMIENTO Y ENCERADO PARA DISMINUIR EL ESTRÉS POR FRÍO EN NARANJAS TARDÍAS

Nallely Sarahi Velázquez Malacara⁶¹²

Resumen

La aplicación de diferentes tecnologías ha permitido prolongar la vida de anaquel de productos hortofrutícolas para mantener su calidad. La conservación frigorífica es la tecnología por excelencia para prolongar la vida de anaquel de los productos y preservar su calidad, al disminuir el metabolismo vegetal. Sin embargo, cuando la temperatura de frigoconservación es menor a la óptima, se pueden generar desórdenes fisiológicos a nivel membrana celular denominados daños por frío. Se ha estudiado el uso de tecnologías previas a la frigoconservación para disminuir el daño por frío. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de una emulsión de cera y temperaturas de acondicionamiento como tecnologías para mantener la calidad externa e interna en frutos tardíos de naranjo cultivar 'Valencia Late'. Los frutos fueron cosechados en madurez comercial en Martínez de la Torre, Veracruz. Los frutos de naranjo fueron frigoconservados por largo periodo (30 días) y expuestos a temperatura de comercialización (4 y 8 días). Se aplicaron los tratamientos: emulsiones de cera y tratamiento térmico de acondicionamiento previo a la frigoconservación por cuatro días a 10°C y tres días a 7°C. Las combinaciones resultantes fueron: sin acondicionamiento y sin encerado, sin acondicionamiento y con encerado, con acondicionamiento y sin encerado y con acondicionamiento con encerado. Se evaluó color, índice de daños por frío y pérdida de peso, ácido ascórbico, acumulación de etanol y acetaldehído. A los 30 días de frigoconservación, la calidad externa solo presentó cambios significativos en la pérdida de peso en los frutos durante la frigoconservación. La aplicación de temperaturas de acondicionamiento y de emulsiones de cera disminuyó la pérdida de peso por deshidratación. Aunque los daños por frío se presentaron estos fueron ligeros, esto es, representaron menos del 20% de la superficie del fruto. En la mayoría de las variables de calidad interna no presentó cambios significativos durante la frigoconservación de los frutos, sin embargo, la acumulación de etanol aumentó por efecto del tiempo de frigoconservación y el recubrimiento de cera. La aplicación de temperaturas de acondicionamiento en naranjas disminuyó la acumulación de etanol.

⁶¹² Colegio de Posgraduados. Campus Montecillos.

Palabras clave: Citrus sinensis, frigoconservación, daños por frío

Introducción

La frigoconservación es el método más adecuado para la conservación de los frutos de naranja. Sin embargo, la naranja al ser una especie de clima tropical, presenta escasa resistencia al frío y puede generar respuestas fisiológicas que demeriten su calidad (Henriod, 2006), las temperaturas óptimas oscilan entre 2 a 5°C dependiendo de la variedad (Salvador et al., 2007). Estas temperaturas reducen las pérdidas de características cualitativas y cuantitativas (Martínez et al., 2004), ocasionadas por factores de deterioro como: pérdida de agua por transpiración, pudriciones y marchitamiento. Cuando la temperatura de frigoconservación es menor a la óptima, se pueden presentar desórdenes fisiológicos denominados “daños por frío (DF)” (Agustí, 2003). La susceptibilidad a este tipo de daños está influenciada por el patrón, la variedad, las condiciones ambientales, y el manejo durante el cultivo, entre otros factores (Palacios, 2005). En años recientes se ha investigado sobre el uso de tecnologías previo a la frigoconservación para reducir el daño por frío. Entre ellas están las temperaturas de acondicionamiento y la aplicación de ceras. Las temperaturas de acondicionamiento reducen alteraciones en la membrana celular, afectan la velocidad de respiración (Sapitnitskaya et al., 2006) y de transpiración (Terdwongworakul et al., 2009) y que en conjunto incrementan la tolerancia del fruto al frío (Vázquez et al., 2002). Sin embargo, la duración y la temperatura del acondicionamiento requieren de estudios precisos para producir el efecto deseado (Vázquez y Martínez, 1999). En relación a la aplicación de ceras, se ha visto que la presencia de una barrera artificial alrededor de los frutos, puede disminuir las concentraciones de O₂ y aumentar las de CO₂, mantener el contenido de agua y retardar los procesos fisiológicos que demeritan la calidad de los frutos (Pérez et al., 2005). Al respecto, en naranja ‘Valencia’ producida en el noroeste de México se encontró que la aplicación de cera disminuyó la pérdida de peso y la incidencia de pudriciones cuando la fruta fue almacenada a 2°C y 6°C durante cinco a seis semanas, en comparación con las frutas sin aplicación de cera (Rodríguez et al., 2007).

Materiales y métodos

Se cosecharon frutos de naranja de la variedad ‘Valencia Late’ en madurez comercial procedentes de Martínez de la Torre, Veracruz, durante 2012 y 2013. El desarrollo del experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de

Postgraduados Campus Montecillos. Después de la cosecha, los frutos se lavaron con una solución jabonosa (al 10%). Se seleccionaron 260 frutos de naranja y se aplicaron los siguientes tratamientos: recubrimiento de cera soluble en agua con una concentración de 12% de sólidos solubles; aplicando a dos lotes por aspersion con un rociador manual y secado a temperatura ambiente, tratamientos con y sin acondicionamiento aplicados a cada lote de la siguiente manera: 1) Sin acondicionamiento con cera (SA+CE) refrigeración a 5°C por 30 días, 2) Sin acondicionamiento sin cera (SA+SC) refrigeración a 5°C por 30 días, 3) Acondicionamiento con cera (AC+CE) 10°C por 4 días + 7°C por 3 días + 5°C por 30 días y 4) Acondicionamiento sin cera (AC+SE) 10°C por 4 días + 7°C por 3 días + 5°C por 30 días. Las evaluaciones se realizaron al momento de cosecha, a los 30 y 60 días con los tratamientos y después de los tratamientos a los 4 y 8 días al ambiente simulando tiempo de comercialización; determinando las siguientes variables: concentración de etanol y acetaldehído mediante el método descrito por Davis y Chase (1969) tomando cinco muestras de jugo por tratamiento, colocando 5 mL de cada extracto de jugo en un vial y sellado. Se tomó 1 mL del espacio libre del vial y se analizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 5890 II. Ácido ascórbico: se determinó de acuerdo al método 2,6-dicloroindofenol descrito por la AOAC (1984) por titulación con 2,6-Dicloroindofenol. Los datos se expresaron como mg/100 mL de jugo. Pérdida fisiológica de peso: se determinó sobre 10 frutos previamente identificados durante el periodo de conservación. Los datos se expresaron como porcentaje de pérdidas de peso con la siguiente expresión: % pp = $\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$, Grado de severidad del daño por frío (IDF): se cuantificó subjetivamente, según el grado de severidad mostrado en el flavedo del fruto se estableció una relación de escala basada en el grado de necrosis superficial y de la intensidad de oscurecimiento: fruto sano: sin ningún daño, daño ligero: manchado disperso menor al 10% de la superficie del fruto, daño moderado: manchas compactas en no más del 10 al 20% de la superficie del fruto y daño severo: manchas extendidas y oscuras en más del 20% de la superficie del fruto. Se utilizó la siguiente ecuación para determinar el índice de daños por frío (IDF)= $\frac{(n1+n2+n3+n4)}{N} \times 100$. Dónde: n: Número de frutos dañados, N: Número de frutos por grupo o tratamiento.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se analizó mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x2 (dos niveles de acondicionamiento y encerado), con pruebas de comparación de medias por el método de Tukey y Pruebas de "t" de Student, utilizando el paquete SAS 9.0 para Windows.

Resultados y discusión

Los días de frigoconservación y la exposición a temperatura de comercialización (20°C) en los frutos de naranjo 'Valencia Late' afectó la pérdida de peso ($P < 0.05$) durante los primeros 30 días de frigoconservación (DDF), los frutos perdieron en promedio 0.13% de peso por día y este aumentó 0.18% en los siguientes 8 días de frigoconservación, la pérdida de peso aumentó 0.46% a los 60 DDF (Cuadro 1). La pérdida de peso se presentó como consecuencia de la transpiración, Martínez-Jávega (1999). Muñoz et al. (2011) reportaron que la pérdida de peso en limón aumentó en función del tiempo de almacenamiento, el agua se pierde por transpiración hacia el ambiente desde el interior de los frutos a través de los poros que están en su superficie debido a una baja HR en el ambiente. El contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) se mantuvo sin cambios estadísticos hasta los 30 DDF + 8 días a temperatura de comercialización con 47.76 mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo y aumentando hasta un 4.42 mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo, cabe señalar que la mayor concentración de ácido ascórbico se encontró a los 60 DDF (76.2 mg* 100 mL de jugo) (Cuadro 1).

La acumulación de acetaldehído fue significativa durante los 30 DDF (43 mg de acetaldehído *100mL⁻¹ de jugo), a los 60 DDF los frutos acumularon un 47.3% del volátil con respecto a los valores iniciales (Cuadro 1). De acuerdo con Norman (1971) el contenido de volátiles depende de la variedad, grado de madurez, tiempo y temperatura de almacenaje. Meier et al., 2004 reportaron en naranja 'Valencia Late' una máxima acumulación de acetaldehído después de 30 días de almacenamiento a 5°C.

Cuadro 1. Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad de frutos naranjo 'Valencia Late'.

Días ^v	Variables ^z					
	PP	IC	DF ^y	AA	ETA	ACE
Inicial	-	5.0(<0.001) ^x	-	47.6(<0.001)	23(<0.0001)	9.4(0.31)
30 + 0	4.0 c ^w	6.0 a	1.3 a	47.8 b	43 c	45.1 a
30 + 4	4.7 c	6.2 a	1.3 a	50.7 b	87 bc	19.9 b
30 + 8	5.5 b	6.2 a	1.4 a	52.2 b	193 a	18.9 b
60 + 0	7.7 a	5.0 b	1.6 a	76.2 a	156 ab	17.9 b
Pr > F	<0.0001	0.002	0.309	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^z PP=pérdida de peso(%); DF = daño por frío; AA = ácido ascórbico; ETA = etanol; ACE = acetaldehído. ^x Entre paréntesis, valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ^y Días de frigoconservación + exposición a temperatura de comercialización (20°C).

La acumulación de etanol en los frutos fue significativa después de 30 días en frigoconservación y 8 días a temperatura de comercialización (193 mg* 100 mL⁻¹ de jugo), durante los 30 días y 60 días de frigoconservación el etanol aumentó un 20% y 80%, respectivamente. Este mismo comportamiento lo reportaron Martínez et al. (1992) en mandarinas 'Fortune' con almacenamiento prolongado y baja temperatura.

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento previo a refrigeración disminuyó la pérdida de peso en los frutos en comparación con los que fueron refrigerados directamente al presentar pérdidas de peso de un 6%. La aparición de DF fueron mínimos con un grado de severidad <2 esto en los frutos con y sin tratamiento de acondicionamiento (Cuadro 2). Se ha encontrado que el acondicionamiento previo a la refrigeración le da resistencia al frío a los frutos al aumentar los ácidos grasos insaturados y ácido abscísico (Salvador et al., 2007). El acondicionamiento además favoreció la conservación del ácido ascórbico en el jugo disminuyendo su oxidación, al presentar 17.46% de ácido ascórbico (62.12 mg*100 mL⁻¹ de jugo) más que los frutos frigoconservados directamente a 5°C (Cuadro 2). Beltiz et al. (1997) encontraron que la degradación del ácido ascórbico se da por efecto de la oxidación del ácido formando ácido mono dehidroascórbico, entre otros productos, provocando pérdidas en la actividad biológica de la vitamina C, además de que la concentración de oxígeno en el ambiente, pH, temperatura y grado de madurez de los frutos son factores que promueven la oxidación.

Cuadro 2. Efecto de temperaturas de acondicionamiento en la calidad en frutos de naranja 'Valencia Late'.

Temperaturas	Variables ^z				
	PP	DF ^y	AA	ETA	ACE
Acondicionamiento ^x	5.0 b ^v	1.4 a	62.1 a	110a	18.0 b
Sin acondicionamiento ^w	6.0 a	1.4 a	51.3 b	130 a	32.9 a
Pr > F	<.0001	0.567	<.0001	0.42	<.0001

^zPP= pérdida de peso; DF= daños por frío.^y Escala de daño en frutos;AA = ácido ascórbico; ETA = etanol; ACE=acetaldehído 10°C por 4 días + 7°C por 3 días ^w frigoconservación a 5°C. ^v Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

La aplicación de cera no presentó diferencia estadística significativa en los daños por frío; sin embargo, se observó que fueron menores en los frutos encerados (Cuadro 3), Domínguez et al. (2003) encontraron que la aplicación de ceras y las temperaturas de almacenamiento de 7 y 10°C en 'Limón mexicano', disminuyeron la pérdida de peso y la incidencia de daños por frío. Debido a que los recubrimientos céreos, con aceites vegetales o minerales, o con silicón limitan los intercambios gaseosos y retrasan la deshidratación (Wang, 1993). La pérdida de peso en los frutos de naranja disminuyó 1.2% en los frutos encerados en comparación con los frutos sin encerar (Cuadro 3). Rodríguez et al. (2007) en naranja 'Valencia' encerada

encontró una disminución en la pérdida de peso de los frutos almacenados a 2°C y 6°C durante cinco y seis semanas, respectivamente. El encerado en los frutos incrementó la acumulación de etanol casi al doble con respecto a los valores iniciales (27.91 mg *100 mL⁻¹ jugo), lo que concuerda con otros autores en mandarina ‘Clemenules’ utilizando diferentes ceras y presentando un incremento en el contenido de volátiles alcanzando hasta 2 mg acetaldehído y 120 mg etanol*100 mL⁻¹ jugo.

Cuadro 3. Efecto de emulsión de cera en la calidad de frutos de naranjo ‘Valencia Late’.

Emulsión	Variables ^z				
	PP	DF ^y	AA	ETA	ACE
Cera	4.9b ^x	1.35 a	57.21 a	158 a	27.61 a
Sin cera	6.0 a	1.48 a	56.18 a	82 b	23.28 a
Pr > F	<0.0001	0.341	0.70	0.00	0.092

^zPP= pérdida de peso (%); Daño por frío = grado de severidad del daño por frío; AA=ácido ascórbico o vitamina C (mg ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA= etanol (mg de etanol/ 100 mL de jugo); ACE=acetaldehído (mg de acetaldehído /100 mL de jugo). ^x Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El análisis estadístico de las interacciones mostró que la acumulación de acetaldehído fue significativa (P< 0.05) al combinar el tratamiento de acondicionamiento y encerado (37.64 mg *100 mL⁻¹ de jugo), además se encontró que el máximo contenido del compuesto volátil se presentó a los 30 días de frigoconservación (88 mg*100 mL⁻¹ de jugo) (Figura 1).

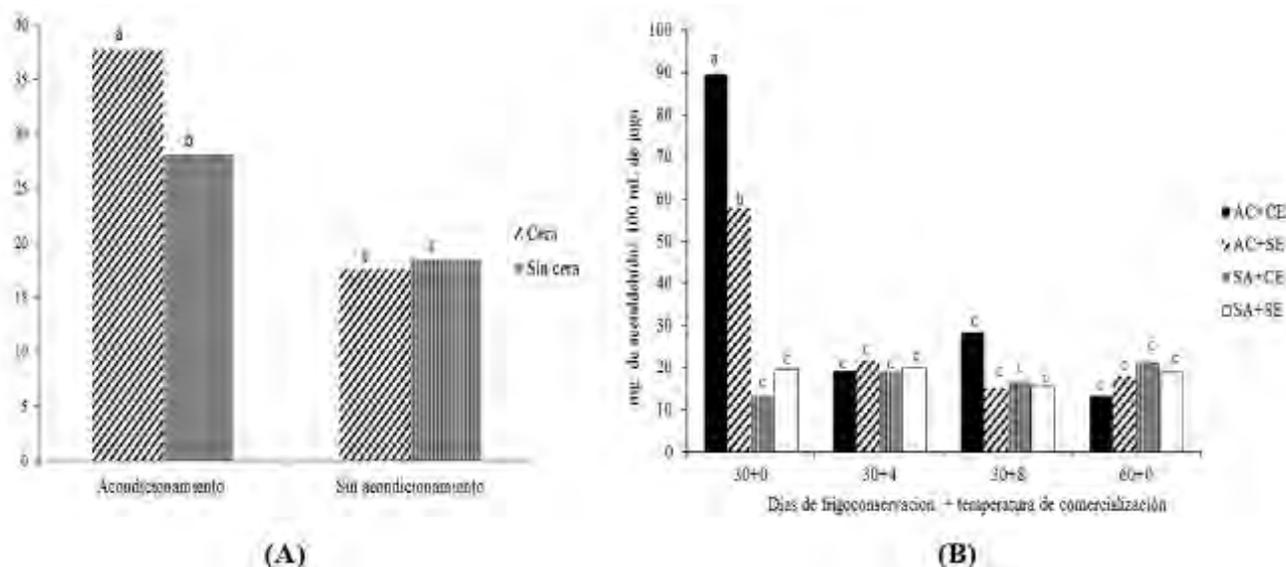


Figura 1. (A) Interacción de tratamientos de acondicionamiento y emulsiones de cera en la acumulación de acetaldehído; (B) Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación* emulsiones de cera durante los días de frigoconservación + temperatura de comercialización en la acumulación de acetaldehído en frutos de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, p≤0.05).

La interacción Días de refrigeración*Acondicionamiento mostró que la máxima acumulación de etanol se presentó a los 30 días de frigoconservación (5°C) más 8 días a temperatura de comercialización en los frutos con acondicionamiento (289 mg etanol*100 mL⁻¹ de jugo), cabe señalar que a los 60 DDF la acumulación de este volátil alcanzo una concentración relevante (244 mg de etanol*100 mL⁻¹ de jugo), mientras que la combinación de Días de refrigeración*Encerado alcanzó la concentración más alta en el mismo tiempo que con el acondicionamiento con 270 mg de etanol*100 mL⁻¹ de jugo, a los 60 DDF se presentó un aumento del 57.9% de este compuesto con respecto a los valores iniciales (Figura 2).

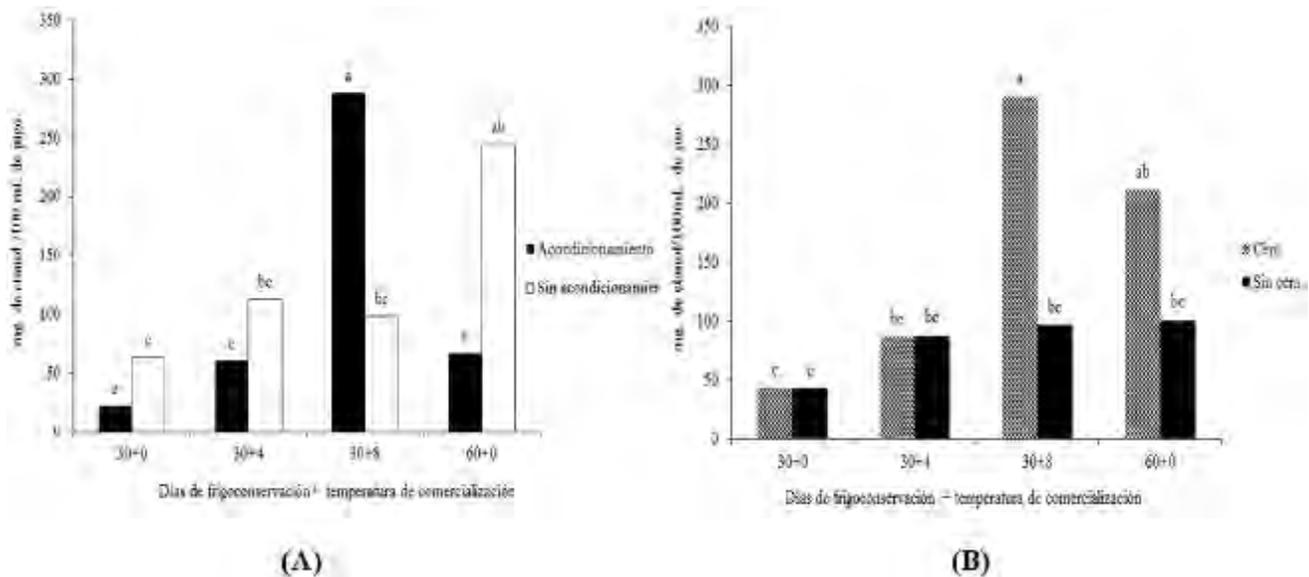


Figura 2. (A) Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación*días de frigoconservación + temperatura de comercialización (B) Interacción días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) y la aplicación de emulsiones de cera en fruto de naranja 'Valencia Late' en la acumulación de etanol. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La triple interacción D*A*C presento diferencia estadística ($P < 0.05$), se observó que a los 30 días con frigoconservación más 8d a temperatura de comercialización el tratamiento con acondicionamiento y encerado el mayor contenido de etanol en el jugo con 467 mg*100 mL de jugo. Con respecto a los 30 DDF y 30 DDF+4 días la tendencia de los frutos en todos los tratamientos fue a aumentar conforme pasaron los días hasta llegar a su máximo hasta los 30 DDF+8 días. Siguiendo el mismo comportamiento los frutos frigoconservados durante 60 días de frigoconservación presentaron una concentración del volátil baja, con excepción de las naranjas expuestas a temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) y encerado que presentaron un valor de 361 mg/100 mL de jugo (Figura 3).

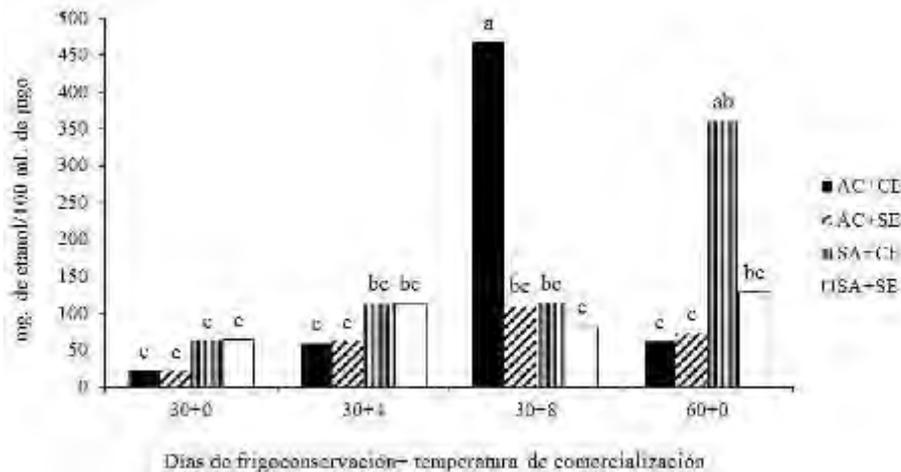


Figura 3. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación*emulsión de cera durante los días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Conclusiones

1. Los días de frigoconservación y la exposición de los frutos a temperatura de comercialización favoreció la pérdida de peso e incrementó la acumulación de volátiles (etanol y acetaldehído).
2. La aplicación de emulsión de cera no afectó calidad interna y externa de los frutos de 'Valencia Late' y disminuyó la pérdida de peso. Sin embargo, la acumulación de volátiles fue mayor en frutos encerados.
3. Los frutos tratados con temperaturas de acondicionamiento tuvieron menor pérdida de peso en general la calidad interna no fue afectada, además de que los frutos que fueron tratados con temperaturas de acondicionamiento disminuyeron en la acumulación de volátiles.

TRATAMIENTOS PRE Y POSTCOSECHA PARA EXTENDER LA VIDA DE ANAQUEL DE FRUTOS DE LIMÓN MEXICANO

Crescenciano Saucedo Veloz⁶¹³

Resumen

Se estudió el efecto de diferentes tecnologías postcosecha para extender la vida de anaquel y mantener la calidad de frutos de limón mexicano y evaluar el efecto del comportamiento postcosecha de frutos provenientes de árboles con HLB. Se realizaron estudios en base a tratamientos con AG₃, encerado, 1-MCP y refrigeración. Las variables evaluadas fueron: pérdidas de peso (%), SST (%), acidez titulable (% ácido cítrico), ácido ascórbico mg 100g⁻¹, índice de color del epicarpio (1000 a/bL) y daños por frío (%). pérdidas de peso, índice de color (IC), concentración de clorofila, SST y acidez titulable (AT), Los tratamientos con AG₃ retardaron las pérdidas de color verde y disminuyeron las pérdidas de peso; respecto al testigo, 1-MCP retardó la degradación de ácido ascórbico, incrementó las pérdidas de peso y no se presentaron diferencias significativas en el IC, durante dos y cuatro semanas a 9±1°C y posterior exposición a 22±2°C; los tratamientos con cera (14 % de sólidos) presentaron una reducción en las pérdidas de peso y disminuyeron la aparición de daños por frío, con relación al testigo, tras cuatro semanas a 9±1°C. El efecto de la refrigeración se asocia al tiempo de almacenamiento, significativamente menores pérdidas de color verde, de peso y ácido ascórbico y otros componentes de la calidad, se obtienen tras dos semanas a 9±1°C. Los frutos provenientes de árboles con HLB almacenados por cuatro y ocho días a 22±2°C, tienden a presentar mayores pérdidas de peso, del color verde y del contenido de ácido ascórbico. Se recomienda realizar un ajuste en las tecnologías aplicadas a nivel comercial para mantener la calidad de los frutos de limón mexicano ante la perspectiva de cambios en las tecnologías de una producción con presencia de HLB.

Palabras clave: Citrus aurantifolia Swingle, ácido giberélico, 1aminociclopropeno, pérdidas de peso, ácido ascórbico

⁶¹³ Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, *sauveloz@colpos.mx

Introducción

Dentro del grupo de los cítricos, el limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) constituye una de las especies de importancia comercial en México; sin embargo, su producción ha experimentado una importante disminución al pasar de 1.23 a 1.02 millones de toneladas en 2005 y 2015, respectivamente (SIAP, 2015), debido a la presencia de HLB (Huanglongbing), principalmente en el estado de Colima donde se ha vuelto endémico y su producción se ha visto reducida de 525 803 toneladas en 2005 hasta 191 890 toneladas en 2015, lo que ha significado una disminución de 63.5% (SIAP, 2015). Los efectos del HLB en la calidad de los frutos ha sido poco evaluada; de acuerdo con Robles et al. (2013) el principal efecto en la calidad es la reducción del tamaño de los frutos, sin cambios significativos en el grosor de la cáscara, número de semillas desarrolladas y/o abortadas, % de jugo, acidez titulable y SST. Como en todos los cítricos, el limón mexicano una vez cosechado, experimenta metabolismo relacionado con el fenómeno de senescencia, caracterizado por pérdidas del contenido de clorofila, elevada transpiración que conduce a pérdidas de peso y marchitamiento y endurecimiento de la piel, reacciones de fermentación, pérdidas del valor nutricional (principalmente Vitamina C). De acuerdo con Cuquerella et al., (1988), la senescencia en cítricos es acelerada por diversos factores como: inadecuado momento de cosecha, manejo brusco de los frutos, pérdidas de agua por transpiración e inducción de daños por frío durante almacenamiento y/o transporte. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el uso de tratamientos para retardar senescencia con 1-MCP y AG₃, en combinación con encerado y refrigeración para prolongar la vida postcosecha de frutos de limón mexicano; además de evaluar el efecto de HLB sobre la calidad.

Materiales y métodos

Para la fase experimental se utilizaron árboles de limón mexicano variedad Colimex desarrollados en el Campo Experimental del INIFAP, Tecomán, Colima, localizado a 40 msnm; el clima es cálido, subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio es de 25°C y la precipitación pluvial total anual promedio varía de 798.7 a 940 mm. Se realizaron los siguientes experimentos:

Experiencias con aplicaciones de Ácido Giberélico (AG₃). En nueve árboles de la variedad Colimex se conformaron tres grupos de tres árboles cada uno. Tres árboles se asperjaron con 300 ppm de AG₃ usando el compuesto Activol® 40% GS en dos aplicaciones cuando los frutos alcanzaron 2.0 cm de diámetro y posteriormente a los 3 cm de diámetro;

otros tres árboles se asperjaron una sola vez cuando los frutos alcanzaron 3 cm de diámetro ecuatorial; los tres árboles restantes permanecieron sin ninguna aplicación. La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron 4 cm de diámetro y en un periodo de 24 horas se almacenaron a $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $55\pm 5\%$ de humedad relativa por un periodo de 10 días para simular condiciones de comercialización.

Experiencias con el uso de 1-MCP (1-metilciclopropeno). Frutos de limón mexicano se colocaron en un recipiente hermético con volumen conocido y se expusieron en una atmósfera conteniendo 500 nLL^{-1} de 1-MCP (SmartFresh®, 14%) por ocho horas, tras de lo cual se almacenaron a una temperatura de $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ por dos y cuatro semanas y posteriormente a $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $55\pm 5\%$ de humedad relativa por un periodo de cuatro y ocho días.

Experiencias con Encerado. Frutos de 4 cm de diámetro cosechados en estado verde, se trataron en postcosecha con una emulsión de cera al agua a base de Carnauba (15% de sólidos); la aplicación fue por aspersión y secado con flujo de aire a temperatura ambiente. Los frutos se almacenaron a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ por dos y cuatro semanas y posteriormente a $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $55\pm 5\%$ de humedad relativa por un periodo de cuatro y ocho días.

Experiencias en frutos provenientes de árboles con HLB y asintomáticos. Para este estudio se cosecharon frutos de limón mexicano de árboles con síntomas de HLB (% de jugo 39.1 ± 3.4) y de árboles asintomáticos (% de jugo 37.2 ± 2.4). Los frutos, sin ningún tratamiento postcosecha, se almacenaron a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $55\pm 5\%$ HR por un periodo de ocho días; otro grupo se almacenó a $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ por dos semanas.

Experiencias sobre aplicación de la frigoconservación. De cada una de las experiencias se realizaron estudios del comportamiento de los frutos almacenados a temperatura de refrigeración ($9\pm 1^{\circ}\text{C}$; $85\pm 5\%$ HR) por periodos de dos y cuatro semanas.

VARIABLES DE RESPUESTA. Las variables evaluadas en las distintas experiencias fueron: variables de calidad organoléptica (sólidos solubles totales y acidez titulable), calidad nutritiva (Contenido de ácido ascórbico) y vida postcosecha (color externo, pérdidas de peso e índice de daños por frío). Los sólidos solubles totales se midieron aplicando el método de la AOAC (1990), utilizando un refractómetro digital ATAGO PR-100 con escala 0-32%, los datos se expresaron como % SST; para la acidez titulable (AT) se aplicó la metodología descrita por la AOAC (1990), utilizando para la neutralización NaOH 0.1N y como indicador Fenolftaleína en solución alcohólica al 2.5%, esta variable se reportó como % de ácido cítrico. El contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) en jugo se determinó mediante el método de Tillman (1984), se

realizó la extracción con ácido oxálico (0.5%) y la titulación con 2,6-diclorofenol-indofenol (0.02%), para el cálculo del contenido de esta vitamina se obtuvo una curva estándar y los datos se expresaron en $\text{mg } 100 \text{ mL}^{-1}$. Color externo medido en la zona ecuatorial del fruto entero mediante un colorímetro de reflexión Hunter Lab (Reston, Virginia, USA; modelo D-25) con escala CIELab y con los parámetros de color L, a, b se calculó el índice de color (IC) para cítricos ($1000a/bL$) propuesto por Jiménez et al., (1981); pérdidas de peso obtenidas por la diferencia en peso entre el obtenido al inicio del almacenamiento y el obtenido durante el avance del mismo, expresando los datos como % PP; índice de daños por frío (%) considerando el número de frutos con síntomas de picado y manchado del epicarpio (Wang, 2010).

Análisis estadístico. Se usó como unidad experimental un fruto, con un número de repeticiones de: 10 (pérdidas de peso e índice de color), 50 (daños por frío) y para análisis de calidad organoléptica y nutricional cinco frutos con cinco repeticiones. Las determinaciones se realizaron a los 4 y 8 días en los almacenados directamente a la temperatura ambiente y, para los expuestos a temperatura de refrigeración al momento de salida y a los 4 y 8 días después de transferir al ambiente. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un diseño completamente al azar y un factorial con medidas repetidas con análisis de varianza por cada variable, en ambos casos con pruebas de comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$), aplicando el programa SAS System V9 (SAS, 2002).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas en las pérdidas de peso, índice de color (IC), concentración de clorofila, SST y acidez titulable (AT), menos en el contenido de ácido ascórbico (Cuadro 1). Las pérdidas de peso resultaron menores en los frutos tratados con una o dos aplicaciones de AG_3 , respecto a los tratados con cera y testigo, lo que, de acuerdo con Álvarez et al., (2008) dicha fitohormona mantiene la permeabilidad de las cutículas del flavedo y evita su rompimiento por cambios en la fracción lipídica relacionada con la senescencia. Los resultados del IC mostraron que los tratamientos con AG_3 retardaron las pérdidas de color verde lo cual se confirmó al mostrar estos tratamientos una mayor concentración de clorofila en el epicarpio. En cuanto a los SST los tratamientos con AG_3 presentaron un contenido significativamente mayor, respecto al tratamiento de encerado y el testigo, lo que, de acuerdo con Álvarez et al., (2008) se relaciona con el efecto de retardo de la senescencia por AG_3 .

Cuadro 1: Cambios en la calidad de frutos de limón mexicano tratados en precosecha con AG₃, respecto a tratados con cera en postcosecha.

Tratamiento	AT (% AC)	Clorofila (mg/100g)	IC (1000 a/bL)	PP (%)	SST (%)	AA (mg/100 mL)
1-AG ₃	7.69 a	0.85 a	-15.58 a	6.99 b	7.53 a	39.9 a
2-AG ₃	7.78 a	0.87 a	-15.96 a	6.69 b	7.53 a	39.3 a
Cera	7.68 a	0.74 b	-11.18 b	8.90 a	7.18 b	35.0 a
Testigo	7.26 b	0.73 b	-10.73 b	9.28 a	7.22 b	35.4 a
DHS	0.36	0.10	1.69	1.05	0.14	7.02

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes, Tukey ($p \leq 0.05$).

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 2), no se presentaron diferencias significativas en el IC por efecto de los tratamientos; no obstante, una disminución significativa se observó conforme el tiempo de almacenamiento se prolongó, respuesta que según Alferez et al. (2006) se relaciona con degradación de clorofila asociada al avance de la senescencia.

Cuadro 2: Calidad de frutos de limón mexicano tratados con cera y 1-MCP, expuestos a $9 \pm 1^\circ\text{C}$ por 2 y 4 semanas y tras cada periodo a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ por 4 y 8 días.

Tratamiento	IC (1000a/bL)	PP (%)	AT (%)	SST (%)	AA (mg/100 mL)	Clorofila (mg/100 g)
Tratamiento Postcosecha						
Con cera	-11.04a	8.89c	7.19b	8.73a	52.79b	0.76a
Testigo	-10.93a	9.63b	7.26b	8.73a	54.25b	0.75a
1 MCP	-11.43a	10.14a	7.32a	8.69a	56.76a	0.77a
Tratamiento de Refrigeración						
2 Semanas	-12.22b	7.97a	7.4a	8.75a	59.65a	0.80a
4 Semanas	-10.04a	11.14a	7.0b	8.69b	49.54b	0.72b
Tiempo de comercialización						
0 días	-13.17c	6.44c	7.45a	8.78a	57.14a	0.80a
4 días	-10.81b	9.89b	7.21b	8.75a	54.02b	0.77ab
8 días	-9.41a	12.33a	7.11b	8.63b	52.63b	0.71b

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes, Tukey ($p \leq 0.05$).

En cuanto a las pérdidas de peso, el encerado mostró significativamente las menores pérdidas (8.89%), en tanto que el tratamiento con 1-MCP las aumentó (10.93%) aún respecto al testigo (9.63%); en este sentido, Manganaris et al., (2008) han reportado que 1-MCP afecta el metabolismo de ceras epicuticulares relacionado con la senescencia, lo cual

aumenta el transporte del vapor de agua a través del epicarpio. El contenido de ácido cítrico y ascórbico de los tres tratamientos disminuyó conforme el tiempo de almacenamiento se extendió; sin embargo, los frutos tratados con 1-MCP mantuvieron una mayor concentración de ambos ácidos, respuesta que ha sido también observada por Lye et al., (2003) en frutos de limón 'Persa' tratados con 1-MCP almacenados a 5°C. No se presentaron diferencias significativas en el contenido de SST por efecto de los tratamientos, no obstante, una disminución significativa se observó en éstos al prolongar el tiempo de almacenamiento. Por otro lado, los frutos de los tres tratamientos presentaron daños por frío, de carácter ligero, tras cuatro semanas de refrigeración a 9±1°C; sin embargo, el efecto fue menor en los frutos con tratamiento de encerado (52.4% del total de frutos), respecto al testigo (63.6%) y los tratados con 1-MCP (100%). Jiang et al. (2004) y Huber (2008), reportan que tratamientos con 1-MCP en cítricos pueden aumentar la incidencia de daños por frío, lo cual varía de acuerdo con la morfología de los frutos.

Al momento de cosecha no se observaron diferencias significativas, entre frutos provenientes de árboles con y sin síntomas de HLB en todas las variables evaluadas (Cuadro 3), lo que coincide con lo reportado por Robles et al. (2013) quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de jugo, °Brix y ácido ascórbico; sin embargo, resulta contrario a lo reportado por Bassanezi et al. (2009) en naranjas dulces de Brasil donde los frutos de árboles con HLB presentaron menor contenido de jugo y SST, así como mayor acidez.

Cuadro 3: Calidad de frutos de limón mexicano provenientes de árboles con HLB y asintomáticos almacenados a 20±2°C por 4 y 8 días.

Tiempo (días)	PP (%)	AT (% AC)	SST (%)	IC (1000a/bL)	AA (mg/100 mL)
C/HLB					
Cosecha	0.0c	7.7a	9.2a	-13.2a	39.1a
4	6.5b	7.7a	9.2a	-11.8b	33.7b
8	12.4a	8.3a	9.9a	- 8.7c	25.4c
S/HLB					
Cosecha	0.0c	7.7a	9.2a	-13.3a	43.6a
4	6.3b	7.7a	9.2a	-11.2b	35.3b
8	11.9a	7.5a	8.9a	- 9.2c	28.2c

Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes, Tukey (p≤0.05).

En los frutos cosechados de árboles con y sin HLB almacenados a 9±1°C por dos semanas y transferidos a 22±2°C, no se observaron diferencias significativas, entre estos, en todas las variables, a excepción de los daños por frío donde a la salida de refrigeración los frutos

cosechados de árboles con síntomas de HLB presentaron un índice de daños de 27.7%, en tanto que los asintomáticos 13.3%, en ambos casos de carácter ligero (< 10% de la superficie del epicarpio con síntomas de picado), lo que de acuerdo con Vercher et al. (1994) está relacionado con la composición y morfología de ceras (datos no incluidos).

Conclusiones

1. La aplicación precosecha de ácido giberélico (AG₃) disminuye la evolución de la senescencia de los frutos de limón mexicano en postcosecha, lo que se manifiesta en menores pérdidas de peso; además de mantener el color verde y el contenido de vitamina C, hasta por un periodo de ocho días al ambiente (22±2°C; 55±5% HR).
2. El tratamiento con 1-MCP mantiene los contenidos de ácido cítrico y ascórbico hasta por cuatro semanas a 9±1°C y cuatro días a temperatura ambiente, no obstante, favorece la incidencia de daños por frío y pérdida de peso.
3. Frutos provenientes de plantas con HLB son más sensibles a pérdidas peso, su contenido de ácido ascórbico es menor y las pérdidas del color verde es más acelerada, en relación a frutos provenientes de árboles asintomáticos.
4. Se recomienda realizar un ajuste en las tecnologías aplicadas a nivel comercial para mantener la calidad de los frutos de limón mexicano ante la perspectiva de cambios en las tecnologías de una producción con presencia de HLB.

Literatura citada

Alfárez, F., L. Pozo and J. Burns. 2006. Physiological changes associated with senescence and abscission in mature citrus fruit induced by 5-chloro-3-methyl-4-nitro-1H-pyrazole and ethephon application. *Physiologia Plantarum* 127:66-73.

Álvarez, A. R., C. Saucedo-Veloz, S. Chávez-Franco, V. Medina-Urrutia, T. Colinas-León y R. Báez-Sañudo. 2008. Reguladores del crecimiento en la maduración y senescencia de frutos de limón mexicano. *Agricultura Técnica en México* 34:5-11.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1984. Official methods of analysis. W. Horwits (ed.), 13th Benjamin Franklin Station. Washington, DC, USA.

Association of official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Officials methods of analysis. In: Williams, S. (ed.). *Fruits and fruits products*. Wahsington, DC, USA.

- Bassanezi, R. B., L. H. Montesino and E. Stuchi. 2009. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 125:565-572.
- Cuquerella, J., M. Mateos, J. M. Martínez Jávega y P. Navarro. 1988. Influencia de recubrimientos en el intercambio gaseoso y alteraciones fisiológicas en la post-recolección de naranjas 'Valencia'. *Sociedad Española de Fisiología Vegetal* 88:118-126.
- Huber, J. 2008. Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortScience* 43:106-111.
- Jiang, W., M. Zhang, J. He and L. Zhou. 2004. Regulation of 1-MCP-treated banana fruit quality by exogenous ethylene and temperature. *Food Science and Technology International* 10:15-20.
- Jiménez, C. M., J. Cuquerella and J. M. Martínez J. 1981. Determination of color index for fruit degreening. *Proceedings International of Society Citriculture* 2:750-753.
- Lye, M. L., R. Luge and A. Jacomino. 2003. Cold storage of 'Tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agricola* 60(4):785-788.
- Manganaris, A., C. Crisosto, V. Bremer and D. Holcroft. 2008. Novel 1-methylcyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell). *Postharvest Biology and Technology* 47:429-433.
- Robles, G. M. M., J. J. Velázquez M., M. A. Manzanilla R., M. Orozco S., V. M. Medina U., J. I. López A. y R. Flores V. 2013. Síntomas del huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(1):15-31.
- SAS. 2002. *Statistical Analysis System*. Version 9.0. SAS Institute N. C. USA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (México), Producción de jitomate. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp [consultado el 21 de septiembre de 2017].
- Vercher, R., F. Tadeo, V. Almela, S. Zaragoza, E. Primo-Millo y M. Agustí. 1994. Rind structure, epicuticular wax morphology and water permeability of 'Fortune' mandarin fruits affected by peel pitting. *Annals of Botany* 74:619-625.
- Wang, C. Y. 2010. Alleviation of chilling injury in tropical and subtropical fruits. *Acta Horticulturae* 864:267-273.



PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA: UNA OPCIÓN PARA LOS CITRICULTORES DEL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO

Manuel Angel Gómez Cruz⁶¹⁴, Laura Gómez Tovar^{615*} y Rita Schwentesius⁶¹⁴

Resumen

En 2006, el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo, comenzó un modelo orgánico de producción en una hectárea de naranja, var. Valencia tardía en el ejido de San Pablo, Papantla, Veracruz, con prácticas agroecológicas, para disminuir los problemas ocasionados por productos de síntesis química y que se expresan con baja productividad. Estas prácticas se extendieron a 16 ha. El paquete de producción consistió en leguminosas como coberteras, uso de composta, harinas de roca, biofertilizantes como supermagro, foliar de pescado, reproducción de cepas de microorganismos benéficos, microorganismos de montaña y microorganismos efectivos, uso de caldos minerales como sulfocálcio y ceniza, agrohomeopatía, podas, manejo de arvenses de forma manual y mecánica, barreras de amortiguamiento para evitar la contaminación vecina, diversificación y otras prácticas. Los resultados de la producción mostraron rendimientos por arriba de 42 t ha⁻¹ frente al promedio nacional de 14.6 en 2016. La comercialización se realiza por contrato con una industria juguera a 5 años, que en 2013 pagó 30% de sobreprecio por la naranja en transición y a partir de 2014 dio sobreprecio del 50%. La producción se encuentra certificada como orgánica.

Palabras clave: Agroecología, técnicas agroecológicas, transición, sustentabilidad

Introducción

La naranja es la fruta más importante en México y ocupa 335,336 ha de las que se obtienen 4.6 millones de toneladas (SIAP, 2017). El diagnóstico de la producción de naranja Valencia en el norte de Veracruz realizado por el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el

⁶¹⁴ Universidad Autónoma Chapingo Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral. ciidri2008@yahoo.com.mx.

⁶¹⁵ Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Agroecología. gomezlaura@yahoo.com.

Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo resaltó cuatro problemáticas principales, aspectos a los que dicho centro de investigaciones se abocó, en un periodo de 11 años, en contribuir a su solución; a saber (Gómez et. al., 2015; Vicencio, 2014; Reyes, 2017):

- a) Baja productividad con tendencia a mantenerse estancada y marcado énfasis durante varias décadas, anotando rendimientos promedios de 14.09 a 14.57 t ha⁻¹ en Veracruz (Reyes, 2017) cuando en Florida se obtienen 21.88 t ha⁻¹ (USDA/NASS, 2016).
- b) Producción definida por un paradigma tecnológico convencional que contamina suelo, agua y planta, envolviendo a los productores en el incremento continuo en los costos de los insumos y nocivo para la salud de trabajadores, productores y consumidores.
- c) Bajos precios obtenidos por los productores por sistemas de comercialización con fuerte participación de intermediarios.
- d) Falta de asesoría con técnicos formados con orientación agroecológica, acorde a las capacidades económicas y sociales del pequeño productor.

El objetivo del trabajo fue desarrollar una tecnología de producción de naranja orgánica viable para los agricultores del Norte de Veracruz.

Materiales y métodos

A partir de 2006 en una hectárea de naranja, variedad Valencia en San Pablo, municipio de Papantla, Veracruz, se instrumentaron 30 prácticas agroecológicas buscando resolver de forma puntal los principales problemas técnicos que enfrenta la producción; el abordaje y prueba de las técnicas agroecológicas se hace por apartados: 1) manejo de arvenses, 2) manejo del tejido productivo, 3) manejo de la nutrición, 4) manejo de plagas, 5) manejo de enfermedades, 6) Diversificación, 7) otras prácticas y, 8) cumplimiento de la normatividad orgánica. Esto se ha continuado durante 11 años y se ha replicado a la totalidad de la huerta con 16 ha.

El sitio de estudio se localiza a 30 m de altitud, tiene suelos tipo aluvión con pH ligeramente alcalino y contenido de materia orgánica de media a alta.

Resultados y discusión

Manejo de arvenses

Este manejo se hace de varias formas dependiendo de las condiciones climáticas; con corte alternado manual en la zona de goteo, uso de desbrozadoras, tractor o motocultor y combinando en diferentes partes de la parcela con el uso de coberteras. Las coberteras utilizadas son: canavalia (*Canavalia ensiformes*); mucuna (*Mucuna pruriens* ó *Stizolobium deeringianum*), crotalaria (*Crotalaria juncea*) y frijol gandul (*Cajanus cajan*). La más efectiva en la huerta ha sido la crotalaria por su facilidad de imponerse a las arvenses. Se tiene varios trabajos en la zona citrícola que aportan a esta temática y confirman la experiencia (Sandoval, 1999).

Manejo del tejido productivo

Se realizan cinco tipos de poda, las cuales son: 1) Poda normal. Consiste en quitado de secapalo (*Struthanthus quercicola*), separación de los bejucos, desmamonado, poda de ramas secas y poda de ramas improductivas (aquellas que no reciben luz). 2) Poda de formación. Se limita a darle forma y fuerza mecánica al árbol. 3) Poda de rejuvenecimiento. Se realiza en luna menguante y consiste en trozar las ramas a una altura de 1.50 a 1.80 m y en 3 años se recupera la producción. 4) Desmamonado. Se limita a quitar mamones y a revisar la presencia de nuevos brotes no deseados. 5) Poda cariño. Es una poda normal, pero en forma ligera, por ejemplo, ramas secas gruesas, secapalo abundante, etc.

Manejo de la nutrición

Para llevar a cabo la propuesta de nutrición se toma en cuenta un análisis de suelo que debe realizarse cada dos años y de los requerimientos específicos para producir una tonelada de naranja (Cuadro 1).

La nutrición se cubre a través de seis técnicas agroecológicas que enseguida se detallan:

Uso de composta, bocashi o lombricomposta, aplicando 2 kg por cada 50 kg de producción de naranja por árbol, mezclado con la harina de rocas. Se aplican en la zona de goteo del árbol después de la limpieza de arvenses. De preferencia entre el 15 de octubre y el 1 de diciembre, lo que permite preparar el árbol con los nutrientes necesarios para la floración del siguiente ciclo; además de que aumenta el peso y tamaño de la producción en proceso.

Uso de harinas de roca a base de zeolita, leonardita, roca fosfórica, roca potásica y yeso fosfórico (25%, 25%, 20%, 20% y 10%, respectivamente). Se recomienda aplicar 1 kg por cada 50 kg de producción de naranja por árbol mezclado con la composta. La proporción del volumen de las rocas se define a partir del análisis de suelo y de las harinas.

Cuadro 1. Cantidad de requerimientos nutricionales de los suelos para naranja según el rendimiento esperado por ha.

Nutrimento	Toneladas a producir								
	1	5	10	15	20	25	30	25	40
Nitrógeno(kg)	1.86	27.9	55.8	83.7	111.6	139.5	167.4	195.3	223.2
Fosforo (kg)	0.17	2.55	5.1	7.6	10.2	12.8	15.3	17.9	20.4
Potasio (kg)	2.25	33.75	67.5	101.3	135.0	168.8	202.5	236.3	270.0
Calcio(kg)	1.05	15.75	31.5	47.3	63.0	78.8	94.5	110.3	126.0
Magnesio (kg)	0.13	1.95	3.9	5.8	7.8	9.8	11.7	13.7	15.6
Azufre(g)	0.17	2.55	5.1	7.7	10.2	12.8	15.3	17.9	20.4
Manganeso (g)	1.34	20.10	40.2	60.3	80.4	100.5	120.6	140.7	160.8
Fierro (g)	4.47	67.05	134.1	201.2	268.2	335.3	402.3	469.4	536.4
Zinc (g)	2.82	42.30	84.6	126.9	169.2	211.5	253.8	296.1	338.4
Cobre (g)	3.44	51.60	10.0 3.2	154.8	206.4	258.0	309.6	361.2	412.8
Boro (g)	3.30	49.50	99.0	148.5	198.0	247.5	297	346.5	396.0

Fuente: Sastre (2014).

Uso de microorganismos benéficos, utilizando distintos microorganismos como *Azotobacter* spp, *Azospirillum* spp, Micorrizas (*Glomus intraradices* y *Glomus fasciculatum*), *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, y *Trichoderma harzianum*. Se incluyen también los microorganismos de montaña (MM) y los Microorganismos Efectivos (EM- propuesta de Terou Higa de Japón) que incrementan el número de raíces absorbentes y favorecen el crecimiento del árbol. Se recomienda aplicar Microorganismos de montaña o Microorganismos Efectivos al 5% a partir de 30 cm de distancia del tronco cubriendo toda el área sombreada del árbol, usando 2 litros/árbol. En caso de no contar con MM o EM se pueden aplicar *Trichoderma harzianum*, *Metharrizium*, Micorrizas (*Glomus* spp) y *Azotobacter* spp). Se recomienda disolver 1 L o kg de cada microorganismo en 200 L (o la dosis que el fabricante o laboratorio recomiende por ha); aplicando a cada árbol 1 L en la misma forma que el MM o EM. Las aplicaciones deben hacerse 1 vez al año, lo mejor es hacerlo al mismo momento que cuando se aplica la composta y las harinas de roca. Las fechas de aplicación pueden hacerse entre el 15 de octubre hasta febrero.

Uso de foliares orgánicos como supermagro sencillo o compuesto (cuidando los requisitos de las agencias certificadoras), caldo ceniza y foliar a base de hidrólisis de pescado. El supermagro sencillo o compuesto al 4% fue aplicado de forma foliar, una vez por mes entre noviembre y marzo; más aplicaciones en épocas críticas (p.e., sequía en mayo-junio, canícula en agosto); el caldo ceniza al 2% aplicado junto con el supermagro de manera foliar en la misma época y el mismo número de repeticiones; foliar a base de pescado o hidrolizado

de pescado (foliar anaeróbico) al 1%, aplicado entre noviembre y marzo, siendo 5 aplicaciones foliares. Se puede aprovechar y aplicar al mismo tiempo que el caldo ceniza y supermagro; caldos minerales, como el ceniza y la mezcla sulfocalcio, que apoyan cubriendo deficiencias de potasio, calcio, azufre; además de actuar en contra de hongos, bacterias y algunos insectos, se utiliza desde el 2% al 10% según la finalidad de la aplicación y lo tierno o maduro de los brotes nuevos de las hojas; coberteras con leguminosas: Se utilizan las ya mencionadas anteriormente. La fijación de nitrógeno al suelo llega alcanzar en algunos casos hasta 400 unidades de N/ha, siendo una parte de éste aprovechable por el árbol.

Diversificación

La diversificación puede hacerse incluyendo distintas especies en diferentes áreas: al interior de la huerta en las hileras de la naranja, en los callejones, en las barreras de amortiguamiento y áreas de los alrededores, en el número de leguminosas incorporadas como coberteras y en la promoción de arvenses de hoja ancha. Se busca promover la diversidad funcional que reactive el control biológico en el sitio (in situ o por conservación); es decir que los insectos benéficos presentes hagan la regulación de aquellos que tienden a convertirse en plaga (Altieri y Nicholls, 2006). En este caso se mantienen las siguientes especies: a) Al interior de la huerta en las hileras: mandarina (variedad ortanique), toronja (variedad rio red), noni, plátano (variedades roatán, morado, manzano, castilla y macho), aguacate (variedades boot 7, fuerte, hass y 15 criollos), guayaba (atrae a la Diaphorina citri y evita ataque la naranja), litchi, caña, papaya, frijol y maíz. b) leguminosas como coberteras: Crotalaria y crotalaria silvestre, mucuna, y canavalia. c) Barreras de amortiguamiento: Coccoite. d) Área de reserva: Coco, aguacate, vegetación natural y vegetación riparia como el sauce. f) Arvenses. Se tienen identificadas 117 especies distintas (López, 2012), encontrándose que varias de ellas como el mozote amarillo y blanco son atrayentes para insectos benéficos que ayudan a disminuir las poblaciones de la Diaphorina citri, vector de la bacteria causante del Huanglongbing o greening de los cítricos. Adicionalmente se tienen distintas variedades de naranja tales como tardía, temprana, intermedia, supertardías y nave.

Manejo de enfermedades y plagas

En el Cuadro 2 se indican las prácticas e insumos para el manejo de enfermedades en naranja orgánica.

En el Cuadro 3 se especifican las prácticas e insumos para el manejo de plagas en naranja orgánica.

Cuadro 2. Enfermedades y prácticas de manejo en naranja valencia tardía.

Enfermedad	Manejo y control
Hongo letal o Cáncer basal (<i>Ustilina deusta</i> Hoffm)	Se mantiene el árbol en producción usando Agrohomeopatía (Aplicación del agronosode de 60 cc, una gota en 100 litros de agua) y recientemente se han tenido muy buenos resultados utilizando entre 20-30 litros por árbol de microorganismos de montaña o con el uso de microorganismos eficientes, aplicando al 100% al cuello del tronco (cada 2 meses en caso de nueva emergencia del hongo) y se complementa con una aplicación de 20 kg de composta al árbol.
Gomosis (<i>Phytophthora parasitica</i> Dastur)	Agrohomeopatía (Aplicación del agronosode de 60 cc, una gota en 100 litros de agua. Lo que más ha funcionado es la aplicación de caldo sulfocálcico al 5%, bañando todo el tronco hasta 1.5 m de altura 2 veces al año.
Antracnosis (<i>Colletotrichum acutatum</i> Simmonds)	Caldo sulfocálcico al follaje al 4%. Se aplica a partir de noviembre 3 veces cada 10 días; y a fines de marzo dos aplicaciones en caso de caída de naranja chiquita, repitiendo si en abril se observa caída de naranja tamaño canica o un poco más grande.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Plagas y prácticas de manejo en naranja valencia tardía.

Plaga	Manejo y control
Pulgón verde (<i>Aphis citricola</i> Van der Goot) y pulgón café (<i>Toxoptera</i> <i>aurantii</i> Fons)	Combinación de tres hongos entomopatógenos: <i>Beauveria bassiana</i> con <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Lecanicillium lecanii</i> al 5% y jabón al 2%. Cada 15 días en época de brotación. Utilización de microorganismos eficientes o microorganismos de montaña al 5%
Psílido asiático (<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama)	Manejo de la biodiversidad de arvenses para promover a los insectos entomófagos del psílido.
Mosca de la fruta (<i>Anastrepha ludens</i> Loew)	Colocación de trampas McPhail, 8 por hectárea en árboles de toronja (<i>Citrus paradisi</i> Macf.), con 250 mg de melaza con 250 ml de agua y picado en cruz de la fruta caída con machete. Cada 10 días se revisan las trampas y se pica la naranja.
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i> C.L. Koch)	Caldo sulfocálcico al 4%, se aplica entre los meses de abril y junio al presentarse el ácaro, se hacen dos aplicaciones, 1 cada semana.
Chinche negra (<i>Acanthocephala terminalis</i> Laporte)	<i>Lecanicillium lecanii</i> al 10% o microorganismos efectivos al 5% en las etapas de brotación de la naranja, al menos 2 aplicaciones separadas cada 10-15 días.
Hormiga arriera (<i>Atta cephalotes</i>) y hormiga común	Aplicaciones al 10% del hongo entomopatógeno <i>Metarhizium anisopliae</i> cada 20 días. En el caso de la hormiga arriera usando una pala para escarbar en el hormiguero con dosis al 25-30%, siendo necesario repetir la operación cada tercer día hasta que no haya hormigas (3 repeticiones). Utilización de microorganismos eficientes de 10-50% repitiendo diariamente durante 3-4 días. Uso del caldo bordelés al 2% para pintar los troncos de los árboles y evitar se suban las hormigas.
Tuza (<i>Geomys tropicalis</i> Goldman)	Siembra de frijol ayocote (<i>Phaseolus coccineus</i> L.). Contiene cianogénicos.

Fuente: Elaboración propia.

Otras prácticas

El tratamiento general es complementado con otras prácticas de todo el naranjal. Entre éstas están: el uso de patrón naranjo agrio, se ha observado que en lugares que tienden a inundarse presenta mayor resistencia -*Citrus aurantium* L.-, pero los patrones tolerantes en su tipo de suelo adecuado son más productivos, precoces, con naranja más homogénea en color y mayor tamaño; la plantación con patrones tolerantes requiere mayor atención a diferencia de una huerta con naranjo agrio. El manejo de la humedad mediante acolchados o mulch con las arvenses. La recolección de materiales no degradables o inorgánicos para evitar la contaminación de la huerta cada 15 días (envases de refrescos, plásticos en general) y, la reproducción artesanal de microorganismos benéficos.

Cumplimiento de la normatividad y certificación orgánica

Se entiende por normatividad orgánica al establecimiento de estándares o lineamientos para la producción donde se especifican los requisitos para la producción orgánica. Para el caso de México en Octubre, 2013 se emitieron los Lineamientos para la producción orgánica de las actividades agropecuarias (Diario Oficial de la Federación, 2013).

En el caso particular de la naranja orgánica, algunos de los requisitos para obtener la certificación orgánica son: 1) Periodo de transición de tres años sin el uso de productos prohibidos (fertilizantes y agroquímicos, aguas negras, organismos modificados genéticamente, radiación y nanotecnología; 2) uso de material de propagación orgánico (vivero); 3) contar con un mapa de la unidad de producción que especifique en cada colindancia el nombre de los vecinos, el cultivo y tipo de manejo (orgánico, convencional, natural), a su vez algunas agencias solicitan las coordenadas de localización de la parcela; 4) elaboración de un plan de manejo en donde debe describirse todas las actividades que se realizan en las parcelas orgánicas; 5) historial de cultivo que especifique en una tabla los insumos que se han empleado en los últimos cinco años, o mínimamente tres años; 6) bitácoras de actividades y bitácoras de venta.

La propuesta de tecnología de producción de naranja orgánica se enfoca fundamentalmente a la búsqueda de un incremento en la productividad, utilizando más de 30 prácticas agroecológicas, obteniendo la certificación de la producción convencional a orgánica por Ecocert. La productividad de la huerta en los últimos 3 años ha sido por arriba de las 40 t, siendo de 43 t en 2017. Para la difusión de las prácticas agroecológicas manejadas en la huerta, se han establecido 12 parcelas demostrativas en los municipios de Alamo, Tecolutla, Tihuatlán y Papantla, a las cuales les da seguimiento técnico el CIIDRI-UACH; adicionalmente se han atendido a más de 500 visitantes en la Huerta entre 2016 y 2017 (La Jornada del Campo, 2016). Adicionalmente se tiene un manual que detalla las prácticas agroecológicas realizadas (Gómez et al., 2017).

Conclusiones

1. La propuesta tecnológica se enfoca a la búsqueda de incremento de la productividad, con el esquema de producción orgánica, utilizando más de 30 prácticas agroecológicas, obteniendo la certificación del proceso de transición de producción convencional a orgánica y sobrepeso del 50% a través de contratos con industrias jugueras ubicadas en la región que exportan jugo congelado orgánico a la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y países asiáticos. La huerta obtuvo tres veces más rendimiento que la media nacional, reduciendo costos en 20% y logrando un precio 50% mayor que la media regional.
2. La bondad de la propuesta radica en que el productor puede elaborar sus propios insumos y dejar de depender mayoritariamente de los insumos externos, utilizando tecnologías de bajo impacto ambiental, adaptables a las condiciones locales, a bajo costo, con una producción económica, social y ecológica rentable.

Literatura citada

Altieri M. y C. I. Nicholls. 2006. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie de textos básicos para la formación integral. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, D.F. 250 p.

Diario Oficial de la Federación. 2013. Acuerdo por el que se dan a conocer los Lineamientos para la Operación Orgánica de las Actividades Agropecuarias. México, D.F. 29 de Octubre. En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5319831&fecha=29/10/2013. [Consultado el 12 de junio, 2016].

Gómez C. M. A., Vicencio N. M. y L. Gómez T. 2015. Eco-intensificación de la producción de naranja en Veracruz, México. In: Memoria electrónica del 10º Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales. Toluca, Estado de México.

Gómez C. M. A., Gómez T. L., Schwentesius R., Rodríguez N. O., Reyes R. R. y M. O. Villatoro L. 2017. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. CIIDRI-UACH-Patronato Universitario-CLAC-Fair Trade-Centro de Investigación Tierra Prieta-REDAC-PEEVU. Chapingo, Estado de México, 80 p.

La Jornada del Campo. 2016. Soluciones agroecológicas en un naranjal de Papantla: más productividad, cero químicos, salud y sostenibilidad. En: <http://www.jornada.unam.mx/2016/12/17/cam-papantla.html>, No. 111. 17 Diciembre, 2016. pp. 16-17. [Consultado el 10 de junio, 2017].

López L. R. 2012. Entomófagos asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos con diferentes sistemas de manejo de arvenses en Papantla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

Reyes O. P. A. 2017. Producción de naranja (*Citrus Sinensis* L. Osbeck) variedad valencia tardía bajo manejo orgánico en San Pablo, Papantla de Olarte, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

Sandoval, R. J. A. 1999. Manejo de los cítricos en terrenos con problemas de erosión y competencia con malezas. Informe técnico. Fundación Produce Veracruz A.C. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Ixtacuaco. Tlapacoyan, Ver. 72 p.

Sastre D. A. 2014. Diagnóstico nutrimental de suelos de cítricos y fertilización en naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/, consultado el 29 de junio de 2017.

USDA/NASS. 2016. Florida Citrus Statistics, 2014-15; https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Florida/Publications/Citrus/Citrus_Statistics/2014-15/fcs1415.pdf

Vicencio N. M. 2014. Eco-Intensificación de la producción de naranja (*Citrus Sinensis* L. Osbeck), estudio de caso en Papantla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LIMA PERSA

Raul Berdeja Arbeu^{616*}, Gumaro Martínez Patricio⁶¹⁶, Marcos Medel Simón⁶¹⁶, Ramiro Escobar Hernández⁶¹⁶, Armando Ibáñez Martínez⁶¹⁶, Delia Moreno Velázquez⁶¹⁶ y Carmela Hernández Domínguez⁶¹⁶

Resumen

El presente trabajo se estableció en enero de 2017 en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, en el Rancho San Antonio, en árboles de lima Persa de 6 años injertados en limón 'Volkameriano' con distancia de plantación de 6 x 5 m, en suelo franco arenoso. El objetivo del trabajo fue evaluar fertilización química y orgánica en lima Persa. El diseño experimental que se empleó fue completamente al azar con 3 tratamientos y 8 repeticiones; los tratamientos fueron: T1, en enero se aplicó 1 kg de fertilizante químico al suelo de la fórmula 12-12-17; T2, aplicación de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) 15 kg por árbol en enero y 15 kg en abril y T3, fertilización foliar a base de macro y microelementos cada mes a partir del 15 de enero de 2017 al 2% (Bayfolan Forte®). Las variables evaluadas fueron: peso de fruto, relación diámetro polar/diámetro ecuatorial de fruto, grosor de cáscara, número de frutos por brote, área foliar y peso específico de hoja, se realizaron dos fechas de evaluación. Se realizó un ANOVA y pruebas de medias (Tukey $P \leq 0.05$). Los resultados fueron los siguientes, el mayor grosor de cáscara fue de 2.88 mm con fertilización química al suelo, el mayor número de frutos por rama de 2.22 con fertilización orgánica en la primera cosecha. La mayor área foliar fue de 244 cm² con fertilización orgánica en la segunda cosecha. El porcentaje de fruta de exportación fue en ambas fechas de cosecha, superior a 84%. El contenido foliar de nitrógeno, fósforo y potasio en los tres tratamientos fue de óptimo a excesivo. Se concluye que las características físicas de fruto dependen de la época de cosecha y del tratamiento utilizado, la fertilización orgánica en lima Persa aumenta el área foliar y los tres tratamientos tienen efecto en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio que varían de óptimo a excesivos.

Palabras claves. *Pueraria phaseoloides*, grosor de cáscara y área foliar

⁶¹⁶ Facultad de Ingeniería Agrohídrica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla. raulberdeja@yahoo.com.mx

Introducción

En México la citricultura es una actividad importante en la fruticultura, la superficie cosechada es de 574,000 ha, las especies que se cultivan son: naranjas, limas y limones, tangerinas, mandarinas y toronjas (SIAP, 2016).

En frutales la nutrición vegetal se puede realizar al suelo, fertirriego y foliar, con productos químicos y orgánicos. Tradicionalmente se emplean fertilizantes químicos pero existen otras alternativas como compostas, lombricompostas, estiércoles y abonos verdes que mejoran las características físicas y químicas del suelo (Lehmann et al., 1999).

Los abonos verdes mejoran la fertilidad del suelo, la aplicación de estos aporta materia orgánica, liberan nutrientes, aumentan rendimientos, mejoran la estructura del suelo, disminuyen la erosión, aumentan la cantidad de microorganismos, corrigen el pH, controlan plagas y enfermedades (Lehmann et al., 1999). El Kudzu pertenece a la familia de las leguminosas y el nombre científico es *Pueraria Phaseoloides*, existen 17 géneros. Se utiliza como forraje para animales y abonos verdes en la agricultura, el contenido mineral es 3.68% N, 0.29% P, 2.14% K, 0.41% Ca, 0.41% Mg, 11 ppm Ca, 27 ppm Zn, 155 ppm Mn y dependiendo de la especie se pueden cosechar de 11 a 65 t·ha⁻¹ de biomasa (Forseth e Innis, 2004).

Patel et al. (2012) estudiando el efecto de estiércoles y fertilizantes químicos en *Citrus aurantifolia* cv. 'Kagzi' mencionan que las aplicaciones al suelo con N-P-K (900-750-500) g/árbol más 50 kg de estiércol lograron mayor rendimiento por hectárea con 158 quintales/ha y menor con 87 quintales/ha con aplicaciones de N-P-K (400-200-300) g/árbol más 50 kg de estiércol.

Pérez-López et al. (2007) estudiando composición química de jugo de mandarina 'Clementina' con manejo convencional y orgánico, indican que el peso de fruto, diámetro de fruto, vitamina C, grados brix, % de ácido cítrico e índice de madurez no se afecta estadísticamente por el tratamiento utilizado. El mayor contenido de minerales (Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn, y Zn) fue en el manejo orgánico con diferencias estadísticas.

Tapia et al. (2014) en aguacate 'Hass' evaluaron fertilización orgánica con fermento orgánico, derivado de pescado, composta orgánica, microorganismos, lombricomposta y fertilización química con la fórmula 200-100-100, el porcentaje de amarre de fruto osciló de 0.9% en composta orgánica a 34% en fermento orgánico, el rendimiento de fruto por árbol fue de 63.2 con composta orgánica a 160 kg en fermento orgánico.

Curtí et al. (2012) evaluaron la productividad de lima Persa injertada en cuatro portainjertos, mencionan que el número de frutos por árbol por año osciló de 2,665.50 a 1,647.50 y no mostró diferencias estadísticas, el peso promedio del fruto fue de 93.20 g a 79.47 g sin diferencias estadísticas, y el mayor rendimiento de fruto se obtuvo cuando lima Persa se

injertó en el portainjerto 'Carrizo' con 214.65 kg y menor en lima Persa injertado en 'Volkameriana' con 140.16 kg presentando diferencias estadísticas.

Berdeja et al., (2016) realizando aplicaciones al follaje en lima Persa con nitratos señalan que el peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de cáscara y firmeza no se modifica por el tratamiento utilizado, el testigo obtuvo los menores valores en grosor de cáscara y firmeza de fruto. Berdeja et al. (2010) en lima Persa en diferentes portainjertos encontraron área foliar de 124.88 a 172.21 cm² y peso específico de hoja de 0.00093 a 0.0123 g·cm⁻².

En Martínez de la Torre, Veracruz, muchos productores fertilizan las plantas de lima Persa con distintos tipos de fertilizantes químicos, sin embargo el precio de los fertilizantes son elevados, lo que puede ocasionar el desaliento de esta actividad. Por lo antes mencionado se realizó el presente trabajo con el siguiente objetivo: evaluar el efecto de fertilización química al suelo, follaje y fertilización orgánica al suelo en características físicas de fruta, hoja y contenido nutrimental en hojas.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en enero de 2017, en Rancho 'San Antonio', Martínez de la Torre, Veracruz, con 120 m de altitud. El lugar presenta clima clasificado como A(m)W" (e), caracterizado como clima cálido húmedo, con lluvias todo el año, temperatura media anual de 26°C y precipitación media anual de 1626 mm (García, 1987).

El material utilizado fueron árboles de lima Persa de 6 años injertados en limón 'Volkameriano', con distancia de plantación de 6 x 5 m, el control de plagas y enfermedades se realizó de acuerdo a la incidencia de las mismas. Las características del suelo al inicio del experimento fueron: textura franco arenosa, densidad aparente 1.34 g·cm⁻³, pH 5.80, materia orgánica 1.79%, nitrógeno total 0.097%, P asimilable 48.85 mg·kg⁻¹, K 189.15 mg·kg⁻¹, Ca 319.8 mg·kg⁻¹ y CIC 10.52 cmol·kg⁻¹.

En el Cuadro 1 se muestra el diseño de tratamientos.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos en lima Persa.

Tratamiento	Descripción
1	Fertilización química 1 kg por árbol (12-12-17) en enero.
2	2 aplicaciones de kudzu, cada una con 15 kg por árbol en los meses de enero y abril.
3	Fertilización foliar cada 30 días a partir del 15 de enero al 15 de mayo de 2017, a base de macro y microelementos al 2% (Bayfolan Forte®).

Se tomaron 100 frutos por tratamiento al azar y se cuantificó el porcentaje de frutos de exportación.

De cada tratamiento se tomaron 20 frutos por tratamiento y se evaluaron las siguientes variables:

Peso de fruto (g) en báscula digital. Se obtuvo la relación diámetro polar/diámetro ecuatorial, dividiendo el diámetro polar entre diámetro ecuatorial. Se midió el grosor de cáscara (mm), partiendo el fruto por mitad y con vernier se midió el grosor de cáscara. Se contó el número de frutos por brote, tomando al azar 5 ramas por repetición y se contó el número de frutos. Se midió el área foliar en cm^2 tomando de cada árbol 4 hojas maduras sanas, que no presentarán frutos de la parte media de la copa y se escanearon, el área foliar se obtuvo con el programa Image J[®]. Se obtuvo el peso específico de las hojas ($\text{mg}\cdot\text{cm}^2$) a las que se les tomó el área foliar, introduciéndolas al horno a 70°C por 72 horas, aplicando la fórmula: peso específico de hoja: peso seco/área foliar y el resultado se expresó en gramos por centímetros cuadrados ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$). Se realizó un análisis foliar, con una muestra por tratamiento el 1 de junio de 2017, los análisis se hicieron en el laboratorio de análisis de suelo de la empresa FYPA[®]. El diseño experimental fue completamente al azar con 3 tratamientos y 8 repeticiones, se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias por el método de Tukey ($P\leq 0.05$). Se utilizó el paquete de computo SAS.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($P\leq 0.05$) en algunas variables. En la primera cosecha del 22 de abril de 2017 el peso de fruto fue mayor con fertilización foliar superando estadísticamente ($P\leq 0.05$) a los demás tratamientos. La relación diámetro polar/ecuatorial de fruto y grosor de cáscara no presentaron diferencias estadísticas ($P\leq 0.05$), aun cuando no existieron diferencias en grosor de cáscara al aumentar el grosor se incrementa la rugosidad de fruto. El mayor número de frutos por rama fue con fertilización orgánica pero sólo superó estadísticamente al tratamiento con fertilización foliar. Se observó la mayor área foliar con la fertilización química al suelo, pero sólo superó estadísticamente ($P\leq 0.05$) al tratamiento con fertilización foliar. El mayor porcentaje de frutos para exportación, se logró con fertilización orgánica y química (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de fruto y hoja con fertilización química y orgánica el 22 de abril de 2017.

Tratamiento	Peso de Fruto (g)	Diámetro polar/ecuatorial de fruto	Grosor de cáscara (mm)	Número de fruto por rama	Área foliar (cm ²)	Fruta para exportación (%)
Orgánico	70.20 B	1.10 A	2.69 A	2.22 A	206.21 A	90
Químico	74.6 B	1.09 A	2.88 A	2.07 AB	225.27 A	90
Foliar	90.13 A	1.09 A	2.61 A	1.75 B	189.30 B	85
CV	20.32	4.36	19.28	41.82	17.98	
DMSH	14.42	0.04	0.49	0.44	32.27	

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.

En la segunda fecha de cosecha (28 de mayo de 2017), el peso de fruto, relación diámetro polar/ecuatorial de fruto, grosor de cáscara y número de frutos por rama no mostró diferencia estadística entre tratamientos ($P \leq 0.05$). La mayor área foliar se presentó con fertilización orgánica y superó estadísticamente a los demás tratamientos ($P \leq 0.05$); es posible que al tener mayor área foliar los árboles necesiten poda más intensa para no tener frutos de color verde pálido que no cumplan con los requisitos de exportación. El peso específico de hoja fue igual estadísticamente entre los tratamientos ($P \leq 0.05$). El mayor porcentaje de fruta de exportación fue con fertilización orgánica (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de fruto y hoja con fertilización química y orgánica el 28 de mayo 2017.

Tratamiento	Peso de Fruto (g)	Diámetro polar/ecuatorial de fruto	Grosor de cáscara (mm)	Número de fruto por rama	Área foliar (cm ²)	Peso específico de hoja (g·cm ⁻²)	Fruta para exportación (%)
Orgánico	94.10 A	1.11 A	2.85 A	2.12 A	244 A	0.0100 A	91
Químico	90.73 A	1.10 A	2.73 A	2.02 A	191 B	0.0101 A	90
Foliar	87.90 A	1.12 A	2.73 A	1.87 A	159 C	0.0099 A	87
CV	13.42	4.47	15.37	45.39	14.10	7.58	
DMSH	8.64	0.03	0.30	0.47	24.8	0.0007	

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.

Las características físicas de fruto dependen de la época de cosecha y del tamaño que soliciten las empacadoras. Curti et al. (2012) mencionan que el rendimiento y características de fruto dependen de la época de cosecha y portainjerto utilizado. El área foliar se puede modificar por muchos factores y el peso específico de hoja en cítricos varía por la especie, época del año y ambiente (Reyes et al., 2000). Caamal et al. (2014) han encontrado 67% de frutos para exportación en lima Persa en Tlapacoyan, Veracruz. Mientras que, Berdeja et al.,

(2016) indican que el porcentaje de frutos de exportación promedio de dos fechas de cosecha de lima Persa en diferentes portainjertos fue de 83.5 a 91.5%.

En los tres tratamientos el contenido de nitrógeno osciló de alto a excesivo, el fosforó de óptimo a alto y potasio excesivo (Cuadro 4). Posiblemente el grosor de cáscara de fruto no mostró diferencias estadísticas por los valores excesivos de potasio en los tres tratamientos. En cítricos el potasio aumenta la calidad de fruta (Kumar et al., 2012) y grosor de cáscara (Pérez-López et al., 2007).

Los resultados foliares de los tres tratamientos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis foliares con tratamientos de fertilización química y orgánica. Junio 1 de 2017.

Elemento	Kudzu	Químico	Foliar sin fertilización al suelo
N	2.8% alto	2.7% excesivo	2.81% excesivo
P	0.19% óptimo	0.233% optimo	0.269% alto
K	2.37% excesivo	2.39% excesivo	2.67% Excesivo

Conclusiones

1. Las características físicas de fruto dependen de la época de cosecha y el tratamiento utilizado.
2. La mayor área foliar se logró en la segunda fecha de evaluación con fertilización orgánica.
3. El porcentaje de fruta para exportación fue superior a 84%.
4. Los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio foliar fueron de óptimo a excesivos.

Literatura citada

Berdeja A. R., A. Villegas M., L. M. Ruíz P., J. Sahagún C. y M. T. Colinas L. 2010. Interacción lima Persa-Portainjertos. Efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. Revista Chapingo Serie Horticultura 16(2):91-97.

Berdeja A. R., K. Hernández S., R. I. Salazar S., F. Vázquez C., J. Méndez G. y D. Moreno V. 2016. Aspersiones foliares con nitratos en lima Persa. Acta Agrícola y Pecuaria 2(3):72-77.

Curti, D. S. A., C. Hernández G. y R. X. Loredó S. 2012. Productividad del Limón Persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 18:291-305.

- Caamal C. I., F. Jerónimo A., V. G. Pat F., E. Romero G. y J. G. Ramos G. 2014. Análisis de los canales de exportación del limón Persa del municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3):183-191.
- Forseth I. N. and A. F. Innis. 2004. Kudzu: History, physiology, and ecology combine to make a major ecosystem threat. *Plant Science* 23(5):401-413.
- García E. 1987. Modificación al sistema de la clasificación de Koppen. UNAM. México.
- Kumar V., V. B. Singh and N. Gupta. 2012. Effect of foliar application of NPK on growth of Jatti Khatti Seedling under rainfed areas. *Environment & Ecology* 30(2):259-261.
- Lehmann J., J. P. da Silva, L. Trujillo, and K. Uguen. 1999. Legume cover crops and nutrient cycling in tropical fruit tree production. *Acta Horticulturae* 531:65-72.
- Pérez-López, A. J., J. M. López-Nicolás and A. A Carbonell-Barrachina. 2007. Effects of organic farming on minerals contents and aroma composition of Clemenules mandarin juice. *European Food Research and Technology* 225(2):255-260.
- Patel K. K., H. C. Patel, K. A. Patel, V. D. Chauhan and J. S. Patel. 2012. Effect of manures and fertilizers on growth and fruit yield of acid lime cv. Kagzi. *The Asian Journal of Horticulture* 7(2):481-483.
- Reyes S. M. I., A. Villegas M., M. T. Colinas L. y G. Calderón Z. 2000. Peso Específico, Contenido de Proteína y de Clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia* 34:49-55.
- SIAP (Servicio de Información, Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Base de datos producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap/> [consultado el 30 de junio de 2017].
- Tapia V. L. M., A. Larios G., A. Hernandez P. y H. Guillen A. 2014. Nutrición orgánica del aguacate cv. Hass y efecto nutrimental y agronómico. *REMEXCA* 5(3):465-472.

EFFECTO DE LAS APLICACIONES DE BIOFERTILIZANTES EN ÁRBOLES DE LIMA PERSA AFECTADOS CON HLB EN JALISCO

Víctor Manuel Medina-Urrutia⁶¹⁷, Rubén Beas-Lopez⁶¹⁷, Gil Virgen-Calleros⁶¹⁷, Marciano Manuel Robles-González⁶¹⁸

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del biofertilizante BIO-FOM en el crecimiento, condición nutricional, rendimiento e incidencia de HLB en arboles de lima Persa en Jalisco. Se evaluaron las dosis de Bio-fom (BF) de: 1) 800 g, 2) 1600 g, 3) 2400 g/árbol; 4) BF-1600 g + Convencional (1.2-0.6-0.8-0.2 de N, P, K y Mg, respectivamente) en dosis de 1600 g, 5) BF 1600 g + Mineral Terra (MT) 1600 g, 6) Fertilizante convencional 2.5 kg/árbol, 7) Composta 10 kg por árbol, 8) Testigo del productor, 2.4 kg/árbol. No se detectaron diferencias entre los tratamientos respecto a las variables altura de árbol y diámetro de copa. Pero si en el volumen de copa. Los tratamientos que originaron mayor volumen de copa fueron donde se aplicó la dosis más alta de BF y el BF + fertilizante convencional. Tomando en cuenta el rendimiento acumulado de los tres años, el tratamiento con mayor producción fue la dosis alta de BF, seguido del convencional y de la mezcla de BF + convencional en dosis intermedias. Los arboles con BF en las dosis media y alta mantuvieron bajos los valores de incidencia de la enfermedad. Al determinar la carga bacteriana mediante pruebas de PCR en laboratorio, se observó que los tratamientos de BF dosis intermedia + Convencional y BF + MT mostraron las menores concentraciones de bacterias en el tejido. También el tratamiento con BF en dosis alta registro valores 50% más bajos que el Testigo y donde se aplicó composta.

Palabras clave: Tratamientos, fertilizantes, producción.

⁶¹⁷ Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. muv20099@cucba.udg.mx, vmmedinau@gmail.com.

⁶¹⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Tecomán.

Introducción

Debido a que la demanda del mercado de exportación ha ido en aumento en los últimos años, la superficie de lima Persa (*Citrus latifolia*, Tan) se ha expandido a más de ocho estados de la república mexicana, en regiones con clima tropical y subtropical. Por décadas, Veracruz es la entidad donde se concentra la mayor superficie. Entre las regiones nuevas en este cultivo, Jalisco con 5,500 ha cobrado mucha importancia por su rápido crecimiento en los últimos 8 años. Por su escasa experiencia en lima Persa, los productores de Jalisco, que en su mayoría son nuevos en este cultivo, recurren a la experiencia de técnicos de otras entidades, para el manejo de plagas, enfermedades, riego, poda y nutrición.

El tema de nutrición que es uno de los componentes de rendimiento más importantes en la producción. Por ello, tanto en Veracruz, como en el estado de Colima, considerados los polos de desarrollo de la tecnología en lima Persa y limón Mexicano, respectivamente, se han generado paquetes tecnológicos de nutrición que incluyen formulaciones y dosis de productos convencionales, sintéticos para su aplicación en esas especies (Curti-Díaz et al., 2008; Medina-Urrutia et al., 2001).

Con la introducción y establecimiento de los sistemas de riego presurizado, las empresas de agroquímicos se han expandido y puesto en el mercado una gran cantidad de formulaciones de fertilizantes sintéticos para su aplicación a través de los sistemas de riego. Lo anterior aunado a las innovaciones sobre nutrición proveniente de otros países, ha dado como resultado la aplicación por parte del productor, de diversas recomendaciones de fertilización. El uso no controlado de productos sintéticos tiende a afectar la salud de los suelos, que paulatinamente se salinizan y pierde agentes microbianos nativos importantes que ayudan en la nutrición y tolerancia a enfermedades del suelo. Más aun, el uso desmedido de fertilizantes contamina los mantos acuíferos y ponen en riesgo la salud de los humanos.

Por otro lado, el creciente interés del mercado por productos orgánicos, exige a los productores a utilizar fertilizantes orgánicos. Sin embargo, la información experimental sobre este tema es muy escasa, no obstante que existen reportes que han demostrado los beneficios microbiológicos y físico-químicos del suelo, con lo que se logra mejor aprovechamiento de los nutrientes, mayor producción y tolerancia a problemas fitosanitarios (Verma et al., 2007; Mohandas, 2012; Sharma et al., 2014).

Otro aspecto que justifica el estudio de los biofertilizantes en lima Persa es que se desconoce su efecto sobre la incidencia de HLB. No obstante que se considera que la nutrición es un factor crítico para mantener productivos los arboles de cítricos, hasta la fecha, los reportes de fertilización con productos sintéticos en relación con el HLB, han sido contradictorios. Por un lado, se indica que no hay consecuencia efectiva de los fertilizantes en relación con el HLB en Florida (Gottwald et al., 2012), y por otro se menciona que la fertilización sintética permite

mayor tolerancia de los arboles al HLB (Spann et al., 2010). Al parecer las aplicaciones de fertilizante al suelo pueden mantener la sanidad y vida productiva de las plantaciones, cuando los programas de nutrición se inician en plantaciones sanas o con índice bajo de la enfermedad (Spann et al., 2010). Recientemente se concluyó que la aplicación de fertilizantes sintéticos mejora la condición de los árboles, pero no revierten los síntomas, ni controlan la enfermedad del HLB (Xia et al., 2011). En un reporte reciente se indica que la aplicación al suelo o al follaje de fertilizantes conteniendo N, P, K, micronutrientes y Silicio favorecieron el rendimiento y retrasaron la incidencia de HLB en limón Persa (Fernández-Rivera et al., 2015). Este resultado confirmó estudios previos del efecto benéfico de aspersiones foliares con micro elementos (Pustikas et al., 2008; Spann et al., 2011).

Bio-fom MR, es un biofertilizante a base de abonos orgánicos minerales y microorganismos fabricado con control de calidad, el cual ha sido probado con buenos resultados en cultivos hortícolas y algunos frutales como el aguacate. Sin embargo, no se dispone de información de la efectividad biológica de las aplicaciones de este biofertilizante al suelo en arboles de lima Persa con HLB. Si se confirma que funciona aceptablemente en lima Persa en Jalisco, los beneficios se podrían extender a otras regiones, lo cual indudablemente podría ayudar a mitigar el impacto de la enfermedad. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del biofertilizante BIO-FOM en la actividad vegetativa, reproductiva, condición nutricional e incidencia de HLB en arboles de lima Persa en Jalisco.

Materiales y Métodos

Localización del sitio

El experimento se estableció en un predio de lima Persa conocido como La Cañada, ubicado en las coordenadas 20° 25' 47.68 N y 103° 53' 3.94 O, y a 1297 m de altitud en el municipio de San Martín Hidalgo Jal.

Características del huerto

La huerta se estableció a distancia de 6 x 4 m en suelo arcillo limoso con profundidad de 1.8 m. Al iniciar el experimento los árboles tenían tres años. Los arboles se regaron con sistema de goteo aplicando 112 litros de agua en cada riego, dos veces por semana. Las plagas que se presentaron durante el desarrollo del trabajo fueron Psílido asiático, minador, pulgón y mosca blanca. El manejo de plagas y enfermedades estuvo a cargo del productor quien hizo control eficiente y oportuno de los problemas fitosanitarios.

Tratamientos

Se evaluaron las dosis de Bio-fom (BF) de: 1) 800 g, 2) 1600 g, 3) 2400 g/árbol; 4) BF-1600 g + Convencional (1.2-0.6-0.8-0.2 de N, P, K y Mg, respectivamente) en dosis de 1600 g, 5) BF 1600 g + Mineral Terra (MT) 1600 g, 6) Fertilizante convencional 2.5 kg/árbol, 7) Composta 10 kg por árbol, 8) Testigo del productor, 2.4 kg/árbol. Estos productos se aplicaron 4 veces en el año, en enero, abril, julio y octubre durante 2014 y 2015. En 2016, se aplicaron cada 4 meses. El producto fue aplicado cerca de los goteros durante la época de riego y espolvoreado en la zona de goteo en la época de lluvias.

Las variables a registradas fueron las siguientes:

Crecimiento

Se registraron datos de altura, diámetro de copa, con cinta métrica montada en un estadal en los 3 árboles de cada tratamiento, cada año. Considerando estas variables se calculó el volumen de copa, pero se presentan los datos, únicamente para el 2016.

Rendimiento

Cada uno de los 96 árboles del experimento fue cosechado aproximadamente cada mes y el peso de fruta en campo, se registró utilizando una báscula electrónica portátil.

Índice de HLB en las hojas

Cada seis meses se realizó un muestreo de HLB en base a los síntomas de la enfermedad en las hojas. Se utilizó la siguiente escala: 1) sin síntomas, 3) síntomas de moteado en pocas hojas dispersa en un sector de la copa, 5) conjunto de ramas con síntomas de clorosis de hojas en uno sector, 7) igual al 5, pero con más de un sector con síntomas de clorosis marcada, 9) árbol muerto. También se tomaron muestras del follaje de los árboles con síntomas de HLB para determinar la carga bacteriana de HLB por PCR en los distintos tratamientos. En el CUCBA se extrajo el ADN de las muestras y en CINVSTAV se efectuaron las pruebas de PCR.

Análisis foliar y de suelo

Al inicio y término del ciclo productivo, se tomaron muestras de suelo y de follaje para determinar las características nutricionales de los árboles y del suelo. En el follaje se determinaron la concentración foliar de los nutrimentos mayores y menores. En el suelo se realizaron los análisis físico-químicos de rutina.

Estadísticos

Para evaluar el efecto de los tratamientos se eligieron 3 árboles por tratamiento, cada uno como unidad experimental y se utilizaron 4 repeticiones. El total de árboles en el experimento fue de 96.

Resultados y discusión

Crecimiento

No se detectaron diferencias entre los tratamientos respecto a las variables altura de árbol y diámetro de copa (datos no presentados). Pero si hubo diferencia en el volumen de copa. Los tratamientos que originaron mayor volumen de copa fueron la dosis más alta de BF y el BF + fertilizante convencional.

Rendimiento

Consistentemente los árboles que mostraron mayor rendimiento por árbol en 2014 y 2015, fueron los que recibieron la dosis más alta de BF, BF + convencional, ambos en dosis intermedias y el convencional sin BF. El testigo mostro en los tres años los valores más bajos. Tomando en cuenta el rendimiento acumulado de los tres años, el tratamiento con mayor producción fue la dosis alta de BF, seguido del convencional y de la mezcla de BF + convencional en dosis intermedias (Cuadro 1).

Incidencia de HLB: desde el inicio del experimento, todos los arboles mostraron síntomas de HLB en el follaje, aunque con incidencia baja. Los valores en los distintos tratamientos variaron de 2.7 a 3.2 y no se detectaron diferencia entre los tratamientos (Cuadro1). Sin embargo, para el tercer año, el nivel de incidencia de HLB en todos los árboles se incrementó originados valores que oscilaron entre del 3.5 al 5.2. Los mayores índices de daño por de HLB, se observaron en los arboles del testigo y el tratamiento de composta. Los arboles con BF en las dosis media y alta mantuvieron bajos los valores de incidencia de la enfermedad. Al determinar la carga bacteriana mediante pruebas de PCR en laboratorio, se observó que los tratamientos de BF dosis intermedia + Convencional y BF + MT mostraron las menores concentraciones de bacterias en el tejido. También el tratamiento con BF en dosis alta registro valores 50% más bajos que el Testigo y donde se aplicó composta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Incidencia de HLB y rendimiento de árboles de limón Persa tratados con biofertilizantes y fertilizantes sintéticos en Jalisco.

Tratamiento	Volumen de copa (2016) (m ³)	Incidencia		Carga bacteriana (10 ⁶)	Rendimiento (kg/árbol)			Acumulado Kg/árbol
		2014	2016		2014	2015	2016	
BF-D1	11.9 ab	2.8	4.2c	8.0 ab	46 ab	72.7	156 a	266
BF-D2	11.5 ab	2.7	3.8cd	9.7 ab	49 ab	80.4	144 ab	273
BF-D3	14.0 a	2.9	3.5d	6.9 ab	63 a	85.1	167 a	315
BF+Con	13.0 ab	2.8	4.2c	4.1 b	56 ab	86.6	146 a	290
BF+MT	11.7 ab	2.7	4.8ab	4.4 b	56 ab	85.1	161 a	304
Con	12.1 ab	2.9	4.3c	6.9 ab	60 a	91.0	154 a	305
Composta	11.7 ab	3.0	5.1ab	12.3 a	49 ab	75.8	134 b	257
Testigo	10.8 b	3.1	5.2a	11.1 ab	40 b	75.7	114 b	229

Contenido foliar de nutrientes: La concentración de nutrientes en el follaje en mayo del 2016 aumento considerablemente con respecto a lo observado al inicio de trabajo dos años atrás. Los valores de los nutrientes que mostraron mayor incremento en las hojas fueron los siguientes: N paso de 2.28 a 2.87%, K de 1.88 a 2.22%, Mg de 0.23 a 0.27%, B de 37 a 92 ppm, Zn de 18 a 34 ppm, Fe de 88 a 101 ppm y Mn de 74 a 122 ppm.

Los biofertilizantes solos o en combinación con los fertilizantes convencionales resultaron efectivos en propiciar incremento en el rendimiento y menor incidencia de HLB en las hojas. Sin embargo, también los fertilizantes convencionales solos mostraron rendimientos altos y reducción en la incidencia de carga bacteriana, lo que indica que ambos tipos de fertilizantes ayudan a mantener menor incidencia de HLB. En concordancia con Xia et al. (2011), el HLB no se controló con el empleo de biofertilizantes, pero si mantuvo reducidos los niveles de esta enfermedad. Estos resultados permiten suponer que los arboles con tratamientos de biofertilizantes y sus combinaciones, podrían mantenerse productivos por más tiempo. Una ventaja de los biofertilizantes en relación con los convencionales, es que favorecen la salud del suelo, lo cual podría significar mayor actividad microbiana, con lo cual se favorece la nutrición y tolerancia a problemas fitosanitarios.

Conclusiones

Los tratamientos que originaron mayor volumen de copa fueron la dosis más alta de BF y el BF + fertilizante convencional. Tomando en cuenta el rendimiento acumulado de los tres años, el tratamiento con mayor producción fue la dosis alta de BF, seguido del convencional y de la mezcla de BF + convencional en dosis intermedias. Los arboles con BF en las dosis

media y alta mantuvieron bajos los valores de incidencia de la enfermedad. Al determinar la carga bacteriana mediante pruebas de PCR en laboratorio, se observó que los tratamientos de BF dosis intermedia + Convencional y BF + MT mostraron las menores concentraciones de HLB en el tejido. También el tratamiento con BF en dosis alta registro valores menores que el Testigo y donde se aplicó composta. Estos resultados son bastante promisorios, ya que permiten confirmar que con el uso de biofertilizantes además de obtenerse rendimientos elevados, se reduce el riesgo de daño por el HLB, lo que significa que los arboles pueden mantenerse productivos con cosechas rentables por un mayor periodo de tiempo.

Literatura citada

- Fernández-Rivera, E., V. M. Medina U., G. Virgen-Calleros, D. R. González E., C. V. Sánchez-Hernández y E. Salcedo-Pérez. 2015. Uso de silicio e inductores de resistencia en relación a Huanglongbing (HLB) en limón Persa (*Citrus latifolia*) y limón Mexicano (*C. aurantifolia*). Tesis de Maestría. CUCBA-Universidad de Guadalajara. 79 pp.
- Gottwald, T. R., J. H. Graham, M. S. Irey, T. G. McCollum and B. W. Wood. 2012. Inconsequential effect of nutritional treatment on Huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. *Crop Protection* 36:73-82
- Medina-Urrutia, V. M., M. M. Robles-González, S. Becerra-Rodríguez, J. Orozco-Romero, M. Orozco-Santos, J. G. Garza-López et al. 2001. El cultivo del limón Mexicano. Libro Técnico No 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Tecomán. Colima, México. 187 pp.
- Mohandas, S. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi benefit mango (*Mangifera indica* L.) plant growth in the field. *Scientia Horticulturae* 143:43–48.
- Orozco-Romero, J., J. L. Sepúlveda-Torres. 1984. Estudios de nutrición de limón Mexicano. Segundo Simposio sobre la Agroindustria del limón Mexicano. SARH-INIA. 187 p.
- Peck, G. M., P. K. Andrews, J. P. Reganold and J. K. Fellman. 2006. Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. *HortScience* 41(1):99-107.
- Pustikas, A. B., S. Subandiyah, P. Holford, G. A. Beattie, T. Iwanami and Y. Masaoka. 2008. Interactions between plant nutrition and symptom expression in mandarin trees with the disease Huanglongbing. *Australasian Plant Pathology Society* 3(1):112-115.

Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo y R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(1):15-31.

Sharma, S. D., P. Kumar and S. Kumar Yadav. 2014. Glomus–Azotobacter association affects phenology of mango seedlings under reduced soil nutrient supply. *Scientia Horticulturae* 173: 86–91.

Spann T. M., R. A. Atwood, M. M. Dewney, R. C. Esbel, R. Ehnsani, G. England et al. 2010. IFAS guidance for Huanglongbing (Greening) management. <http://edis-news.wp.ifas.ufl.edu/2010/> [consultado el 15 de octubre de 2017].

Spann, T. M., A. W. Schumann, B. Rouse and B. Abel. 2011. Foliar nutrition of HLB Citrus Industry. *Citrus Industry* 92(6):6-10.

Verma, M., S. K. Brar, R. D. Tyagi, R. Y. Surampalli and J. R. Valero. 2007. Review: Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal* 37(1):1-20.

Xia, Y., G. Ouyang, R. A. Sequeira, Y. Takauchi, I. Baez and J. Chen. 2011. A review of huanglongbing (Citrus greening) management in citrus using nutritional approaches in China. *Online Plant Health Progress*. <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2011/hlb/hlb.pdf> [consultado el 15 de octubre de 2017].

VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MACRONUTRIMENTOS EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN VERACRUZ

Adriana Mellado-Vázquez^{619*}, Samuel Salazar-García⁶¹⁹, Carlos Hernández-Guerra⁶²⁰ y Sergio Alberto Curti-Díaz⁶²⁰

Resumen

En general, un buen manejo de la nutrición es fundamental para incrementar la productividad de cualquier huerta de limón Persa, pero en lo particular, hay dos propósitos que persiguen los productores: uno es incrementar el volumen de cosecha durante el periodo invernal (febrero-abril), y el segundo, incrementar la producción de fruta y mejorar su calidad para satisfacer los requerimientos del mercado asiático y europeo. En ambos casos, el precio de la fruta es cuatro o más veces superior, al precio que alcanza durante el verano. De tal manera que el análisis nutrimental foliar es una herramienta útil para detectar problemas nutricionales, y para ajustar los programas de manejo de nutrición. Es por ello que se planteó el objetivo de determinar la evolución foliar de macronutrientos en dos flujos vegetativos de árboles de limón Persa desarrollados con la humedad del temporal de lluvias. Se seleccionaron dos huertos en edad productiva: uno en el municipio de Martínez de la Torre y otro en San Rafael, ambos en Veracruz, México. En cada huerto se seleccionaron 20 árboles de apariencia sana y se marcaron brotes de los flujos vegetativos de invierno de 2015 y primavera de 2016, de los cuales se muestrearon hojas cada mes. Las hojas fueron lavadas y deshidratadas en un horno con aire forzado a 70°C hasta lograr su peso constante. Se determinó la concentración de N, P, K, Ca y Mg en la materia seca de las mismas. La evolución de la concentración foliar de N, P y K fue afectada por las etapas fenológicas, además del manejo de la nutrición y el flujo vegetativo. En los dos huertos la evolución del N, P y Ca fue semejante entre los flujos de invierno y verano.

Palabras clave: *Citrus latifolia* Tan., flujos de crecimiento, análisis foliar, evolución nutrimental

⁶¹⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla.

⁶²⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco.

Introducción

La superficie plantada con limón Persa en México ha aumentado en los últimos diez años, de 47,902 ha a 88,824 ha (SIAP, 2016). Los estados con mayor superficie plantada son Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Jalisco, Yucatán y Nayarit. A pesar de ser el principal estado productor a nivel nacional, Veracruz tiene un rendimiento de 15.37 t·ha⁻¹ (SIAP, 2016), el cual se considera bajo, comparado con el rendimiento que se reporta en Florida (39 t·ha⁻¹) (Malo et al., 2015). El bajo rendimiento puede deberse a una deficiente densidad de plantación efectiva (árboles muertos, poco productivos, en desarrollo), a la reducción de la capacidad fotosintética del árbol (daños por mancha grasienta, minador de la hoja, pulgones, psílicos), y a una pérdida de frutos por árbol (antracnosis, nutrición inadecuada) (Curti-Díaz, 2013). Con relación a la nutrición, en Veracruz, la fertilización que hacen los productores es diversa, tanto en la cantidad de fertilizante aplicado por árbol, como en la fuente usada y época en que se realiza. Son pocos los productores que tienen una fertilización acorde a la fenología del árbol y enfocada a lograr: a) mayor volumen de fruta, b) producirla en una época determinada c), obtener una mejor calidad, que cumpla con las normas del mercado nacional e internacional. En julio del presente año, se realizó un taller en Martínez de la Torre, Ver., con técnicos y productores conocedores del cultivo y de su problemática, para definir los problemas o necesidades más urgentes, que requieren resolverse mediante la investigación. Las demandas más importantes resultaron relacionadas a la nutrición, específicamente se requiere de: a) fórmulas de nutrición adecuadas para los principales suelos de la región y b) definir los estándares nutrimentales según la fenología del limón Persa (datos de INIFAP sin publicar). Lo anterior, fortalece la presente investigación que se realizó en dos flujos vegetativos del limón Persa.

Con relación al comportamiento vegetativo de los cítricos, Berk (2016) señala que son árboles siempre verdes, que presentan diferentes flujos de crecimiento y floración. En las regiones cítricas subtropicales, los cítricos presentan tres (Agustí et al., 2014), cuatro o cinco flujos por año, mientras que en las zonas tropicales cálidas y húmedas, el desarrollo de los brotes es casi continuo. La duración de la vida de las hojas de cítricos puede superar los 2 años, aunque algunas pueden caerse antes del año de edad (Berk, 2016), generalmente por daño de algún factor adverso, como es la mancha grasienta y deficiencias nutricionales. Las hojas son los principales indicadores del estado de salud del árbol. Las deficiencias de nutrimentos, las enfermedades y el ataque de la mayoría de las plagas aparecen primero como cambios en el color de las hojas, tamaño y forma (Berk, 2016). El análisis químico de las hojas es una de las técnicas que permite manejar de manera eficiente la nutrición de los cultivos (Alcántar-González y Trejo-Téllez, 2009), siempre y cuando los muestreos se hagan en los períodos adecuados, con el fin de obtener resultados precisos y confiables. A medida

que las hojas crecen durante la primavera, las concentraciones de N, P y K disminuyen, mientras que Ca y Mg aumentan. Sin embargo, las concentraciones de minerales foliares son relativamente estables de cuatro a seis meses después de su emergencia durante la primavera (Morgan et al., 2017). Para Veracruz no se conoce la época en que los nutrimentos foliares presenten mayor estabilidad, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la evolución foliar de los macronutrimentos en dos flujos vegetativos de árboles de limón Persa en condiciones de temporal en Veracruz; conocimiento que posteriormente permitirá determinar la mejor edad de la hoja a muestrear con fines de diagnóstico nutrimental.

Materiales y métodos

Se seleccionaron dos huertos de limón Persa en producción, ubicados en dos municipios del estado de Veracruz, cuyas características se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los huertos de limón Persa seleccionados para determinar la evolución foliar de sus nutrimentos. Veracruz, México.

Huerto y Municipio	Humedad	DP ^z	Edad (años)	Latitud N	Longitud O	pH	MO	Textura
Paso Largo, San Rafael	Temporal	417	7	20° 08' 33.2"	97° 00' 59.5"	3.9	2.3	Migajón arcilloso
Grupo Exportador, Martínez de la Torre	Temporal	208	10	20° 03' 17.2"	96° 59' 53.5"	4.8	4.6	Migajón arcilloso

^z Densidad de población: árboles por hectárea, plantados a 5 x 5m en “cinco de oros” (Paso largo) y 8 x 6 m (Grupo Exportador).

El huerto Paso Largo se fertilizó con 318 N, 61 P₂O₅, 42 K₂O, 9 de CaO y 11 MgO (kg·ha⁻¹), durante el período de septiembre de 2015 a febrero 2016; mientras que en el huerto Grupo Exportador fue fertilizado de diciembre de 2015 a marzo de 2016, con 54.5 N, 20 P₂O₅, 20 K₂O, 26.2 CaO, 34.5 MgO y 10 SO₄, kg·ha⁻¹. En cada huerto se seleccionaron 20 árboles sin deficiencias nutrimentales visibles y sin daño por plagas y enfermedades y en cada uno de ellos se marcaron con cintas de nailon, 50 brotes de los flujos de crecimiento de invierno de 2015 y primavera de 2016.

Los muestreos foliares iniciaron una vez que las hojas, de cada brotación, alcanzaron su tamaño final, pero antes de adquirir el color verde oscuro y consistencia coriácea, característicos de una hoja madura. En cada muestreo se tomaron hojas únicamente de cinco árboles, iniciando con número impar. De cada árbol se colectaron 20 a 25 hojas sanas y completas, ubicadas en la posición seis o siete del ápice hacia la base del brote.

Posteriormente, y alternando los cinco árboles de muestreo, se siguieron colectando las hojas mensualmente, hasta completar 10 muestreos por flujo, en cada huerto.

Las hojas fueron llevadas al laboratorio en donde se lavaron con agua corriente, después con agua electropura y finalmente con agua destilada. Se secaron con papel secante y se deshidrataron en un horno digital Lab-line Imperial 5 (3488M USA.) con aire forzado a 70°C hasta lograr su peso constante. Las muestras secas fueron molidas en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA.) con tamiz 40 integrado. Se determinó la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) en la materia seca de las hojas. La determinación de N-total fue mediante digestión semi-microKjeldahl (Carlson et al., 1990) y para NO₃ se empleó el método de colorimetría (Baker y Smith, 1969). El K se extrajo por el método de absorción atómica empleando un espectrofotómetro de absorción atómica ICE 3000. El P, Ca y Mg fueron extraídos por ICP-Plasma acoplado óptico (Haung y Schulte, 1985) empleando un espectrofotómetro ICAP 7200 (Thermo Scientific).

Los resultados de los análisis foliares para cada huerto fueron sometidos a control de calidad con el programa MINITAB (Minitab Inc., 1996) y por el procedimiento Boxplot. Se calcularon los valores predichos diarios, utilizándose la edad de la hoja como variable independiente y el contenido nutrimental como dependiente. La fórmula general fue: concentración de N= $\beta_0 + \beta_1D + \beta_2D^2 + \beta_3D^3 + \beta_4D^4 + \beta_5D^5 + \beta_6D^6$; donde D = días acumulados y β = coeficientes matemáticos. Posteriormente, se seleccionó la mejor función matemática con el procedimiento Stepwise SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2005) por orden de respuesta (del primero hasta el sexto orden). Los criterios para elegir las mejores funciones fueron: 1) mayor valor de R², 2) menor cuadrado medio del error (CME) y 3) el valor del coeficiente Cp (Draper y Smith, 1981). Una vez identificadas las mejores funciones matemáticas, se calcularon sus coeficientes matemáticos (β_0, \dots, β_n) por el procedimiento de regresión (REG) y, en el programa Microsoft Excel, se calcularon sus valores predichos, sustituyendo la fórmula general en cada día y posteriormente se graficaron, para cada huerto y por flujo vegetativo y nutrimento.

Resultados y discusión

Los períodos de brotación vegetativa fueron muy similares en ambos huertos: en Paso Largo, el flujo vegetativo de invierno inicio el 3 de octubre de 2015 y el de primavera el 16 de febrero de 2016; mientras que en el Grupo Exportador la brotación de invierno inició el 5 de octubre de 2015 y la de primavera el 18 de febrero de 2016. Las fechas de inicio de brotación de cada flujo y en cada huerto, fueron consideradas como el día cero de edad de la hoja y con los datos de la concentración nutrimental foliar se obtuvieron modelos de la evolución

nutrimental. El Cuadro 2 presenta los modelos con los mejores criterios de selección para predecir la evolución nutrimental (solo los modelos del flujo de invierno).

Cuadro 2. Modelos de la evolución de N, P, K, Ca y Mg en hojas del flujo vegetativo de invierno en los huertos Paso Largo y Grupo Exportador. Veracruz, México.

Nutrimento	Componentes del modelo						
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6
Huerto Paso Largo							
N	2.76386		0.00035697	-0.00000574	3.52E-08	-9.56E-11	9.69E-14
P	0.71668	-0.0172	0.00021408	-0.00000125	3.39E-09	-3.46E-12	
K	0.01475	0.02235		-0.00000281	2.15E-08	-6.06E-11	5.99E-14
Ca	8.19307	-0.19991	0.00278	-0.00001664	4.56E-08	-4.70E-11	
Mg	0.65278	-0.0149	0.00021571	-0.00000134	3.76E-09	-3.95E-12	
Huerto Grupo Exportador							
N	2.46834		0.00031436	-0.00000449	2.32E-08	-5.13E-11	4.02E-14
P	0.49992	-0.00798	0.00005741		-1.65E-09	6.57E-12	-7.78E-15
K	1.80911	-0.03982	0.00071246	-0.00000549	1.83E-08	-2.17E-11	
Ca	6.85386	-0.1648	0.00258	-0.00001653	4.79E-08	-5.17E-11	
Mg	-0.34849	0.01684	-0.00013598		4.44E-09	-1.85E-11	2.28E-14

En el huerto Paso Largo, la evolución de la concentración de algunos nutrimentos en las hojas mostró diferente patrón entre flujos (Figura 1). Las curvas de la evolución del N y P fueron semejantes entre los flujos vegetativos de invierno 2015 y primavera 2016, mientras que la evolución del K, Ca y Mg mostró diferente comportamiento.

Con relación al huerto Grupo Exportador, el patrón de la evolución nutrimental foliar del flujo de invierno 2015 fue semejante al del flujo de primavera 2016 para todos los nutrimentos analizados (Figura 2).

Estos resultados indican que el desarrollo fenológico del árbol fue un factor que influyó en la evolución nutrimental foliar del limón Persa. En Veracruz, el árbol florece seis o más veces durante el año, aunque cuatro floraciones son las de mayor intensidad; lo cual da lugar a varias cosechas al año (Agustí et al., 2014). En el caso específico de Veracruz, el limón Persa se cosecha durante todo el año, pero generalmente se realizan entre seis y ocho cosechas principales (Curti-Díaz et al., 2012). Por lo tanto, es común que, en una época determinada, existan flores, nuevos brotes vegetativos y frutos en cuatro a más etapas de desarrollo, incluyendo los que han alcanzado la madurez comercial. Esta gran actividad del árbol, con seguridad influye en el metabolismo del árbol y en la evolución de sus nutrimentos.

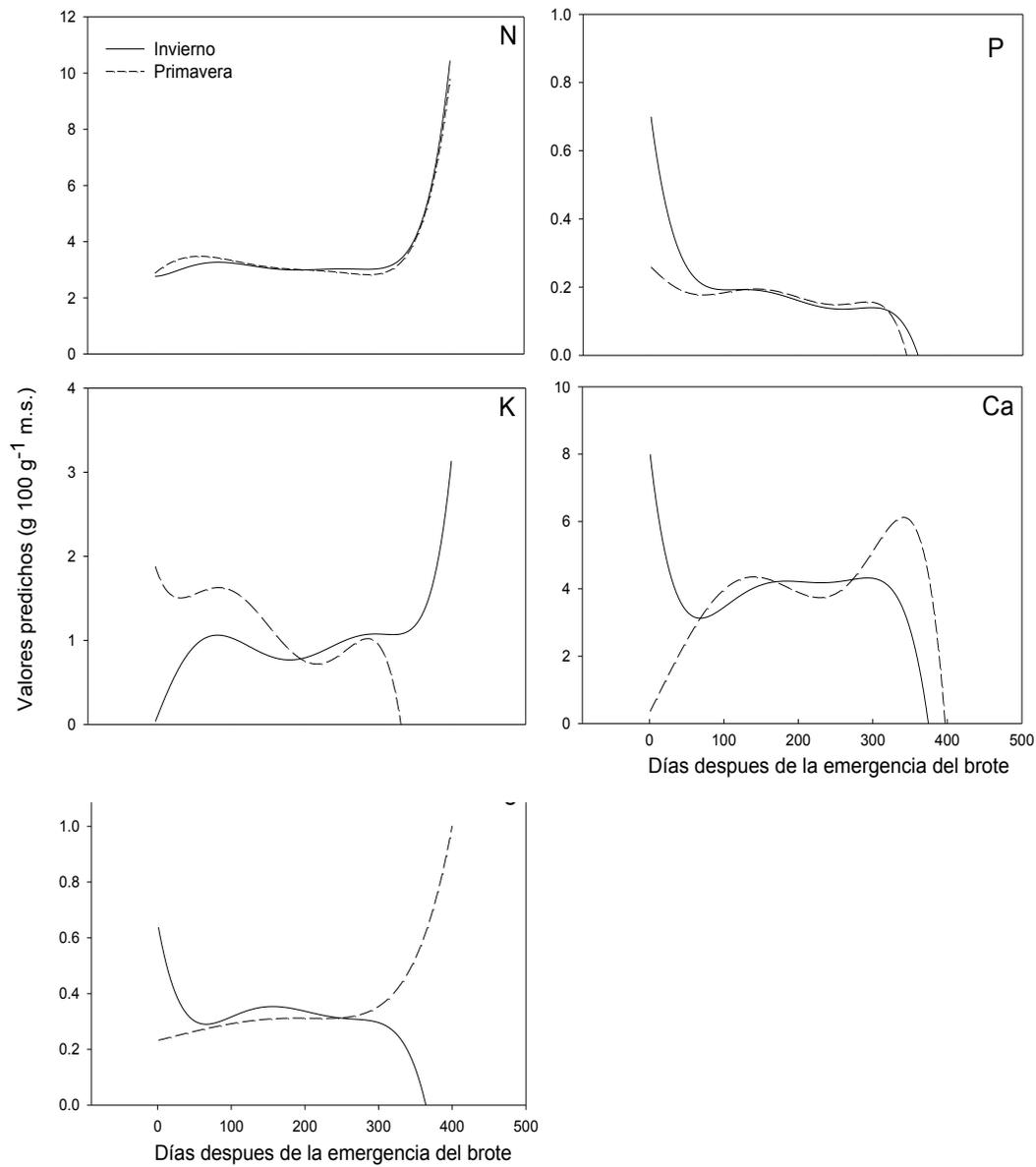


Figura 1. Evolución de la concentración de macronutrientes en hojas de limón Persa del huerto Paso Largo, de los flujos vegetativos de invierno de 2015 y primavera de 2016. Fechas de inicio de brotación: invierno = 3 Octubre, 2015; primavera = 16 Febrero, 2016.

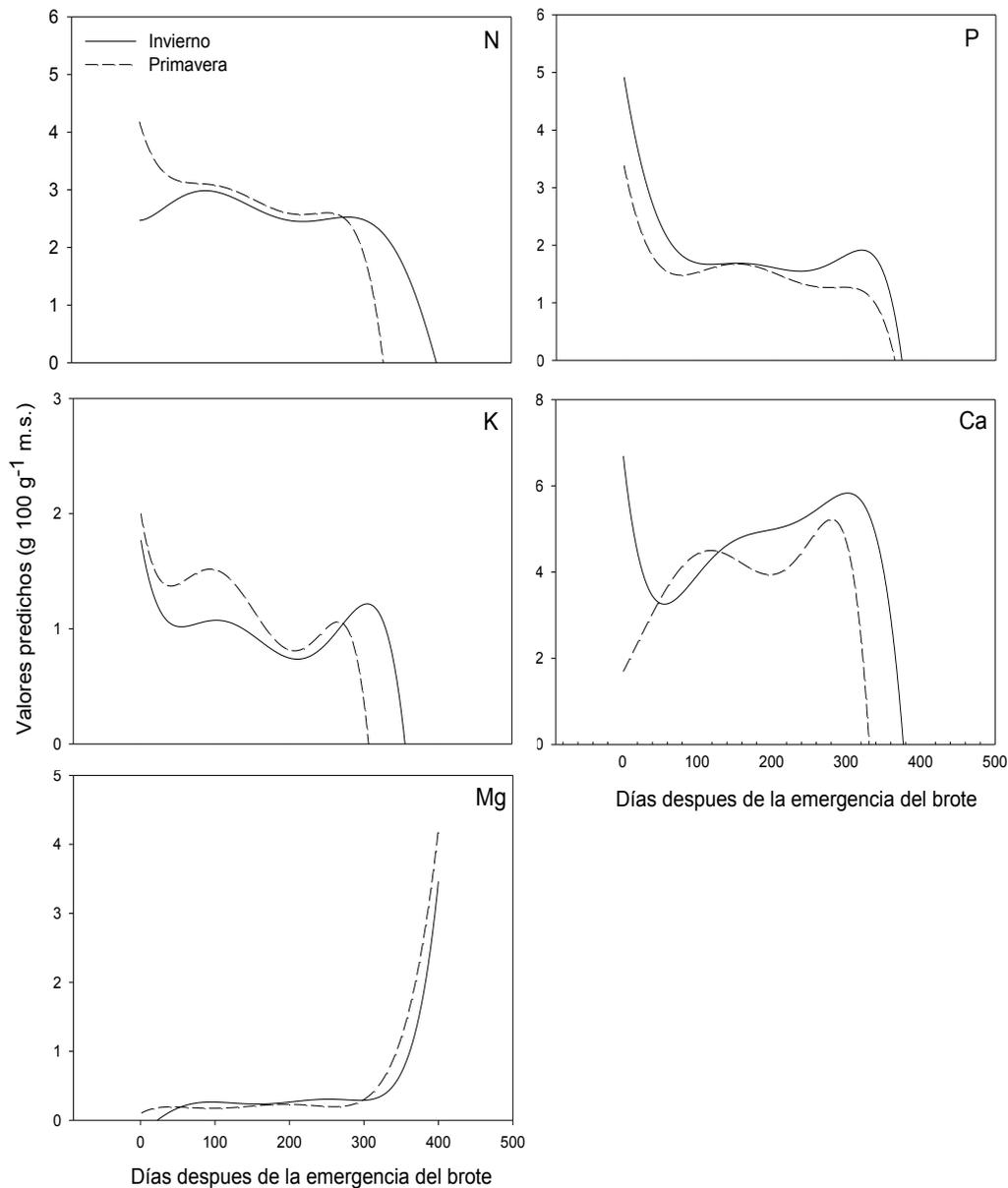


Figura 2. Evolución de la concentración de macronutrientos en hojas de limón Persa del huerto Grupo Exportador, de los flujos vegetativos de invierno 2015 y primavera 2016. Fechas de inicio de brotación: invierno = 5 Octubre, 2015; primavera = 18 Febrero, 2016.

En ambos huertos y flujos, aproximadamente una semana después de la brotación vegetativa, se presentó la floración. Esto dio como resultado que en el huerto Grupo Exportador la evolución del N, P y Ca disminuyera. En el huerto Paso Largo también se presentó disminución del P y K, pero el N tuvo un comportamiento diferente, el cual se atribuyó a las aplicaciones foliares de N realizadas en el huerto.

Durante los meses en los que se realizaron los muestros foliares, también se realizó la aplicación de fertilizantes en ambos huertos. Esto pudo favorecer que las hojas muestreadas

de ambos flujos, tuvieran contenidos de nutrimentos semejantes. Por lo anterior, al calcular los modelos matemáticos para predecir la evolución nutrimental, también se reflejaron comportamientos semejantes en ambos flujos.

Las etapas fenológicas que se presentan casi de manera continua, a lo largo del año y dentro los períodos de producción del limón Persa, afectan la concentración nutrimental foliar. Es importante continuar la investigación sobre el comportamiento de la evolución nutrimental, incluyendo variables de manejo agronómico de los huertos, así como variables físicas, químicas e hídricas de los suelos de los huertos, que muestren de manera más completa la relación entre estas variables

Conclusiones

1. La evolución de la concentración foliar de N, P, K, Ca y Mg estuvo afectada por factores relacionados al manejo de la nutrición y al flujo vegetativo del árbol.
2. En los dos huertos la evolución del P y Ca fue semejante entre los flujos de invierno y primavera.

Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento del INIFAP, así como la cooperación de los propietarios de los huertos Ing. Rafael Barradas Muñoz e Ing. Enrique Saavedra Molina, para la realización de las actividades que dieron origen a la información presentada.

Literatura citada

Agustí M., C. Mesejo, C. Reig and A. Martínez-Fuentes. 2014. Citrus Production p.159-198. In: Dixon G. R. and D. E. Aldous (eds.). Horticulture: Plants for People and Places. Vol. 1. Springer, New York, USA.

Alcántar-González, G. y L. Trejo-Téllez. 2009. Nutrición de cultivos. Mundi Prensa. 1ª. Ed. México, D.F. 454 p.

Baker A. S. and R. L. Smith. 1969. Extracting solution for potentiometric determination of nitrate in plant tissue. Journal of Agricultural and Food Chemistry 17(6):1284-1287.

Berk, Z. 2016. Biological aspects of citriculture. p. 55-64. In: Berk, Z. Citrus Fruit Processing. Academic Press San Diego. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031339000035> [consultado el 8 de octubre de 2017].

Carlson, R. M., R. I. Cabrera, J. L. Paul, J. Quick and R. Y. Evans. 1990. Rapid direct measurement of ammonium and nitrate in soil and plant tissue extracts. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 21(13-16):1519-1529.

Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra y R. X. Loredó-Salazar. 2012. Productividad del limón Persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):291-305.

Curti-Díaz, S. A., 2013. Manejo integrado del cultivo de limón Persa. p. 76-91. In: Memoria del XV Simposio Internacional Citrícola. 1^{er} Simposio internacional sobre HLB en cítricos ácidos. Tecomán, Col., México.

Draper, N. R. and H. Smith. 1981. *Applied regression analysis*. John Wiley & Sons, Inc. Second ed. New York, USA. 709 p.

Huang, C. L. and E. E. Schulte. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 16(9): 945-958.

Malo, S.E., C. W. Campbell, J. H. Crane y C. F. Balerdi. 2015. El limón Persa en Florida. Doc. HS1029. Publicaciones del Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IFAS). Fecha de primera publicación: octubre 1991. <http://edis.ifas.ufl.edu>. [consultado en octubre de 2015].

Minitab INC. 1996. *Minitab for Windows, Release 11.2-U.S.A.*

Morgan, K. T., D.M. Kadyampakeni, M. Zekri, A.W. Schumann, T. Vashisth and T.A. Obreza. 2017. *Florida Citrus Production Guide: Nutrition Management for Citrus Trees*. <http://edis.ifas.ufl.edu>. [consultado el 3 de mayo de 2016].

SAS Institute. 2005. *SAS/STAT user's guide. Version 8*. SAS Institute. Cary, NC., USA.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. *Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo*. www.siap.gob.mx [consultado el 3 de mayo de 2016].

NUTRIMENTOS EXTRAÍDOS EN HUERTOS DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ

Arantxa Sánchez-Rodríguez^{621*}, Carlos Hernández-Guerra⁶²¹ y Ariana Mellado-Vazquez⁶²²

Resumen

El limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) es uno de los cultivos más importantes en el estado de Veracruz, y el principal de Martínez de la Torre, Veracruz. Uno de los problemas que tiene el limón Persa son los bajos rendimientos causados por una inadecuada fertilización. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo determinar la cantidad de nutrientes extraídos por la cosecha de limón Persa en los flujos de floración de verano e invierno, en huertos de temporal. Se seleccionaron dos huertos (Huerta 1 y Huerta 2), en los cuales se cosecharon los frutos y se analizó la concentración y remoción de nutrientes por flujos de floración. Para un manejo adecuado de nutrición de este cultivo se requiere al menos un análisis de fertilidad del suelo y uno nutrimental foliar, la cantidad de nutrientes removidos por la cosecha fue diferente entre ambos cultivos; en la huerta 1 las cosechas de invierno (enero-abril) removieron 52% de los nutrientes totales en el año, mientras que en la huerta 2 durante ese mismo periodo las cosechas removieron solo 24% de nutrientes en el año.

Palabras clave: Remoción de nutrientes, flujos de floración, cosecha

Introducción

En México la superficie sembrada de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) es de 90,138.69 ha, mientras que el estado de Veracruz cuenta con 45,384.26 ha, con rendimientos promedio de 16.36 t/ha⁻¹ (SIAP, 2016).

Uno de los principales factores que causan un bajo rendimiento en los cultivos es la deficiente fertilización y para el caso del limón Persa no es la excepción. La fertilización se recomienda según la edad de la planta y la época del año, de acuerdo a la fisiología del

⁶²¹ Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco. arantxa9364@outlook.com

⁶²² Instituto Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla.

cultivo, tomando en cuenta las características de los elementos principales, secundarios y los micronutrientes (Vegas y Narrea, 2011).

La baja productividad que tienen las huertas de productores de limón Persa, es debido al manejo de la nutrición, y se refleja en la economía de estos. En el estado de Veracruz se fertiliza con dos objetivos: el primero incrementar el volumen de producción y calidad de la fruta en la producción invernal y el segundo producir todo el año.

Para poder tener una dosis óptima de fertilización del limón Persa se necesitan parámetros nutrimentales que permitan al productor tener una mejor producción en épocas donde el producto tiene un valor económico elevado (invierno), dando una mejor oportunidad económica al productor. Por lo que el objetivo de este trabajo es determinar la cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha en los flujos de floración de invierno y verano 2016-2017, en dos huertos de temporal en Martínez de la Torre, Ver., y determinar que elemento observa mayor demandante por la planta.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó de septiembre 2015 a agosto de 2016, en dos huertos de limón Persa en edad productiva. La huerta 1 se encuentra ubicada en el ejido Paso Largo, Martínez de la Torre, Ver., esta plantación fue establecida en 2008 con un marco de siembra de 4 x 6 m (417 árboles·Ha⁻¹), el suelo es tipo sabana de textura arcillosa, de reacción fuertemente acida (pH 4.5), con fertilidad baja en P y S, media en N, Ca y Zn, alta en K, Mg, Fe y Mn (Curtí-Díaz et al., 2012). La huerta 2 está ubicada en el ejido Plan de Limón, Martínez de la Torre, Ver., se estableció en 2007 con un marco de plantación de 6 x 8 m (208 árboles·ha⁻¹).

Una vez elegidas las huertas se desarrollaron las siguientes actividades a) se seleccionaron diez árboles sin deficiencias nutrimentales visibles y sin daño por plagas y enfermedades, b) se marcaron los brotes vegetativos y reproductivos por flujos de verano e invierno, con cintas de colores para distinguirlos, c) se cosecharon los frutos de cada árbol seleccionado en ambas huertas, d) se tomó el peso fresco de cada fruto y separaron sus componentes (cascara y pulpa) los cuales también se pesaron, e) se deshidrataron en un horno con aire forzado a 70°C hasta peso constante, f) se prepararon muestras compuestas por árbol de manera separada para cada componente del fruto, g) con la materia seca se determinaron las concentraciones de macro y micronutrientes (Carlson et. al., 1990; Baker y Smith, 1969; Huang y Schulte, 1985; Wear, 1965). En la variable producción, se registró el número y peso de frutos por árbol, en cada una de las cosechas realizadas durante el 2016. El peso se obtuvo con una báscula de plataforma marca Oken, con capacidad de 120 kg.

Diseño experimental y análisis de varianza

Una vez obtenidos los datos de la composición nutrimental se sometieron al control de calidad. La remoción total de nutrimentos por tonelada de fruto fresco se calculó mediante la siguiente fórmula: $Rt ((CNc \times PSc) + (CNp \times PSp)) / 100 \times Ft$.

Se usó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, y se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS para Windows V9, con el procedimiento PROC ANOVA. La comparación de medias se realizó con la prueba Tukey ($p= 0.05$).

Resultados y discusión

Concentración de nutrimentos

La concentración de nutrimentos fue diferente entre huertos; en el huerto 1 la cascara tuvo mayor concentración de Mn, y la pulpa tuvo mayor concentración de S y Zn; en el huerto 2 la cascara presento mayor concentración de K, Ca, Fe, Cu y B, y la pulpa tuvo mayor concentración en Fe y B.

Remoción nutrimental

En la remoción de nutrimentos por t de fruto se detectó mayor número de diferencias entre huertos, en comparación con la concentración de los mismos. Respecto a la cascara, en la huerta 1, esta removió más Mn, mientras que en la huerta 2 removió más K, Ca, Fe, Cu y B. Con relación a la pulpa la huerta 2, presento mayor remoción.

En el huerto 1 se encontraron diferencias entre la producción de cada flujo. Los frutos del flujo de verano, removieron más P, Ca, Cl, Fe y Cu. En el huerto 2, el flujo de invierno removió mayor cantidad de N, Ca, Zn y B (Cuadro 1).

Cuadro 1. Remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto y por la cosecha de limón Persa producido en dos huertos de temporal de Martínez de la Torre, Veracruz.

Huerto	Kg t ⁻¹ fruto fresco						g t ⁻¹ fruto fresco				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	Fruto completo										
Huerto1	2.00a	0.19b	0.96b	0.77b	0.10a	0.10 ^a	2.32b	0.60b	1.50a	0.84a	1.20b
Huerto2	2.12a	0.24a	1.52a	1.44a	0.12a	0.10a	8.61a	0.92a	0.62b	0.83a	1.84a
Pr>f	0.0637	0.0321	0.0075	0.032	0.081	0.5567	0.0004	0.002	0.043	0.945	<0.0001

La concentración y la remoción de nutrimentos fueron afectadas por diversos factores. Entre ellos se encuentran la densidad de población, la fertilización que se le dio a cada huerto,

fertilidad del suelo y la cantidad de frutos producidos por árbol, estos factores actúan sobre la concentración de nutrimentos en los frutos. Paramasivan et al. (2000) reportan para naranjo que el periodo de producción afecto la concentración de N, P, K, Ca y Mg en el fruto, siendo mayor de junio a agosto. Para limón Persa, Mellado-Vázquez et al. (2015) señalaron que el tipo de suelo y el manejo del agua influyen en la concentración de nutrimentos en los frutos. El manejo eficiente de la fertilidad del suelo exige instrumentos de diagnóstico capaces de evaluar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, así mismo, caracterizar las deficiencias y los excesos que perjudican el desarrollo de la planta, la productividad y la calidad de los frutos (De Mattos et al., 2005). Para el huerto 2, los valores superiores de remoción pudieron deberse a la menor competencia, al ser menor la densidad de árboles por ha⁻¹. Los fertilizantes que se usan para la nutrición de las plantas difieren en las cantidades aplicadas ya que estas requieren distintas cantidades dependiendo del tipo de planta, de suelo, manejo y ubicación (FAO e IFA, 2002).

Estudios anteriores realizados en la huerta 1, indican que la producción por árbol es superior a los 200 kg de fruta, con más de 2,300 frutos por árbol (Curti-Díaz et al., 2012), que superan a la mayoría de las huertas de Veracruz, donde bien podría incluirse a la huerta 2, en las cuales un buen rendimiento anda alrededor de 100 kg con 1,000 frutos por árbol. Sin embargo, esto puede variar según los factores climáticos, tipo de suelo, fertilización, manejo de la huerta, edad de la huerta, entre otros factores.

La Figura 1 muestra la producción lograda en la huerta 1, la cual corrobora lo dicho con anterioridad donde se menciona que dicha huerta tiene una producción superior a los promedios nacionales.



Figura 1. Rendimiento y distribución de la producción del fruto del limón Persa injertado en Swingle. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

Cabe mencionar que los arboles alcanzaron rendimientos promedio de 184 kg por árbol, obteniendo una producción promedio de 76.73 t por hectárea. Así mismo el comportamiento del limón Persa con relación a la distribución de fruta durante el año de evaluación muestra que la mayor producción de fruta se alcanzó en febrero con un rendimiento promedio de

52.99 kg por árbol, mientras que en mayo se obtuvo el menor rendimiento promedio por árbol el cual fue de 1.60 kg por árbol.

La Figura 2 muestra la producción en la huerta 2, en esta huerta se alcanzaron rendimientos promedio de 255 kg por árbol, obteniendo una producción promedio de 53.04 t por hectárea.

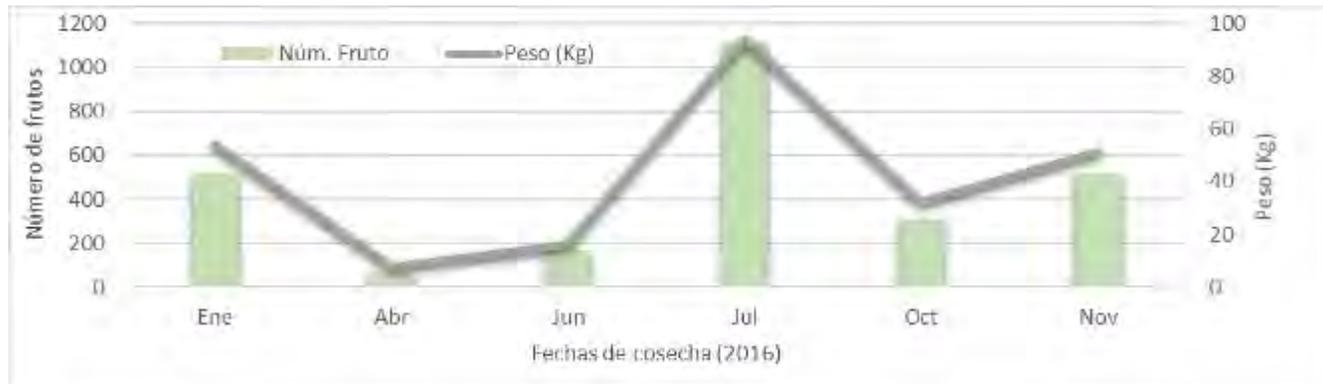


Figura 2. Rendimiento y distribución de la producción del fruto del limón Persa injertado en Volkameriana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

El comportamiento del limón Persa durante el año de evaluación para esta huerta, muestra que la mayor producción de fruta se obtuvo en julio con un rendimiento promedio de 93.76 kg por árbol, mientras que en abril se obtuvo la menor producción de fruto con un rendimiento promedio de 7.92 kg por árbol.

La distribución de la producción de fruta en las huertas de estudio fue diferente por lo que también pudo influir en la concentración y remoción de nutrientes del limón Persa. Con relación a la producción de la huerta 1 se puede mencionar que las cosechas llamadas regionalmente de invierno (enero-abril) removieron 52% de los nutrientes totales en el año, mientras que en la huerta 2 durante ese mismo periodo las cosechas removieron 24% de nutrientes en el año.

Los nutrientes minerales tienen un papel destacado sobre la producción, calidad interna y externa de la fruta, esta información se debe considerar en el establecimiento de programas de manejo nutricional de los cítricos considerando el destino de la fruta (De Mattos, et al., 2012). Etchevers (1987) señala que, para generar una dosis de fertilización adecuada, es necesario considerar la demanda nutrimental, la eficiencia del fertilizante y la cantidad de nutrimentos disponibles en el suelo.

Conclusiones

1. Para realizar un manejo adecuado de la nutrición del limón Persa en Martínez de la Torre, Veracruz, se deberá considerar al menos un análisis de fertilidad de suelo y un análisis nutrimental foliar, que deberán ser complementados con la determinación de la cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha.
2. La cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha fue diferente entre huertos. Las diferencias encontradas fueron en la remoción de P, K, Ca, Fe, Cu, Mn y B. En la remoción de N, Mg, S y Zn no se manifestaron diferencias entre huertos.
3. En la huerta 1 las cosechas llamadas regionalmente de invierno (enero-abril) removieron 52% de los nutrientes totales en el año, mientras que en la huerta 2 durante ese mismo periodo las cosechas removieron solo el 24% de nutrientes en el año.

Literatura citada

- Baker A. S. and R. L. Smith. 1969. Extracting solution for potentiometric determination of nitrate in plant tissue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 17(6):1284-1287.
- Carlson, R. M., R. I. Cabrera, J. L. Paul, J. Quick and R. Y. Evans. 1990. Rapid direct measurement of ammonium and nitrate in soil and plant tissue extracts. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 21(13-16):1519-1529.
- Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra y R. X. Loredó-Salazar. 2012. Productividad del limón Persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):291-305.
- Etchevers, J. D. 1987. Diagnostico visual. Folleto Técnico No. 4. SAGARPA. COLPOS. Montecillo. Texcoco, Estado de México 680 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) and IFA (Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes). 2002. Los fertilizantes y su uso. 4ª. Ed. Roma. 77 p.
- Huang, C. L. and E. E. Schulte. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 16(9):945-958.
- De Mattos, Jr. D., O. Bataglia and C. Quaggio, J. A. 2005. Citrus nutrición. Cítricos. Campinas. Instituto Agronómico 1:198-219.

Mellado-Vázquez, A., S. Salazar-García y S. A. Curti-Díaz. 2015. Remoción de nutrimentos por la cosecha: herramienta para el manejo de la nutrición del limón Persa en Nayarit. Folleto Técnico No. 30. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla.

Paramasivan, S., A. K. Alva, K. H. Hostler, G. W. Easterwood and J. S. Southwell. 2000. Fruit nutrient accumulation of orange varieties during fruit development. *Journal of Plant Nutrition* 23(3):313-327.

De Mattos Jr. D. J. A. Quaggio, and H. Cantarella. 2005. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. p. 483-507. In: Citros. Laranja Cordeiropolis (ed.), Río de Janeiro, Brasil.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx [consultado el 10 de octubre de 2017].

Vegas, U. y M. Narrea. 2011. Manejo Integrado del Cultivo de Limón. Universidad Nacional Agraria La Molina-Agrobanco.http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Limon/MANEJO_INTEGRADO_DEL_CULTIVO_DE_LIMON.pdf [consultado el 10 de octubre de 2017].

Wear, J. I. 1965. Boron. *Methods of soil analysis, Part 2*, p.1059-1063. In: C. A. Black (eds.). American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.

USO DE COMPOSTA ENRIQUECIDA CON MICRORGANISMOS BENÉFICOS EN EL ESTABLECIMIENTO DE *Citrus Volkameriana* Pasq

Felipe Roberto Flores-de la Rosa^{623,624} Jacel Adame García⁶²³ y Griselda Contreras Fuentes^{623*}

Resumen

El cultivo de limón Persa es una de las actividades económicas más importantes en el municipio de Martínez de la Torre, Ver. Sin embargo, se enfrenta a diversos problemas que conllevan a una gran cantidad de prácticas agrícolas. Una de las más relevantes es el uso del portainjerto limón Volkameriano (*C. volkameriano*). El portainjerto es de buena calidad, con buen rendimiento en campo, por lo que es importante establecer planes de manejo para un buen desarrollo fisiológico. Entre los mejores métodos para su establecimiento en vivero, destaca el uso de biofertilizantes con ventajas inocuas al ambiente. El propósito del presente trabajo fue determinar el efecto de la inoculación de la bacteria *A. brasilense*, y el hongo micorrízico *G. intraradices*, utilizando composta enriquecida en el porte durante el establecimiento de *C. volkameriana* en vivero. Los resultados muestran mayor crecimiento en altura (hasta 21%) y grosor de tallo (10.4%), cuando la composta se adiciona a la mezcla física donde se desarrolla la planta. Sin embargo, no existe una relación directa proporcional entre cantidad de inóculo y crecimiento vegetal, por tanto, el beneficio puede presentarse con inoculaciones bajas. Este es el primer reporte del uso de éstos microorganismos asociados para la fertilización de *C. volkameriana*.

Palabras Clave: Biofertilización, *A. brasilense*., *G. intradices*, Limón volkameriano.

Introducción

A nivel internacional, existe una alta demanda por los cítricos y su aceptación se asocia al sabor característico de los frutos, lo que los ha llevado a ser uno de los cultivos más extendidos en el mundo. Específicamente, en la región de Martínez de la Torre, Ver., se estableció el cultivo de lima Persa (*Citrus latifolia* T.) gracias a la intervención de una compañía multinacional de refrescos en la década de 1970 (Pat-Fernández et al., 2015); los

⁶²³ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

⁶²⁴ Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana. griscontre09@gmail.com

mismos autores señalan que la importancia económica de la lima Persa en el municipio, ha registrado rendimientos de hasta 15.3 toneladas por hectárea generando una relación costo beneficio de 1.29, y un ingreso aproximado de \$28,000 por hectárea.

Sin embargo, se ha señalado que la producción de éste cítrico en Veracruz presenta algunos problemas de gran importancia; entre ellos destaca el atraso tecnológico y de manejo del cultivo, respecto a grandes productores mundiales como Florida; también señalan una baja calidad del producto de exportación. Aunado a lo anterior, es necesario destacar el papel de los patrones utilizados para injertar la lima Persa, pues antes era comúnmente usado el naranjo agrio (*C. aurantium*), el cual es altamente susceptible al virus de la tristeza de los cítricos (VTC) (Curti et al., 2012). Como alternativa a este patrón, en la zona de Martínez de la Torre, ha sido ampliamente utilizado como patrón el “limón volkameriano” (*C. volkameriana* Pasq.) por su rendimiento en campo y calidad del fruto (Curti et al., 2012; Fernández-Lambert et al., 2015a; 2015b).

Curti et al. (2010) señalan que dicho patrón tiene un crecimiento rápido y uniforme en vivero, y aunque la calidad del fruto injertado en este patrón no supera al del naranjo agrio, su rendimiento en campo es mayor, ya que se adapta bien a suelos ligeros, bien drenados y puede soportar un amplio rango de pH. Por lo tanto, analizar el comportamiento de este patrón en el vivero, y mejorar la calidad de la planta es de gran importancia para los citricultores. Al respecto, Alarcón et al. (2003) mostraron que la utilización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) incrementó de forma significativa el desarrollo de la planta y mejoró el comportamiento fisiológico del patrón volkameriano. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del uso de compostas inoculadas con biofertilizantes, y el efecto que el HMA *Glomus intraradices* y la bacteria promotora de crecimiento vegetal (PGPB) *Azospirillum brasiliense*, tienen en el crecimiento de *C. volkameriana* en vivero certificado de Martínez de la Torre, Ver.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se utilizaron plántulas de limón Volkameriano (*C. volkameriana* Pasq.) de 55 días de edad, germinados y desarrollados en tubetes de polietileno de 400 mL, con una mezcla de peat moss y composta en una proporción 3:1. El trabajo se realizó en la unidad de viveros San Manuel de la empresa citrícola R.V., en Martínez de la Torre, Ver.

Incorporación de compostas inoculadas con biofertilizantes

Para la incorporación de los biofertilizantes, *G. intraradices* y *A. brasilense*, se utilizó una composta elaborada con cachaza de caña del ingenio la gloria de Úrsulo Galván, Ver., con un proceso de elaboración de 3 meses. Una vez que la composta está lista para ser comercializada, se incorporó el complejo HMA-PGPB a través de los productos: AZOFER® a base de la bacteria *A. brasilense* y MICORRIZAFER® que se basa en la actividad de los hongos micorrízicos arbusculares de la especie *G. intraradices*; ambos productos contienen 100 ufc por cada gramo y/o mililitro de producto.

En el vivero, el trasplante se realizó en bolsas de polietileno conteniendo una mezcla física 3:1 de suelo agrícola con alta cantidad de materia orgánica (“tierra negra”) y tepezil proveniente de bancos naturales de Perote, Ver., y se modificó la proporción utilizada por el vivero para incorporar la composta inoculada con *A. brasilense* y *G. intraradices*, usando cuatro proporciones de composta, suelo y tepezil (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos en proporciones de composta inoculada con *A. brasilense* y *G. intraradices*, suelo agrícola y tepezil, utilizadas para el transplante de *C. volkameriana*.

Nombre de tratamiento	% de composta	% de suelo	% tepezil
T1	10	60	30
T2	30	46.6	23.3
T3	50	33.3	16.6
T4	0	66.6	33.3

Diseño experimental y análisis estadísticos

Los tratamientos fueron establecidos en un diseño completamente aleatorio. La unidad experimental fue de 21 plantas (sin contemplar aquellas de efecto borde), y cuatro repeticiones. Se midieron variables de altura de planta y diámetro de tallo cada 15 días. Los datos fueron analizados mediante ANOVA de medidas repetidas. Se obtuvo la correlación entre el desarrollo final de cada variable y el porcentaje de composta. Los análisis fueron ejecutados en el software STATISTICA ver. 10.

Resultados y discusión

Se observó diferencia significativa ($p < 0.01$) en altura de la planta y diámetro de tallo entre las tres mezclas físicas con la composta inoculada con *G. intraradices* y *A. brasilense* con respecto a la mezcla sin composta (T4). Los resultados de los análisis estadísticos se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de análisis estadísticos para la altura de planta y el diámetro de tallo con relación a la aplicación de compostas inoculadas con *G. intraradices* y *A. brasilense*.

Tratamiento	Altura de planta	Diámetro de tallo
T1	55.72 ± 23.46 cm ^a	5.12 ± 1.51 cm ^a
T2	54.09 ± 22.58 cm ^a	5.32 ± 1.43 cm ^a
T3	55.19 ± 23.63 cm ^a	4.98 ± 1.51 cm ^a
T4	45.95 ± 18.68 cm ^b	4.64 ± 1.56 cm ^b

Letras diferentes representan diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% de confianza ($\alpha=0.05$).

Se determinó si existe una relación proporcional entre la cantidad de composta en la mezcla, lo que conlleva una mayor cantidad de inóculo de ambos organismos benéficos. Los resultados de la correlación estadística se resumen en la Figura 1.

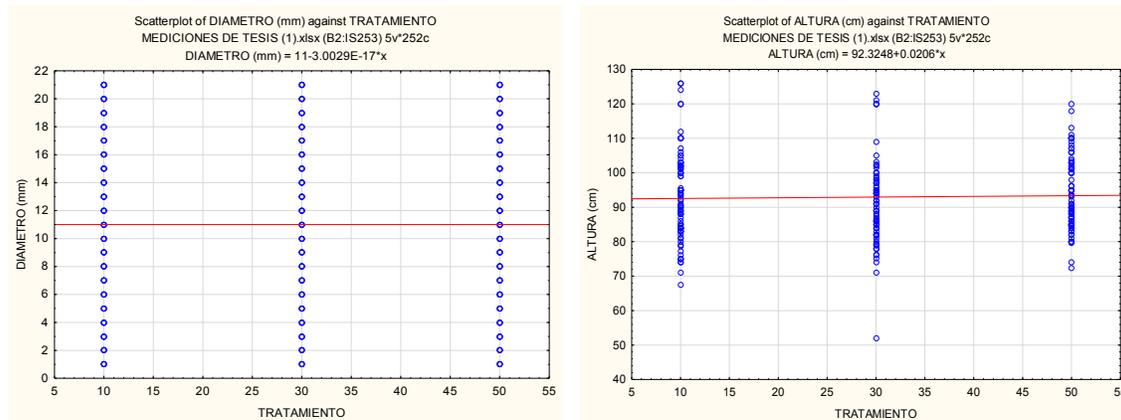


Figura 1. Análisis de correlación entre el porcentaje de composta adicionado en la mezcla física, con el diámetro de tallo (gráfica izquierda) y la altura de planta (gráfica derecha).

Las gráficas y los coeficientes de regresión R^2 muestran claramente que no existe una relación proporcional entre el inóculo y las variables fisiológicas evaluadas. Sino que el mayor crecimiento de las plantas es igual entre las plantas inoculadas, sin importar la cantidad de inóculo.

Estos resultados corresponden con los de Alarcón et al. (2003), quienes observaron un mejor desarrollo en plantas de *C. volkameriana* al inocular con HMA del género *Glomus*. Esto autores atribuyen el mejor crecimiento a un incremento en la capacidad de absorción de nutrientes por parte de la planta, especialmente fósforo; así como a una mejora en la tasa fotosintética de la misma. Otros autores han observado que la inoculación de *G. intraradices* incrementa significativamente el crecimiento de las plantas de cítricos, y lo correlacionan con la obtención de fósforo, sin embargo, un exceso de este elemento podría inhibir la relación entre el HMA y la planta (Nogueira y Nogueira, 2006).

Con respecto al uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB), Freitas y Aguilar (2004) muestran que cepas de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* incrementan la viabilidad de *C. volkameriana* para ser un buen patrón de injerto de *C. latifolia*.

En este estudio se empleó una fórmula comercial de la PGPB A. brasilense, la cual es ampliamente estudiada en el mundo ya que ha mostrado eficacia al incrementar el crecimiento en diversas plantas de interés agrícola (de Souza et al., 2015). Los mecanismos conocidos de esta bacteria para promover el crecimiento vegetal incluyen la producción y estimulación de la producción de diversas fitohormonas, fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, un incremento en las funciones de membrana en la raíz, alta proliferación en la raíz, entre algunas otras (Bashan y de Bashan, 2010).

La inoculación conjunta de PGPB y HMA en plántulas de *C. volkameriana* ha sido abordado por otros autores, como Chiquito-Contreras et al. (2012) quienes utilizaron diversas cepas de la bacteria *Pseudomonas putida* y un complejo de HMA de diversos géneros, entre ellos *Glomus* sp., y observaron que los resultados en variables fisiológicas fueron estadísticamente homogéneos con plantas fertilizadas de manera convencional.

Nuestros resultados concuerdan con lo observado por otros autores, pero es importante destacar que, hasta nuestro conocimiento, el presente trabajo es el primer reporte del uso de la PGPB A. brasilense en plántulas de *C. volkameriana*, así como su consorcio con HMA del género *Glomus*. Las perspectivas son la clarificación de los mecanismos fisiológicos que inducen un mayor crecimiento en *C. volkameriana*, así como conocer la riqueza nutricional y microbiológica de la composta utilizada.

Conclusiones

1. El uso del consorcio entre A. brasilense y G. intraradices incrementa el vigor de *C. volkameriana* durante su fase de establecimiento en vivero.
2. No existe una correlación entre la cantidad de inóculo y el crecimiento de *C. volkameriana*.

Literatura citada

Alarcón A., M. C. González-Chávez y R. Ferrera-Cerrato. 2003. Crecimiento y fisiología de *Citrus volkameriana* Tan and Pasq en simbiosis con Hongos Micorrízicos Arbusculares. *Terra Latinoamericana* 21(4):503-511.

Bashan Y. and de L. E. Bashan. 2010. How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth-A Critical Assessment. *Adv. Agron.* 108:77-136.

Chiquito-Contreras, R. G., F. Osorio-Acosta, E. García-Pérez, J. A. Villanueva-Jiménez, J. R. Zulueta-Rodríguez y D. G. Castillo-Rocha. 2012. Biofertilización con rizobacterias y un consorcio de hongos micorrizógenos arbusculares en portainjertos de cítricos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15(2):72-81.

Curti-Díaz, S. A, R. X. Loredó-Salazar, U. Díaz-Zorrilla, J. A. Sandoval-Rincón y J. Hernández-Hernández. 2010. Tecnología para producir limón Persa. Libro Técnico No. 8. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Martínez de la Torre, Ver. México.

Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra y R. X. Loredó-Salazar. 2012. Productividad del limón "Persa" injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):291-305.

De Souza, R., A. Ambrosini and L. M. P. Passaglia. 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular* 38(4):401- 419.

Fernández-Lambert, G., A. A. Aguilar-Laserre, G. Martínez-Castellanos, M. L. G. Ruvalcaba-Sánchez, J. G. Correa-Medina y J. L. Martínez-Flores. 2015a. Contexto y Caracterización de la Cadena de Suministro del Limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Veracruz-México. *Conciencia Tecnológica* 50:21-31.

Fernández-Lambert, G., A. A. Aguilar-Laserre, C. Azzaro-Pantel, M. A. Miranda-Ackerman, R. Purroy-Vázquez and M. R. Pérez-Salazar. 2015b. Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia tanaka*) in the seasonal orchard. *Computers and Electronics in Agriculture* 116(1):162-172.

Freitas, S. S. and C. I. Aguilar-Vildoso. 2004. Rhizobacteria and growth promotion of citrus plants. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 28(6):987-994.

Nogueira, M. A. and E. J. B. Nogueira-Cardoso. 2006. Plant growth and phosphorus uptake in mycorrhizal rangpur lime seedlings under different levels of phosphorus. *Pesq. Agropec. Bras.* 41(1):93-99.

Pat-Fernández, V., I. Caamal-Cauich, F. Jerónimo-Ascencio y R. Mendoza-Tornez. 2015. Costos y competitividad de la producción del limón Persa en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, p. 295-308. In: Pérez, F., E. Figueroa y L. Godínez (eds.). *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T-I*. © ECORFAN. Texcoco de Mora, México.



FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) EN BUENAVISTA, MICHOACÁN

Braulio Alberto Lemus Soriano^{625*}, Saúl Pardo Melgarejo⁶²⁶, Jorge Mario Naranjo Lázaro⁶²⁷, Eulalio Venegas González⁶²⁸ y Kevin Javier Núñez Hernández⁶²⁵

Resumen

México es el principal productor de limón en el mundo; sin embargo, este cultivo es afectado severamente por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), el cual es vector de la enfermedad conocida como huanglongbing (HLB) que puede disminuir considerablemente la producción y en pocos años matar el árbol. El conocimiento de la dinámica poblacional del insecto servirá para conocer las épocas de mayor incidencia poblacional y ello ayudará a planificar las estrategias de manejo. Por lo anterior, el presente trabajo se estableció con el objetivo de conocer la fluctuación poblacional de *D. citri* y su relación con la temperatura, precipitación y número de brotes vegetativos en un huerto de limón mexicano en la localidad de Felipe Carrillo Puerto del municipio de Buenavista Tomatlán, Michoacán. Para ello se realizaron monitoreos del psílido (en sus etapas biológicas de huevo, ninfa y adulto) durante los meses de enero a diciembre de 2016 y se obtuvieron los datos meteorológicos de temperatura y precipitación de este mismo periodo. La plaga se presentó durante todo el año; sin embargo, el número de brotes vegetativos y la temperatura son los factores principales que promueven el aumento y/o disminución de *D. citri* en todos sus estados biológicos.

Palabras clave: Psílido asiático, estados biológicos, brotación vegetativa, clima

Introducción

México es el principal país productor de limón de dos variedades: el persa (*Citrus latifolia* Tan.) y el mexicano (*Citrus aurantifolia*). Estas dos variedades se comercializan en mercados

⁶²⁵ Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

⁶²⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de Apatzingán.

⁶²⁷ Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, SENASICA-DGSV.

⁶²⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Uruapan.

como Japón, Francia e Inglaterra; Estados Unidos consume el 60% del limón producido en territorio mexicano (Forbes, 2014).

La producción de limón en nuestro país cuenta con casi 170 mil hectáreas, ya que la superficie dedicada a este cultivo ha crecido 23% en los últimos diez años. Cuatro Estados concentran el 77% del volumen de producción en el país y son: Veracruz, Michoacán, Colima y Oaxaca. Si bien los cítricos se encuentran amenazados por la enfermedad del Huanglongbing o dragón amarillo, la producción de limón a nivel nacional se mantiene aún estable (FND, 2014).

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) es una de las plagas más importantes de los cítricos en los trópicos del viejo y nuevo mundo causando daños directos e indirectos (Viraktamath y Bhumannavar, 2002). Ha sido implicada en la dispersión del “greening” o huanglongbing (HLB) de los cítricos, una enfermedad causada por una bacteria del género *Candidatus Liberibacter* (Alphaproteobacteria) que habita el floema. La enfermedad se caracteriza por causar áreas moteadas en las hojas, y frutas malformadas, mal coloradas y con sabor anormal. En áreas donde la enfermedad es endémica, los árboles de cítricos pueden vivir por solamente 5-8 años y nunca dar fruta con calidad comercial (Halbert y Manjunath, 2004).

Existen distintos medios que afectan la dinámica poblacional de insectos; entre los factores bióticos se encuentran el estado fenológico y nutricional de los hospederos, así como la depredación, el parasitismo y la acción de microorganismos patógenos; mientras en los abióticos los factores climáticos que se presentan durante el periodo de actividad del insecto desempeñan un papel fundamental en la regulación de sus poblaciones (Coscollá, 1981).

En el municipio de Buenavista se desconoce la dinámica poblacional de esta importante plaga, por lo que su conocimiento servirá como base para establecer estrategias de manejo que mitiguen los daños producidos por la presencia de este insecto, motivo por el cual se realizó este trabajo con el objetivo de conocer la fluctuación poblacional de *D. citri* en plantaciones de limón mexicano en la localidad de Felipe Carrillo Puerto, municipio de Buenavista, Michoacán, así como, la relación que existe entre la dinámica poblacional del insecto con la temperatura, precipitación y número de brotes vegetativos en el árbol.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante los meses de enero a diciembre de 2016, en un huerto de 10 ha de limón mexicano llamado la "Querencia 2" de 8 años que forma parte de la Ruta 01 del ARCO 04, ubicado en la tenencia de Felipe Carrillo Puerto, conocida también como La Ruana (Latitud Norte 19°09'38", Longitud Oeste 102°42'31" y altitud de 321 msnm en el

municipio de Buenavista Tomatlán, Michoacán. Las variables respuesta fueron el número de huevos, ninfas, adultos y la abundancia de brotes. Para estimar la población de ninfas y huevecillos previamente se seleccionaron seis árboles a una distancia aproximada de 200 m, de los cuales se colectaron cuatro brotes al azar de la parte media de la copa, uno de cada punto cardinal, de no más de 8 cm de longitud, los cuales se confinaron en bolsas de polietileno que se depositaron inmediatamente en una hielera donde permanecieron por 24 h, al término de las cuales se procedió al conteo de los estados inmaduros con ayuda de un microscopio estereoscópico. La fluctuación poblacional de adultos se determinó mediante seis trampas instaladas en seis árboles previamente seleccionados y separados por una distancia aproximada de 200 m. Cada trampa consistió de un rectángulo de plástico verde de 14.5 x 21.5 cm, con pegamento especial para insectos en ambas caras y una cuadrícula de 12.5 x 17.5 cm con cuadros de 2.5 x 2.5 cm (5 x 7 cuadros) marcados con tinta negra que permite su clara distinción. Las trampas fueron colocadas entre las ramas de los árboles en la parte media de la copa, a una altura de 1.7 m, mediante un hilo de 30 cm de longitud sujetado a un orificio en el margen superior. Los adultos capturados se contabilizaron cada 8 días al tiempo en que las trampas eran renovadas cada 15 días. La abundancia de brotes fue estimada mediante conteos quincenales en seis árboles previamente seleccionados y separados por una distancia aproximada de 200 m en cada muestreo. Para esto se utilizó un marco de madera de 100 x 100 cm que fue colocado sobre la parte media de la copa, de modo que se contabilizó el total de brotes existentes dentro del cuadrante. Los datos de temperatura y precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicada en el Campo Experimental Valle de Apatzingán, Michoacán. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de correlación de Pearson y de regresión lineal para determinar la posible relación entre la fluctuación de los tres estados biológicos de *D. citri* (huevo, ninfa y adulto) con la fluctuación de la brotación, temperatura media y/o precipitación. Para el análisis se utilizó el Proc GLM del programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2010).

Resultados y discusión

El psílido se presentó durante todo el periodo de estudio (Figura 1). La fluctuación de poblaciones de huevos, ninfas y adultos fue irregular durante todo el año, con baja densidad en los meses de agosto a abril, a partir de mayo y hasta julio las poblaciones aumentaron observándose entre 66-74 adultos, 68 a 78 ninfas y 70 a 80 huevecillos.

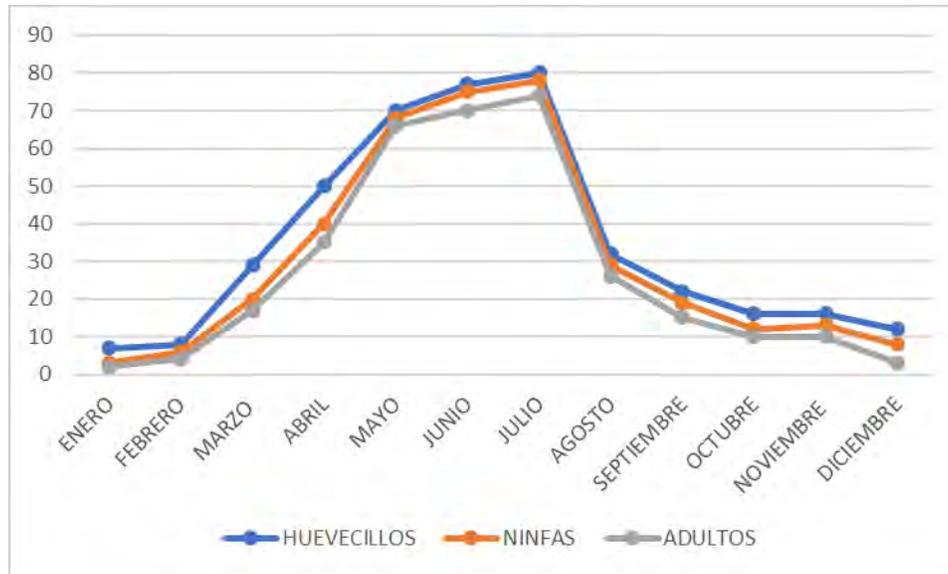


Figura 1. Fluctuación poblacional de *D. citri*.

En el análisis de correlación lineal de Pearson, los factores que obtuvieron correlación significativa con la abundancia de huevos, ninfas y adultos de *D. citri*, fueron la brotación, seguido de la temperatura (Cuadro 1). La mayor correlación entre el número de brotes y la presencia de huevos, ninfas y adultos coincide con Tsai et al. (2002), Halbert y Manjunath (2004), Fernández y Miranda (2005), Hall et al. (2008), Quireshi et al. (2009) y Ortega-Arenas et al. (2013), quienes mencionan que los brotes vegetativos favorecen la abundancia poblacional del psílido asiático, ya que estos son esenciales para el desarrollo de estados inmaduros, razón por la cual las hembras solo ovipositan en estos.

Cuadro 1. Análisis de correlación de Pearson entre fluctuación poblacional de *D. citri* y la fluctuación de brotes vegetativos, temperatura media y precipitación.

D. citri	Brotes vegetativos		Temperatura		Precipitación	
	r	p	r	p	r	p
Huevo	0.672	0.016*	0.631	0.027*	0.089	0.782
Ninfa	0.697	0.011*	0.598	0.039*	0.117	0.715
Adulto	0.691	0.012*	0.595	0.040*	0.108	0.736

r = Coeficiente de correlación de Pearson; p = Probabilidad para significancia de la correlación.

*Correlación significativa

De acuerdo con el análisis de regresión lineal múltiple se seleccionaron dos variables independientes (temperatura y número de brotes) como significativas, por lo que se realizó un análisis de regresión lineal para conocer la relación de estas dos variables con la fluctuación de las poblaciones de huevecillos, ninfas y adultos del psílido (Cuadro 2).

Cuadro 2. Síntesis del análisis de varianza de regresión entre poblaciones de huevos, ninfas y adultos con el número de brotes y temperatura media.

Factores	Huevos		Ninfas		Adultos	
	F	p	F	p	F	p
Temperatura	19.00	0.0018**	16.47	0.0028**	15.44	0.0035**
Brotos	21.73	0.0012**	22.87	0.0010**	21.24	0.0013**

** Relación lineal altamente significativa.

Al relacionar la temperatura y el número de brotes vegetativos con el número de huevecillos, se obtuvo una estimación del parámetro de regresión de 7.1 para temperatura y 0.21 para el número de brotes, ambos altamente significativos; estos parámetros indican que para un número de brotes dado, por cada grado de temperatura que se incremente en el ambiente, el número de huevecillos aumentará en 7.1 en promedio; mientras que para una temperatura dada, por cada brote vegetativo emitido por el árbol se incrementará en 0.21 el número de huevecillos.

Con relación al número de ninfas, se estimó un parámetro de regresión igual a 6.8 para temperatura y 0.22 para el número de brotes, ambos con alta significancia; mostrando que para un número de brotes dado, por cada grado de temperatura que se incremente, aumentará en 6.8 el número de ninfas y para una temperatura dada, por cada brote emitido se incrementa el número de ninfas en 0.22.

En cuanto al número de adultos, el coeficiente de regresión para temperatura fue igual a 6.7 y para número de brotes igual a 0.21; lo que significa que, para un número de brotación dado, por cada grado de temperatura que se incremente, estos aumentan 6.7 adultos y para una temperatura constante, por cada brote vegetativo emitido habrá un aumento de 0.21 adultos del psílido.

Los resultados obtenidos, muestran cuantitativamente las relaciones que guardan los factores climáticos y fenológicos sobre la fluctuación poblacional del psílido asiático de los cítricos en el municipio de Buenavista, Michoacán, coincidiendo con lo reportado por García et al. (2013) y Ortega et al. (2013), quienes determinaron que la brotación y la temperatura son factores clave para el aumento de poblaciones de la plaga.

Sánchez y Bautista (2008) reportan niveles altos de poblaciones de *D. citri* en todos sus estados biológicos a partir del mes de mayo y hasta julio en limón persa, lo cual ocurrió en esta investigación. Por otra parte, se ha indicado que en varias localidades de la Florida, hallaron las densidades más altas en mayo y también encontraron poblaciones todo el año, aunque no identificaron un patrón consistente en la fluctuación poblacional.

Esto tiene implicaciones importantes, ya que los estudios poblacionales de insectos forman parte del manejo integrado de plagas (MIP), permitiendo conocer las épocas más adecuadas para implementar las estrategias de control y en el caso del municipio de Buenavista,

Michoacán se podrán tomar mejores decisiones en cuanto al momento oportuno de las aplicaciones de insecticidas que es la principal estrategia de control del psílido asiático.

Conclusiones

1. *D. citri* se presentó durante todo el año en la zona de estudio, teniendo sus niveles más altos de población durante los meses de mayo a julio, siendo coincidente con la abundancia de brotes vegetativos.
2. La abundancia de brotación vegetativa, promueve la oviposición y presencia de ninfas y adultos de *D. citri*.
3. La brotación vegetativa y la temperatura son factores que influyen en el aumento y/o disminución poblacional del psílido asiático en sus estados biológicos (huevo, ninfa y adulto).

Literatura citada

Coscollá, R. R. 1981. Algunas consideraciones sobre la dinámica poblacional de *Lobesia botrana* Den. En las comarcas vitícolas valencianas. Bol. Serv. Plagas, 7:160-184.

Fernández, M. y I. Miranda. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte II: conducta preferencial con relación a la fenología del cultivo. Rev. Protección Veg. 20(1):122-124.

FND. 2014. Panorama del limón. <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Lim%C3%B3n.pdf> [consultado el 16 de mayo de 2017].

Forbes. 2014. Limón, el agrario desafío. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/limon-el-agrario-desafio/#gs.fHqJv98> [consultado el 16 de mayo de 2017].

García, G. D., S. Sánchez S., J. Romero N. y J. Pérez F. 2013. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón persa (*Citrus latifolia*), en Huimanguillo, Tabasco, México. Revista Colombiana de Entomología 39(2):201-204.

Halbert, S. E. and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Fla. Entomol. 87(3):330-353.

- Hall, G. D., G. M. Hentz and C. R. Adair Jr. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environmental Entomology* 37(4):914-924.
- Ortega, A. L. D., A. Villegas M., A. J. Ramírez R., y E. E. Mendoza G. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazones, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 29(2):317-333.
- Quireshi, J. A., M. E. Rogers, D. G. Hall and P. A. Stansly. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 102(1):247-256.
- Sánchez, B. M. y N. Bautista M. 2008. Fluctuación poblacional del psílido de los cítricos en Cuitláhuac, Veracruz. *Entomología Mexicana* 7:630-633.
- SAS Institute. 2010. SAS/STAT user's guide. Versión 9.1. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Tsai, J. H., J. J. Wang and H. Y. Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. *Florida Entomologist* 85(3):446-451.
- Viraktamath, C. A. and B. X. Bhumannavar. 2002. Biology, ecology and management of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Pest management in Horticultural Ecosystems* 7:1-27.

EXTRACTOS ETANÓLICOS Y ACUOSOS PARA EL CONTROL DE NINFAS DE *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

Emigdio de La Cruz de La Cruz⁶²⁹ y María del Rosario del Ángel Cruz⁶²⁹

Resumen

El proyecto se realizó en el área de agrobiotecnología de la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, en el municipio de Huejutla, Hidalgo, con el propósito de evaluar extractos de plantas de piñón (*Jatropha curcas*), pimienta (*Pimenta dioica* L), nescafé (*Mucuna pruriens*) y solimán (*Croton soliman*) en el control del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Los extractos se maceraron al 1% en etanol (96%) y agua destilada. La variable evaluada fue el efecto insecticida (EI) de cada tratamiento. Las pruebas fueron conducidas en plantas de naranjo agrio (*Citrus aurantium*) de 10 meses de edad, infestadas con ninfas de primero a tercer instar de *D. citri*, utilizando un diseño experimental completamente al azar. Se realizó un conteo inicial de ninfas vivas y posteriormente una aplicación foliar de cada tratamiento, evaluando a las 24, 48 y 72 h, respectivamente. Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS[®] System: análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$). Los mejores tratamientos fueron *Jatropha curcas* con 77.79% de mortalidad y *Mucuna pruriens* con 53.79%. El uso de *Jatropha curcas* y *Mucuna pruriens* pueden ser una alternativa más para el manejo de esta plaga.

Palabras clave: *Citrus aurantium*, *Jatropha curcas*, *Mucuna pruriens*, extracto

Introducción

El psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es considerado una plaga importante de los cítricos al ser transmisor de la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., responsable de la enfermedad denominada 'Huanglongbing' (HLB), la más seria y destructiva de los cítricos (Bové, 2006). En México, el PAC fue detectado desde el año 2002 en los estados de Campeche y Quintana Roo, y la enfermedad en el 2009; el estatus fitosanitario del HLB al mes de abril de 2017, está presente en 24 estados de la

⁶²⁹ Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, HuejutlaDe Reyes, Hidalgo, México.

República Mexicana con detecciones en material vegetal. A esta fecha, se han identificado incursiones de la bacteria causante del HLB en 413 municipios, en 271 de los cuales se ha detectado en material vegetal y en 142 en PAC infectivo (SIRVEF, 2017).

En el manejo de poblaciones de *D. citri* se han utilizado el control químico, biológico y medidas preventivas (López et al., 2004). En el caso del control químico, se encuentran en el mercado algunos productos efectivos, pero altamente tóxicos contra organismos de control biológico, muy contaminantes al ambiente, y causantes en mediano y largo plazo, de la aparición de plagas secundarias y resistentes a los insecticidas utilizados (Llorens, 2007). Los diversos métodos que se han utilizado en el control del PAC no han resultado eficaces; en las regiones cítricas de México todavía existen altas poblaciones de *D. citri* y alta incidencia del HLB.

Otra alternativa para el control de *D. citri* es el uso de extractos de plantas con potencial insecticida. En la región Huasteca existen una gran variedad de plantas, varias de ellas reportadas con capacidad de controlar organismos perjudiciales, debido a los metabolitos secundarios que poseen, Por lo tanto, resulta pertinente evaluar su potencial insecticida para el desarrollo de bioinsecticidas, porque representan una alternativa en el control del PAC, son biodegradables y representan menor riesgo para el ambiente, la salud humana y animal.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue coleccionar plantas nativas de la Huasteca, extraer sus metabolitos secundarios y evaluar su efecto insecticida en ninfas de *Diaphorina citri*. Como objetivos específicos, se evaluó el efecto insecticida de extractos de plantas de piñón (*Jatropha curcas* L), pimienta (*Pimenta dioica* L), nescafé (*Mucuna pruriens* L) y solimán (*Croton soliman*), y comparar los extractos etanólicos y acuosos de plantas para determinar el más efectivo en el control de ninfas de *Diaphorina citri*.

Materiales y Métodos

El proyecto se realizó del 02 de enero al 24 de mayo de 2017 en el invernadero de la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, en el municipio de Huejutla de Reyes Hidalgo, situado al Norte del estado de Hidalgo, México (21°08' N y 98°25' O, a 140 msnm) en el cual se registra un clima cálido-húmedo con una temperatura media anual de 31.1 °C y una precipitación pluvial de 1,500 mm por año.

Las cuatro especies de plantas utilizadas se coleccionaron en zonas pertenecientes al estado de Hidalgo; para esto se investigó con anterioridad su hábitat y su potencial como insecticida. Las especies seleccionadas fueron solimán (*Croton soliman*), nescafé (*Mucuna pruriens* L.), piñón (*Jatropha curcas* L.) y pimienta (*Pimenta dioica* L.). Se eligieron las plantas que

poseían un estado vegetal sano, posteriormente se recolectaron las semillas y los frutos de las especies seleccionadas.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DCA), en el cual se evaluaron diez tratamientos, cada tratamiento se aplicó en una planta de naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) de 10 meses de edad, infestadas con ninfas de primero a tercer instar de *Diaphorina citri*.

Tratamientos:

T1 = Agua destilada (Testigo).

T2 = Semillas de nescafé (*Mucuna pruriens* L.) en alcohol

T3 = Semillas de nescafé (*Mucuna pruriens* L.) en agua

T4 = Semillas de piñón (*Jatropha curcas* L.) en alcohol

T5 = Semillas de piñón (*Jatropha curcas* L.) en agua

T6 = Semillas de pimienta (*Pimenta dioica* L.) en alcohol

T7 = Semillas de pimienta (*Pimenta dioica* L.) en agua

T8 = Frutos de solimán (*Croton soliman*) en alcohol

T9 = Alcohol al 1% (Testigo).

T10 = Frutos de solimán (*Croton soliman*) en agua.

Para extraer los metabolitos secundarios se utilizó el método de maceración, como solventes se usaron alcohol y agua (Shelles, 1992).

Los tratamientos macerados en alcohol y agua se prepararon de la siguiente manera:

Maceración en alcohol: Se pesaron 5 g de frutos o semillas, se eliminó la testa y se partieron; posteriormente se realizó un lavado con agua destilada, se metieron a la estufa por un lapso de 24 h a 60°C y se maceraron en alcohol durante cuatro días, recolectando el extracto cada 24 h, finalmente se concentró la muestra en el rotovapor a 75°C y se aforó a 500 mL, obteniendo una concentración del extracto al 1%.

Maceración en agua: Se pesaron 5 g de frutos o semillas, se eliminó la testa y se partieron; posteriormente se realizó un lavado con agua destilada, se metieron a la estufa por un lapso de 24 h a 60°C y se maceraron en agua durante cuatro días, recolectando el extracto cada 24 h, finalmente se aforó a 500 mL, concentrando el extracto al 1%.

Aplicación de tratamientos

Una vez seleccionadas las plantas de naranjo agrio, se podaron para inducir brotes nuevos; éstos se infestaron con adultos de *D. citri*. A los tres días inició la reproducción, se retiraron los adultos y se dejaron desarrollar las ninfas hasta alcanzar el 2º y 3º instar; se realizó un conteo inicial, posteriormente se aplicó cada uno de los tratamientos (40 mL de extracto por planta) con un atomizador y se realizaron conteos de ninfas vivas y muertas a las 24, 48 y 72 h, respectivamente. Se realizaron tres bioensayos para resultados más precisos,

seleccionando los tratamientos más efectivos en cada bioensayo, cada uno con un intervalo de 7 días.

Resultados y Discusión

Para la variable efecto insecticida (EI) observada a las 72 h, en el primer bioensayo (Figura 1) el menor número de ninfas vivas de *D. citri* presentes en las plantas fue registrado en los tratamientos T2, T4 y T8 de extractos macerados en alcohol, correspondientes a plantas de nescafé (*Mucuna pruriens*), piñón (*Jatropha curcas*) y solimán (*Croton soliman*), respectivamente; donde se redujo significativamente la población del psílido en comparación al testigo (T1). En contraste, se registró el mayor número de ninfas vivas en las plantas donde se aplicaron los tratamientos T3, T5, T6 y T7, en donde el extracto no produjo ningún efecto insecticida.

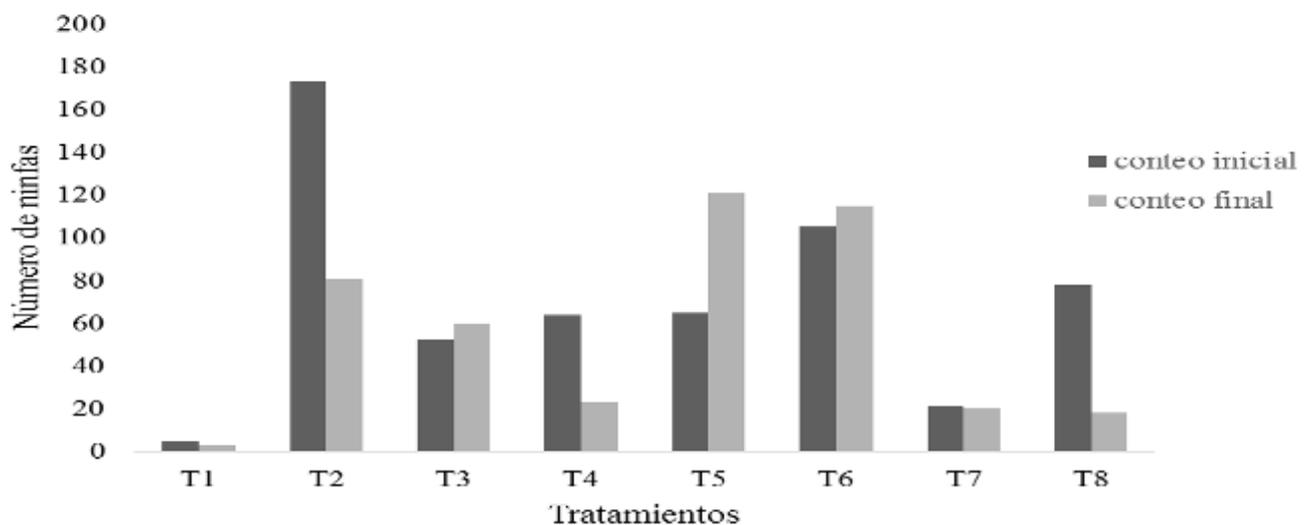


Figura 1. Resultados del primer bioensayo con los diferentes extractos vegetales.

Para la ejecución del segundo y tercer bioensayo, realizados a los 7 días posteriores al primero, se tomaron en cuenta los tratamientos que registraron mayor efecto insecticida (EI) en ninfas de *D. citri* y se agregaron dos tratamientos más, el T9 como testigo que correspondió a alcohol al 1% y el T10, que correspondió a la planta de solimán (*Croton soliman*) macerado en agua, que en trabajos previos mostró efecto insecticida.

En ambos bioensayos se mostró la misma tendencia, el menor número de ninfas vivas de *D. citri* presentes en las plantas fue registrado en los T4, T8 Y T10, el T4 (*Jatropha curcas*) mantuvo mayor índice de mortalidad, en contraste el T2 (*Mucuna pruriens*) registró un declive en el efecto insecticida, disminuyendo la mortalidad en ninfas *D. citri* (Figura 2).

Los porcentajes finales de mortalidad de los tratamientos que mostraron mayor efecto insecticida en ninfas de *D. citri* se muestran en la Figura 3.

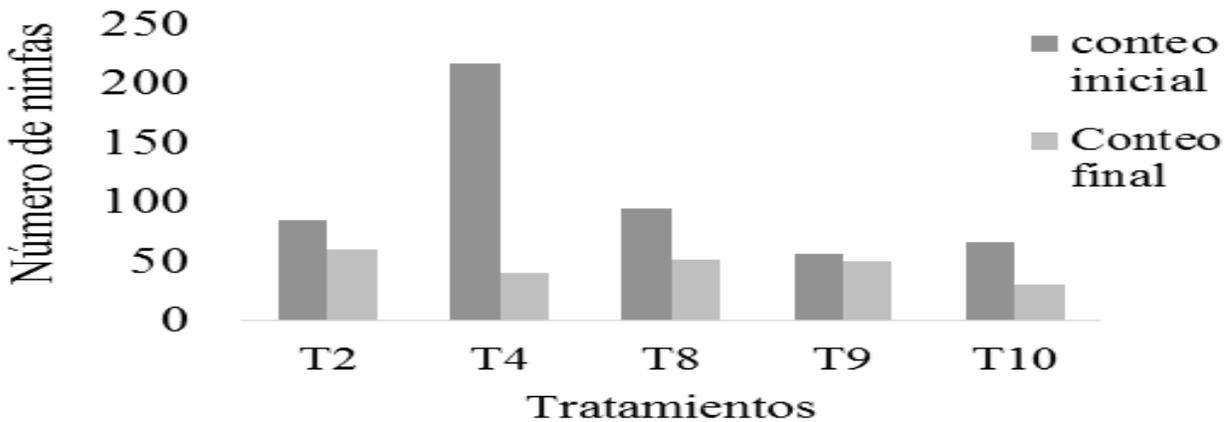
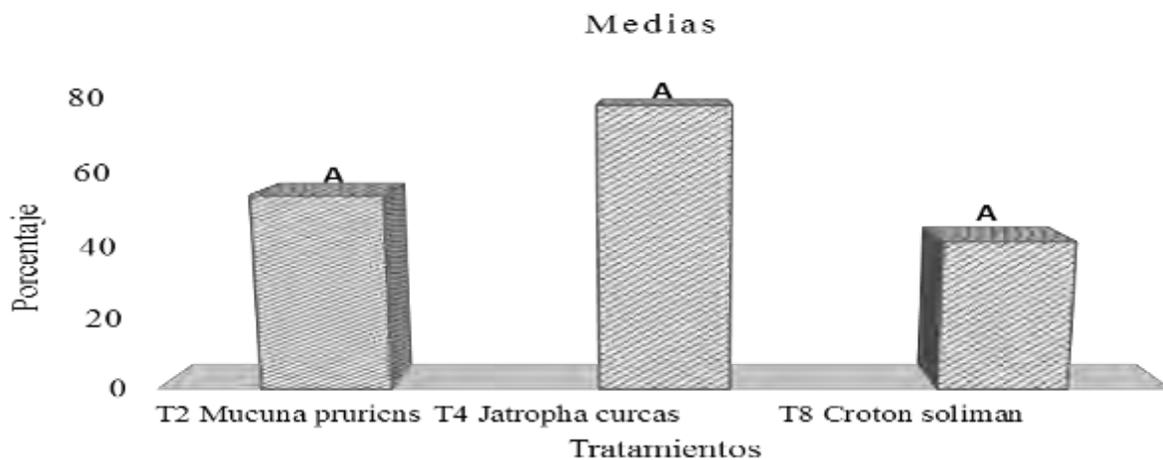


Figura 2. Tercer bioensayo sobre el EI de diferentes extractos vegetales.



Prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Figura 3. Porcentajes finales de mortalidad de ninfas de *Diaphorina citri* con diferentes extractos vegetales.

Aunque los resultados no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos sobresalientes, el T4 disminuyó considerablemente la población de ninfas del psílido, manteniendo altos índices de mortalidad en todos los bioensayos realizados, seguido del T2 que mostró gran eficiencia, pero sólo en el primer bioensayo. Resultados similares fueron registrados por Orozco et al. (2014), pero con aceite de semillas de *Jatropha* en ninfas de *D. citri*, quienes reportaron una eficacia del 76 y 88% de control a los tres días de la aplicación. Actualmente no existen ensayos con extractos de *Jatropha curcas* en el control de *D. citri*, sin embargo, se han realizado ensayos en otras plagas. La Red *Jatropha* del SINAREFI realizó evaluaciones de la toxicidad de tres accesiones provenientes de Michoacán, Veracruz y Chiapas sobre tres insectos plaga (*Spodoptera frugiperda*, *Copitarsia decolora* y

Scyphophorus acupunctatus). Las tres accesiones tuvieron una toxicidad mayor al 50% sobre Spodoptera frugiperda, identificando la accesión proveniente de Chiapas como la más toxica al ocasionar una mortalidad del 80%.

En este trabajo, los resultados más promisorios se obtuvieron con los extractos macerados en alcohol, acorde a lo señalado por Ibáñez y Zopolo (2008), quienes señalaron que los extractos obtenidos a base de solventes orgánicos (alcoholes, hidrocarburos) normalmente logran extraer un porcentaje mayor de las sustancias activas, a la vez que las estabilizan químicamente; sin embargo, la pimienta no tuvo respuesta con ningún extracto.

Conclusiones

1. De las plantas evaluadas, los extractos de plantas de piñón (*Jatropha curcas* L) y nescafé (*Mucuna pruriens* L) mostraron efecto insecticida contra ninfas de 2º y 3º instar de *D. citri*.
2. Los extractos etanólicos al 1% de piñón (*Jatropha curcas* L) y nescafé (*Mucuna pruriens* L.), ocasionaron la mayor mortalidad en ninfas de *D. citri* con 77.79% y 53.79% respectivamente.

Literatura citada

Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88(1):7-37.

Ibáñez, F y A. Zopolo. 2008. Manejo de plagas en agricultura orgánica: extractos de "paraíso" para control de insectos. *Boletín de Divulgación* N° 94. INIA. Montevideo, Uruguay

López, A. J. I., J. Loera G., A. Miranda M. A. Reyes M. y A. Rocha M. 2004. Manejo integrado de plagas de cítricos. Veracruz, Ver.

Llorens, J. M. 2007. Biología de los enemigos naturales de las plagas de cítricos y efectos de los productos fitosanitarios. Recuperado el 02 de marzo 2017 de <http://www.icea.iec.cat/pdf/Dossier6.pdf>.

Orozco, S., M. Robles G., M. Hernández F., L. M. Velázquez M., J. J. Bermúdez G., M. J. Manzanilla R. et. al. 2014. Uso de Aceites y Extractos Vegetales para el Control de *Diaphorina citri* Kuwayama en Lima Mexicana en el Trópico Seco de México. *México. Entomol.* 41:1051-1066.

Shelles, F. 1992. *Farmacia galénica*. Madrid, Selsa.

SIRVEF (Sistema Integral de Referencia para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria).2017. Vigilancia del huanglongbing. Recuperado de: <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/HLB.aspx>.

SINAREF. 2016. Evaluación de extractos crudos de los polvos activos de *Jatropha curcas* sobre insectos plaga. Recuperado de www.Sinarefi.org.mx.

RESPUESTA NUMÉRICA DE *Ceraeochrysa valida* (Banks) SOBRE DIFERENTES DENSIDADES DE NINFAS DE *Diaphorina citri* (Kuwayama)

Juan Antonio Villanueva Jiménez⁶³⁰, Rosaura José Pablo^{630*}, Mónica de la Cruz Vargas Mendoza⁶³⁰ y Arturo Huerta de la Peña⁶³¹

Resumen

La respuesta numérica es uno de los parámetros clave que determina la eficiencia de un agente biológico, como es el caso de *Ceraeochrysa valida*, en la regulación de poblaciones de *Diaphorina citri*. Se determinó el tiempo de desarrollo de la larva dos y tres de *C. valida*, así como la duración de la prepupa-pupa y su supervivencia (%) en cuatro densidades (100, 150, 200 y 250) de ninfas medianas de *D. citri* a una temperatura 25.3 ± 0.1 , humedad relativa 68.5 ± 1.1 y fotoperiodo 12:12 h luz: oscuridad en laboratorio. El tiempo medio de desarrollo de la larva dos y tres de *C. valida* se redujo significativamente conforme se incrementó la densidad de ninfas medianas de *D. citri*. La larva dos necesitó de un tiempo mayor en la densidad 100 (4.0 ± 0 días), comparado con las densidades 200 (3.4 ± 0.51 días) y 250 (3.1 ± 0.32 días). La larva tres requirió de un tiempo mayor para su desarrollo con la densidad 100 (5.8 ± 0.42 días), mientras que en la densidad 250 el tiempo fue menor (4.9 ± 0.88 días) para completar su desarrollo. La duración de la fase de prepupa-pupa no fue diferente en las cuatro densidades, al encontrar un rango mínimo de 13.90 ± 0.42 días con la densidad 200 y un rango mayor de 14.30 ± 0.48 días en la densidad 100. Hubo 100% de supervivencia larval del depredador en las cuatro densidades. En la fase de prepupa-pupa, el mayor porcentaje de supervivencia se obtuvo al alimentarse con las densidades de 150, 200 y 250 ninfas de *D. citri*.

Palabras clave: Cítrico, densidad de presa, depredador, tiempo de desarrollo

Introducción

En México, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) es vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, que causa la enfermedad de los cítricos conocida como

⁶³⁰Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. *javi@colpos.mx

⁶³¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

Huanglongbing (HLB), y que provoca la muerte productiva de la planta (Bové, 2012). La presencia de la enfermedad se ha detectado en los 24 estados del país donde se cultivan los cítricos (SENASICA, 2017). El gobierno mexicano ha impulsado el manejo del insecto vector del HLB a través de áreas regionales de control (ARCOs). Dicho esquema contempla el control químico del insecto vector, aunque se acompaña frecuentemente del control biológico y microbiológico. El control biológico se aplica en zonas urbanas, huertas abandonadas y áreas protegidas que se encuentran aledañas a las ARCOs mediante la liberación masiva del parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae), principal enemigo natural de *D. citri* (Ching et al., 2001; Arredondo et al., 2015). El control microbiológico se realiza mediante la aplicación de hongos entomopatógenos, entre ellos *Isaria javanica* (Friederichs & Bally) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch) (Robles, 2016).

En cuanto a depredadores que se alimentan del insecto vector, destacan diferentes especies de la familia Chrysopidae, como son *Chrysoperla comanche* (Banks), *Chr. rufilabris* (Burmeister), *Chr. carnea* (Stephens), *Chr. externa* (Hagen), *Ceraeochrysa claveri* (Navás), *C. cincta* (Schneider) y *C. valida* (Banks); Cortez et al. (2016); Palomares et al. (2016). Tanto Valencia et al. (2006) como Palomares et al. (2016) indican que *C. valida* es una de las especies más abundantes en el cultivo de cítricos y con mayor rango de distribución. Esta especie ha mostrado una alta capacidad en el consumo de ninfas de *D. citri*, por lo que puede utilizarse en el manejo integrado del insecto vector (Jose et al., 2017). La liberación de larvas en campo podría ejercer un control de la plaga hasta un 50% (Palomares et al., 2016). El control biológico por conservación mediante crisopas, puede ser una alternativa importante en la regulación de la densidad poblacional de *D. citri*, además de disminuir la aplicación de insecticidas. La utilización de esta estrategia consiste en promover la abundancia y diversidad de los agentes biológicos nativos como *Ceraeochrysa valida*, que pueden tener potencial en la supresión efectiva de las poblaciones del insecto vector, presentes en los agroecosistemas (Van Driesche et al., 2007; Paredes et al., 2013). Para ello, es necesario implementar prácticas agrícolas que mantengan y mejoren la reproducción, supervivencia y eficacia de los enemigos naturales (McCravy, 2008). La aplicación del control biológico por conservación requiere conocer la biología y comportamiento del depredador que se desea liberar y de la plaga. Uno de los parámetros clave que determina la eficiencia de un agente biológico en la regulación de la dinámica poblacional del sistema depredador-presa, es la respuesta numérica. Consiste en medir la densidad del depredador por unidad de área, en función del cambio de la densidad de sus presas (Badii et al., 2013).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta numérica de larvas dos y tres de *Ceraeochrysa valida* sobre cuatro densidades de ninfas tres y cuatro de *Diaphorina citri*.

Materiales y Métodos

Cría de *Diaphorina citri* en invernadero

Las ninfas medianas (N3-4) de *D. citri* se obtuvieron de plantas de lima Persa injertada sobre *Citrus volkameriana* de 2 años de edad establecidas en el invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Cada tercer día se podaron, fertilizaron (8 g de NPK 17-17-17 por planta) y regaron 9 plantas. Estas mismas se mantuvieron en jaulas entomológicas de 1.10 m de alto x 0.97 m de ancho x 0.97 m de profundidad, cubiertas con tela organza. Se colectaron hembras grávidas en plantas de limonaria *Murraya paniculata* (L.) con la ayuda de un aspirador entomológico manual. Las hembras se liberaron sobre los brotes de aproximadamente 2 cm de longitud, dentro de las jaulas entomológicas. Después de un tiempo de oviposición de 48 h, las hembras se retiraron con una pinza entomológica. Esto permitió obtener una cohorte de instares ninfales de edad conocida para el desarrollo del experimento.

Cría de *Ceraeochrysa valida* en laboratorio

Las larvas de *C. valida* se obtuvieron de la cría establecida en laboratorio de Protección Vegetal "Sección Entomología", del Colegio de Postgraduados, a partir de adultos sexualmente maduros, colectados en 2012 en una parcela de toronja var. Rio Red en la localidad de Tierra Colorada, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México.

Para la obtención de huevos de una misma edad se confinaron cinco parejas de machos y hembras en una caja rectangular de plástico con capacidad de 2 L, a la tapa de la propia caja se le hizo una abertura de forma rectangular; la caja se cubrió con tela pañalina y se selló con la tapa de la propia caja. En la parte central de la caja se colocó un bebedero de 10 mL, para su hidratación. Se ha indicado que a los adultos de *C. valida* se les ofreció como alimento una dieta artificial a base de levadura de cerveza (30 g), leche condensada (15 mL), azúcar (20 g), huevo (1 yema + 2 claras), germen de trigo (50 g), miel (30 g) y agua destilada (45 mL). A las 24 h, los huevos recién puestos por la hembra del depredador se pasaron a una caja rectangular (2 L) cubierta con pañalina hasta la emergencia de las larvas neonatas.

Se ha indicado que las larvas recién emergidas se individualizaron en cajas Petri de 5 cm de diámetro para evitar el canibalismo y se alimentaron con huevos de *Sitotroga cerealella* Oliver, adquiridos en el Centro Reprodutor de Organismos Benéficos de la Junta Local de Sanidad Vegetal Navojoa, Sonora, México. La cría del depredador se estableció a una temperatura 25.3 ± 0.1 , H.R. 68.5 ± 1.1 y fotoperiodo 12:12 h luz: oscuridad.

Tiempo de desarrollo y supervivencia de la larva y pupa de *C. valida* en diferentes densidades de ninfas de *D. citri*

Se utilizaron larvas 2 y 3 recién emergidas para determinar el tiempo de desarrollo larval de *C. valida*. Las larvas se colocaron individualmente sobre brotes de lima Persa de 5 cm de longitud. Previamente, los brotes se infestaron con cuatro densidades de ninfas medianas (N3-4) de *D. citri* (100, 150, 200 y 250 ninfas). Cada 24 h se reemplazaron los brotes de lima Persa con la misma cantidad de presas en sus cuatro densidades, hasta que pasaron al estado de pupa. Se determinó el tiempo de duración de cada etapa larval, identificando la exuvia que dejaba la larva en cada ecdisis (Ramírez et al., 2007).

El tiempo de desarrollo de la fase prepupa-pupa, se determinó con pupas provenientes de cada densidad de presa, las cuales se individualizaron y mantuvieron en cajas Petri de plástico de 5 cm de diámetro hasta la emergencia del adulto. Para ello se realizaron observaciones cada 24 h. También se ha determinado la supervivencia de la larva dos hasta la emergencia de los adultos y se indicó la supervivencia de etapas intermedias.

Los datos de tiempo de desarrollo larval hasta la fase de prepupa-pupa de *C. valida*, se sometieron a un análisis de varianza, con separación de medias por la prueba de Tukey ($P > 0.05$), con el apoyo del programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4.

Resultados y Discusión

Tiempo de desarrollo y supervivencia de la larva y pupa de *C. valida* en diferentes densidades de ninfas de *D. citri*

El tiempo medio de desarrollo de la larva 2 de *C. valida* en las densidades 100 y 150 ninfas, no presentaron diferencias significativas entre sí, las cuales necesitaron de un tiempo mayor que con las densidades altas (200 y 250 presas) para completar su desarrollo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tiempo medio de desarrollo (días) de larvas y prepupa-pupa, así como la supervivencia (%) de *C. valida* sobre cuatro densidades de *D. citri* (temperatura 25.3 ± 0.1 °C, H.R. 68.5 ± 1.1 ; fotoperiodo 12:12 luz: oscuridad) en laboratorio. Medias seguidas con letras distintas difieren entre sí ($\leq P 0.05$).

Densidad	Larva 2 ($\bar{X} \pm D.E.$)	Larva 3 ($\bar{X} \pm D.E.$)	Prepupa-pupa ($\bar{X} \pm D.E.$)	Supervivencia (%)	
				Larva	Prepupa-pupa
100	4.0 \pm 0a	5.8 \pm 0.42a	14.30 \pm 0.48a	100	90
150	4.0 \pm 0a	5.4 \pm 0.70b	14.20 \pm 0.0a	100	100
200	3.4 \pm 0.51b	5.1 \pm 0.32bc	13.90 \pm 0.42a	100	100
250	3.1 \pm 0.32c	4.9 \pm 0.88c	14.0 \pm 0.0a	100	100

El mayor tiempo de desarrollo de la larva 3 de *C. valida* se presentó con las densidades de 100, 150 y 200, donde el tiempo requerido no fue significativamente diferente. Al pasar de la densidad 200 a 250 presas, la larva necesitó de un tiempo menor para completar su desarrollo, sin encontrar diferencias significativas entre sí. En general, las larvas 2 y 3 de *C. valida* completaron su desarrollo en las cuatro densidades evaluadas. Sin embargo, al incrementar la densidad de la presa se redujo significativamente el tiempo de desarrollo (Cuadro 1). El tiempo medio de desarrollo de las larvas 2 y 3 de *C. valida* disminuyó significativamente en función al aumento de ninfas medianas de *D. citri*. Fonseca et al. (2000) obtuvieron resultados similares en el tiempo medio de desarrollo de la larva 2 de *Chrysoperla externa* (Hagen), al alimentarse con diferentes densidades (1, 2, 3, 4 y 5) de ninfas 3 y 4 de *Schizaphis graminum* (Rondani). Maia et al. (2004) indican que a densidades menores de ninfas 3 y 4 de *S. graminum*, el tiempo de desarrollo fue significativamente mayor para larva 1 y 3 de *C. externa*. También concuerda con Barbosa et al. (2006), ya que la larva 1, 2 y 3 de *C. externa* prolongó su tiempo medio de desarrollo a bajas densidades (1, 2 y 3) de ninfas 3 y 4 de *Myzus persicae* Sulzer. En general la larva 2 y 3 del depredador mostró una mayor voracidad a altas densidades de la presa y por consecuencia una reducción significativa en el tiempo medio de desarrollo. Esto concuerda con los indicados por Batool et al. (2014) para larvas 2 y 3 de *Chrysoperla carnea* Stephens en nueve densidades de huevos de *S. cerealella*.

En contraste, no se observaron diferencias significativas en el tiempo medio de desarrollo de la fase de prepupa-pupa, entre diferentes densidades de presa (Cuadro 1). La densidad de ninfas medianas de *D. citri* no tuvo un efecto significativo en el tiempo medio de desarrollo de la fase prepupa-pupa del depredador. Zheng et al. (1993) mostraron que la densidad de pulgones no influyó en el periodo pupa de *C. carnea*. También concuerda con los indicados por Atlihan et al. (2004), con la especie *C. carnea* en siete densidades de presas *Haylopterus pruni* Geoffer (5, 10, 20, 40, 80, 160 y 250). Maia et al. (2004) mencionan resultados similares con *C. externa*, al no encontrar un efecto significativo en el tiempo de desarrollo de la fase de prepupa-pupa con cinco densidades (1, 2, 3, 4 y 5) de ninfas 3 y 4 de *S. graminum*. Al igual Barbosa et al. (2006) para la especie *C. externa* sobre tres densidades de *M. persicae*.

La supervivencia de las larvas 2 y 3 de *C. valida* no se afectó por las densidades de ninfas medianas de *D. citri*. En la fase de prepupa-pupa, el menor porcentaje (90%) de supervivencia ocurrió con la densidad 100 y el mayor (100%) con el resto de las densidades.

Conclusiones

Las densidades de ninfas medianas de *D. citri* afectaron significativamente el tiempo de desarrollo de larvas de *C. valida*, lo cual no ocurrió para la fase de prepupa-pupa. La supervivencia tanto de la larva y prepupa-pupa del depredador no fue afectada por las densidades de la presa, característica que le permite a *C. valida* tener la capacidad de reproducirse y sobrevivir a densidades bajas. Lo anterior permite considerar a esta especie como un agente biológico promisorio para la regulación de poblaciones de *D. citri*. Sin embargo, es necesario realizar estudios que determinen su efectividad biológica en campo.

Literatura citada

- Arredondo, B. H. C., J. A. Sánchez G., N. I. Vizcara V., G. Moreno C., Y. Contreras B., D. E. Sandoval R., M. Palomares P., J. González C., N. I. Medina G., y E. G. Cordoba U. 2015. Manual de reproducción masiva de *Tamarixia radiata*, principal parasitoide del Psílido Asiático de los Cítricos, Vector del HLB. 1a. Departamento de Insectos Entomófagos del CNRCB. CNRF-DEGSV-SENASICA. Tecomán, Col., México.
- Atlihan, R., B. Kaydan and M. S. Özgokce. 2004. Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. *J Pest Sci.* 77:17-21.
- Badii, M. H., J. Landeros, H. Rodríguez, E. Cerna, J. Valenzuela y Y. Ochoa. 2013. Algunos aspectos de depredación. *Internacional Journal of Good Consciencie* 8:48-158.
- Barbosa, R. L., C. Carvalho F., B. Souza y A. M. Auad. 2006. Influência da densidade de *Myzus persicae* (Sulzer) sobre alguns aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen). *Maringá* 28(2):227-231.
- Batool, A., K. Abdullah, M. Mammon-ur-Rashid, M. K. Khattak and S. Safeer A. 2014. Effect of prey density on biology and functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Pak J. Zool.* 46(1):129-137.
- Bové, J. M. 2012. Huanglongbing and the future of citrus in São Paulo state, Brazil. *J Plant Pathol.* 94(3):465-467.
- Ching, C. C., C. Shui C. and K. Shiu C. 2001. Mass rearing and field release of an Eulophid Wasp, *Tamarixia radiata* (Waters). *F F T C. Plant Protect.* 5:1-4.

- Cortez, M. E., J. I. López A., L. Rodríguez R., M. P. Partida V. y J. Pérez M. 2016. Especies de Chrysopidae asociadas a Diaphorina citri Kuwayama en cítrico y capacidad de depredación en Sinaloa, México. REMEXCA 7(2):363-374.
- Fonseca, A. R., C. F. Carvalho y B. Souza. 2000. Resposta funcional de Chysoperla externa (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com Schizaphis graminum (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). An. Soc. Entomol. Brasil. 29(2):309-317.
- José P. R., J. A. Villanueva J., M. C. Vargas M. and A. Huerta P. 2017. Lyfe cycle and larval predation by Ceraeochrysa valida (Banks) on nymphs of Diaphorina citri Kuwayama. Southwestern Entomol. 42(1):61-72.
- Maia, W.J.M., C. F. Carvalho, B. Souza y I. Cruz T. J., A. F. Maia. 2004. Capacidade predatória e aspectos biológicos de Chysoperla externa (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com Rhopalosiphum maidis (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). Ciênc. Agrotec. Lavras. 28(6):1259-1268.
- McCravy, K. W. 2008. Conservation Biological Control. Encyclopedia of Entomology. J. L. Capinera. 2nd ed. University of Florida. p:1021-1023.
- Palomares, P. M., M. A. Ayala Z., B. Rodríguez V., J. J. de la Cruz L., J. A. Sánchez G., H. C. Arredondo B. et al. 2016. Abundancia y depredación de Ceraeochrysa valida (Neuroptera: Chrysopidae) sobre Diaphorina citri (Hemiptera: Liviidae) en Colima, México. Chil. J. Agric. Anim. Sci. 32(3):234-243.
- Paredes, D., M. Campo y L. Cayuela. 2013. El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. Ecosistema 22(1):56-61.
- Ramírez, D. M., J. I. López A., A. González H. y M. H. Badii Z. 2007. Rasgos biológicos y poblaciones del depredador Ceraeochrysa sp. Nr. Cincta (México) (Neuroptera: Chrysopidae). Acta Zool. Mex. 23(3):79-95.
- Robles, G. P. L. 2016. Manual Operativo de la Campaña contra el Huanglongbing de los Cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal y de Protección Fitosanitaria. 1a ed. SAGARPA. SENASICA.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2017. Quinto informe mensual nacional Huanglongbing de los Cítricos. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231731/05_Informe_mayo_2017.pdf. [consultado el 14 de julio de 2017].

Valencia, L. L. A., J. Romero N., J. Valdez C., J. L. Carrillo S. y V. López M. 2006. Taxonomía y registro de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. Acta Zool. Mex. 22(1):17-61.

Van, D. R. G., M. S. Hoddle, T. D. Center, E. Ruiz C., J. Coronada B. y J. Manuel A. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Washington. U.S. D. A. Forest Health Technology Enterprise Team. 765 p.

Zheng, Y., K. S. Hagen, K. M. Daane y T. E. Mittler. 1993. Influence of larval dietary supply on the food consumption, food utilization efficiency, growth and development of the lacewings *Chrysoperla carnea*. Entomol Exp Appl. 67(1):67:1-7.

DETECCIÓN DE ESPECIES HOSPEDANTES DE MOSCAS DE LA FRUTA MEDIANTE IMÁGENES DE SATELITE

Jesús Soria Ruiz^{632*}, Y.M. Fernández Ordoñez⁶³³ y Gabriel Díaz Padilla⁶³⁴

Resumen

Uno de los principales problemas fitosanitarios de la fruticultura en el Norte de Veracruz, es la presencia de moscas de la fruta que ocasiona daños directos a los cítricos dulces, con disminuciones en la calidad y productividad de las huertas. En el municipio de Álamo, Veracruz, la actividad citrícola es de suma importancia para la economía de la región y del país, ya que genera mano de obra y contribuye al ingreso de divisas para el país. El Objetivo de este trabajo fue generar la frontera agro-frutícola y la cartografía de Uso y Cobertura del suelo a partir de firmas espectrales de imágenes de satélite SPOT-5 y RapidEye para conocer la distribución espacial de especies hospedantes de Moscas de la fruta. El presente estudio constituye un soporte para dotar al Comité Estatal de Sanidad Vegetal, a los productores citrícolas de la región y a la SAGARPA, elementos y estrategias para la erradicación de la mosca de la fruta en sitios previamente localizados, contribuyendo al incremento de la producción y calidad del producto cosechado.

Palabras clave: Cítricos, imágenes de satélite, especies hospedantes, moscas de la fruta, México

Introducción

A nivel mundial se producen más de 90 millones de toneladas de cítricos; ocho países concentran casi el 80% de la producción, entre los que destacan Brasil, Estados Unidos, China y México que ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, con una producción de 6.4 millones de toneladas métricas (FAO, 2004).

Los cítricos dulces en México se cultivan en una superficie de 384 mil hectáreas con un promedio de producción de 5.1 millones de toneladas anuales. Se encuentra localizada en 28

⁶³² INIFAP. CIRCE. Sitio Experimental Metepec. *soria.jesus@inifap.gob.mx

⁶³³ Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo.

⁶³⁴ INIFAP.CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Sitio Experimental Teocelo.

entidades federativas, sin embargo, la geografía productiva se encuentra bien definida, ya que el 91% de la producción total se concentra en solo 10 estados. La mayoría de las entidades se encuentran en la costa del Golfo de México, abarca los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco Yucatán, y cercanos a estos Nuevo León y Puebla. Por el otro lado, en la costa del Pacífico encontramos a Sonora, Colima, Michoacán y Oaxaca.

El estado de Veracruz es el principal productor de cítricos con 184 mil hectáreas (38 por ciento de la superficie total del país), con una producción media de 2.6 millones de toneladas (51% de la producción nacional). De esta actividad dependen 40,500 productores, generando 9.7 millones de jornales y 97,000 empleos indirectos. En orden de importancia, le siguen San Luís Potosí (9%), Michoacán (8%), Tamaulipas (7%), Nuevo León (6%), Colima (6%), Tabasco (5%), Oaxaca (4%), Yucatán (4%) y Puebla (4%); estos 10 estados en conjunto representan el 91% del total de cítricos en el país, sin embargo, el comportamiento de los rendimientos y los precios que se logran en cada estado varía considerablemente y están relacionados al nivel de tecnificación y grado de desarrollo en la actividad primaria.

Uno de los principales problemas fitosanitarios de la fruticultura en el Norte de Veracruz, es la presencia de moscas de la fruta (de los géneros *Ceratitis*, *Dacus*, *Bactrocera*, *Anastrepha* y *Rhagoletis*). Esta plaga ocasiona daños directos a la fruta de los cítricos dulces, con disminuciones en la calidad de la fruta y productividad de las huertas. Son de importancia económica por su incidencia, severidad y restricciones cuarentenarias para México.

Los principales hospedantes de la mosca de la fruta a nivel nacional están conformados por un total de 35 especies, de las cuales 13 de ellos se desarrollan en el Municipio de Álamo, Veracruz. En este municipio, la actividad citrícola es de suma importancia para la economía de la región y del país, ya que genera mano de obra y contribuye al ingreso de divisas para el país, con un impacto directo en la calidad de vida de los habitantes. No obstante, la mosca de la fruta es considerada como un problema que debe ser atendido de manera eficaz para mejorar la producción y calidad de la fruta que se produce en este municipio.

Recientemente, las imágenes satelitales se han utilizado para muchos propósitos en el sector rural, entre los que destacan: monitoreo de cultivos para conocer el vigor y grado de salud (Soria et al., 1998), la detección de enfermedades en el dosel de los árboles (Nilsson, 1995), detectar enfermedades en arboles de aguacate (Beltrán et al., 2014).

El Objetivo de este trabajo fue generar la frontera agro-frutícola y la cartografía de uso y cobertura del suelo para diferenciar la distribución espacial de especies hospedantes de moscas de la fruta a partir de firmas espectrales de imágenes de satélites ópticas.

Materiales y Métodos

El área de estudio

El municipio de Álamo se ubica en la región norte del estado de Veracruz, situado entre los paralelos 20° 55' latitud norte y entre los meridianos 97° 41' longitud oeste. La altitud promedio a la que se sitúa el municipio es de 40 msnm. Constituido por una extensión territorial total de 1,137.5 km² (Figura 1). El clima predominante es cálido extremo con lluvias en verano y temperatura media anual de 24.3°C.



Figura 1. Ubicación del municipio de Álamo en el contexto del estado de Veracruz.

Metodología

- Marco geo-estadístico municipal. Se utilizó el marco geo-estadístico municipal versión 5.0 (INEGI-2010) para delimitar el área de estudio.
- Sistemas de posicionamiento global. A través de los recorridos de campo con navegadores satelitales y mapamoviles, se geo-referenciaron las diferentes coberturas del suelo y especies agrícolas y frutícolas.
- Imágenes de satélite. En este estudio se utilizaron imágenes de satélite Spot 5 y Rapid-Eye. Las primeras para generar la frontera agro-frutícola y obtener una primera aproximación en la cuantificación de plantas hospedadas de la fruta; y la segunda, para mejorar la exactitud en la distribución espacial de las especies hospedadas.
- Corrección geométrica y orto-rectificación. Las imágenes de satélite SPOT- 5 fueron sometidas a dos procesos de corrección: la geométrica y la orto-rectificación. La imagen de satélite Rapid-Eye fue adquirida con orto-rectificación.

- d) Generación de la frontera agrícola. Esta fue obtenida a partir del análisis visual de imágenes SPOT- 5 mediante fotointerpretación; la cual consistió en involucrar el uso de patrones de forma, textura, tamaño, color y rasgos topológicos entre objetos para caracterizar las unidades que se interpretan. En este proceso, se utilizaron las imágenes pancromáticas y multiespectrales de SPOT-5.
- e) Segmentos de muestreo. Los segmentos son objetos geográficos, sobre los cuales se realizan los muestreos del uso y ocupación del suelo mediante el levantamiento de información en campo, los cuales se ubican dentro del límite de la frontera agrícola conservando un valor único para su procesamiento. En este procedimiento se utilizó la metodología de la Unión Europea (Taylor et al., 1997).
- f) Trabajos de campo. Consistió en identificar los diferentes usos del suelo dentro de los segmentos. Este se realizó por la brigada de campo siguiendo una ruta de muestreo previamente diseñada. Para el levantamiento de la información, se utilizaron dos tipos de formatos: el que describe las características de cada segmento a levantar en campo, y el que presenta recortes de imágenes de satélite SPOT 5 en compuesto RGB donde se muestran los segmentos a levantar en campo.

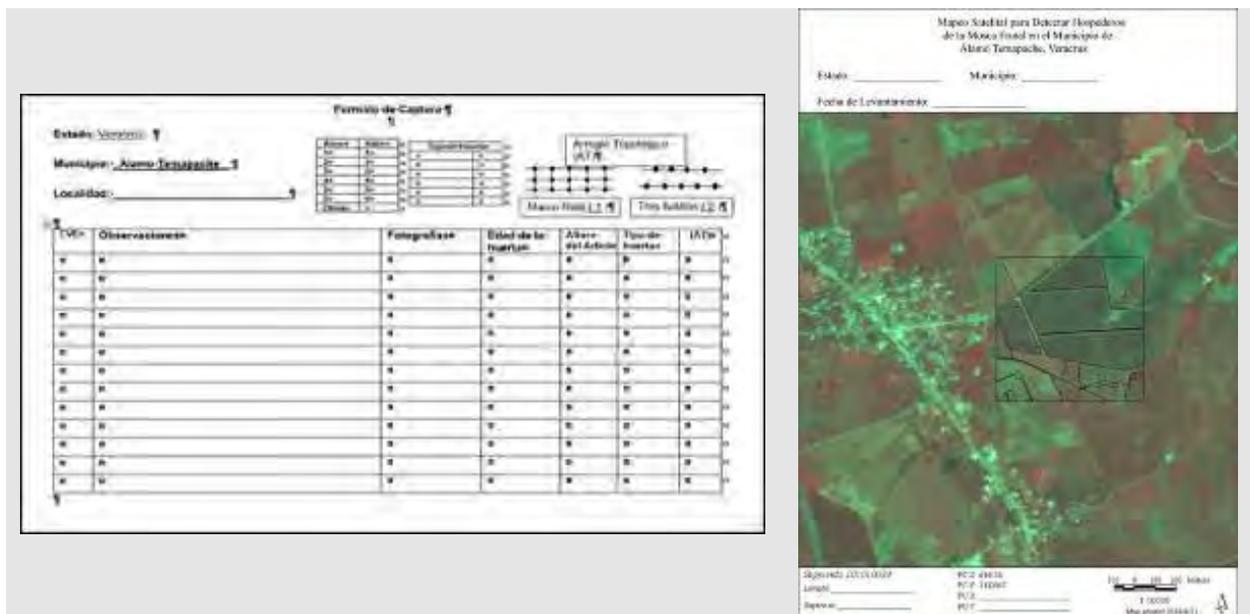


Figura 2. Formatos de captura e impresos utilizados para el levantamiento de la información en campo.

- g) Especies hospedantes. De manera coordinada con la Junta local de Sanidad Vegetal de Álamo, Veracruz; personal técnico del INIFAP, de la Junta Local de Sanidad Vegetal, y del Programa de la mosca de la fruta en Álamo, por consenso se priorizó la lista de los principales hospederos de la mosca de la fruta presentes en el área de estudio.

- h) Captura de información en gabinete. Esta etapa del trabajo es de suma importancia para la definición de clases espectrales y la clasificación digital.
- i) Clasificación digital. La clasificación digital de las clases espectrales es el proceso final en la obtención de la información requerida. Como uno de los procesos más importantes del análisis digital de las imágenes de satélite, se utilizó el procesador ERDAS para separar las especies hospedantes de moscas de la fruta.
- j) Productos cartográficos y estadísticos. La imagen clasificada fue convertida en un mapa temático para simplificar los resultados de la clasificación. Las estadísticas de superficie ocupadas por cada clase o categoría (especies hospedantes) en el área de estudio, es una de las principales ventajas de la clasificación digital. Una tabulación de resultados permitió obtener información del área clasificada, para dar a conocer la distribución espacial de las especies hospedantes y la ocupación del suelo.

Resultados y Discusión

Frontera agro-frutícola

La cartografía de la frontera agrícola del municipio de Álamo, así como la distribución espacial de las áreas agrícolas, se muestra en la Figura 3.

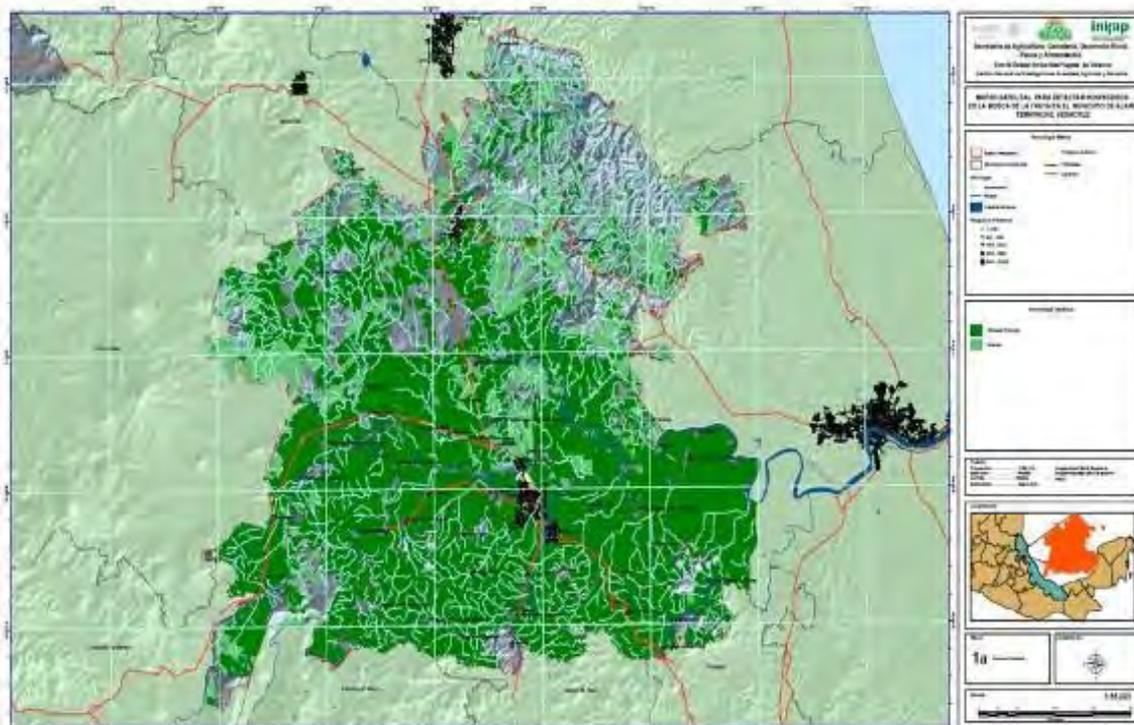


Figura 3. Cartografía de la frontera agro-frutícola del Municipio de Álamo, Veracruz.

En el municipio de Álamo, las especies agro-frutícolas detectadas por imagen satelital, ocupan una superficie de 43,907.8 hectáreas (34%); pastizal 18,988.6 hectáreas (15%) y otros usos 64,766.6 hectáreas (51%) (Cuadro 1). Cabe señalar que los porcentajes están dados respecto de la superficie total municipal.

Cuadro 1. Superficie de la frontera agro-frutícola del municipio de Álamo, Veracruz.

CLASES	SUPERFICIE (ha)
Especies agro-frutícolas	43,907.8
Pastizal	18,988.6
Otros Usos	64,766.6
Total Municipal:	127,663.0

Distribución geo-espacial de especies hospedantes

En el municipio de Álamo, las especies hospedantes que más destacan por la superficie de ocupación respecto del total municipal son: Naranja dulce, toronja, mandarina, litchi y mango. La Figura 4 muestra la distribución de las principales especies hospedantes de la mosca de la fruta a nivel municipal a escala 1:85,000.

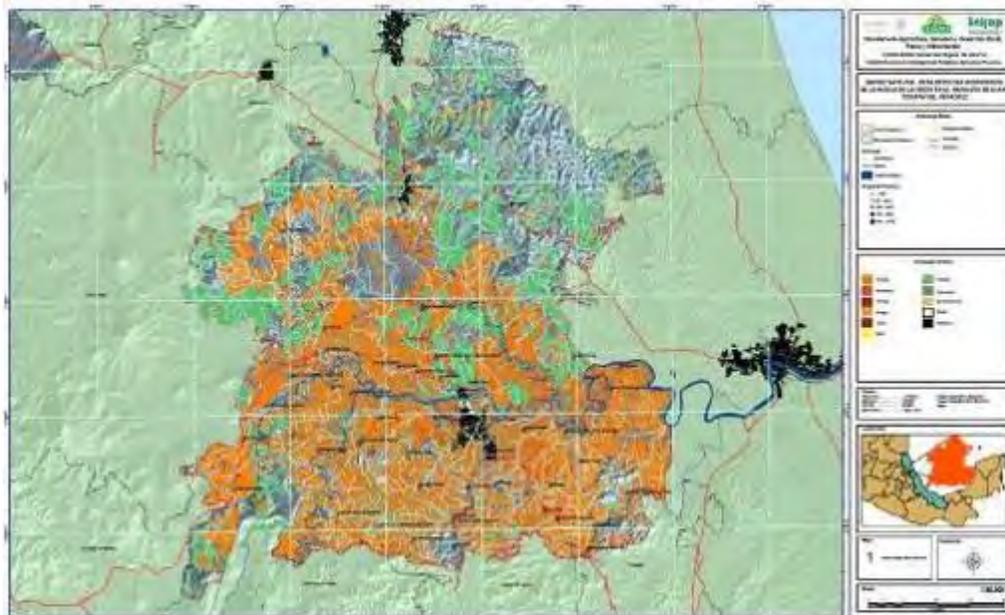


Figura 4. Principales especies hospedantes de la mosca de la fruta en el municipio de Álamo.

En el Cuadro 2 se describe la superficie de ocupación de las principales especies hospedantes; así como la superficie ocupada por la actividad pecuaria (praderas). En otros usos del suelo, destacan las superficies ocupadas por la vegetación natural, frutales (entre

las que destacan huertas de plátano y papaya), suelo desnudo, zonas urbanas y vías de comunicación, cuerpos de agua y afluentes, parcelas de maíz, entre otras.

Cuadro 2. Usos del suelo y superficie de ocupación de las principales especies hospedantes de la mosca de la fruta en Álamo, Veracruz.

USOS DEL SUELO	SUPERFICIE (ha)	PROPORCION (%)
Otros usos:	64,766.6	51
Vegetación natural	25,695.1	
Frutales (plátano, papaya)	2,148.4	
Suelo semi-desnudo	12,683.1	
Zonas urbanas y vías de comunicación	11,724.2	
Cuerpos de agua y afluentes	3,846.7	
Maíz	8,427.8	
Nubes	50.5	
Sombras	190.8	
Especies Hospedantes:	43,907.8	34
Naranja	40,848.8	
Naranja con maíz intercalado	600.4	
Mandarina	1,142.0	
Toronja	917.8	
Mango	15.1	
Litchi	383.9	
Praderas:	18,988.6	15
Pastizal	18,988.6	
TOTAL:	127,663.0	100.0

Conclusiones

Las tecnologías satelitales permiten generar información actualizada con alto nivel de precisión, las cuales dan soporte a acciones y programas del gobierno federal y estatal dirigidas al sector frutícola estatal, regional y municipal; dirigidas a áreas específicas para la prevención y control de plagas y enfermedades de las especies hospedantes de la mosca de la fruta en todas las entidades del país, y particularmente en Veracruz. El presente estudio constituye un soporte para dotar al Comité Estatal de Sanidad Vegetal, a los productores citrícolas de la región y a la SAGARPA, elementos y estrategias para la erradicación de la mosca de la fruta en sitios previamente localizados, contribuyendo así al incremento de la producción y calidad del producto cosechado.

Literatura citada

- Beltrán, P. H., J. Soria R., D. Téliz O., D. Ochoa M., C. Nava D. y S. Ochoa A. 2014. Detección satelital y molecular del viroide de la mancha de sol del aguacate (Avocado sunblotch viroid, ASBVD). *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(1):21-29.
- FAO. 2004. Producción mundial nacional y estatal de cítricos. http://www.concitrer.com/15_4citricultura.html [consultado el 6 de octubre de 2014]
- INEGI. 2010. Marco Geo-estadístico Municipal versión 2010. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.
- Nilsson, H. 1995. Remote sensing and image analysis in plant pathology. *Annual Review of Phytopathology* 33:489-528.
- Soria, R. J., C. A. Ortiz, F. Islas y V. Volke. 1998. Sensores remotos, principios y aplicaciones en la evaluación de los recursos naturales. Experiencias en México. Primera edición. Publicación especial No. 7. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS). Chapingo, México. 93 pp.
- Taylor, J., C. Sannier, J. Delince and J. Gallego. 1997. Regional Crops Inventories in Europe Assisted by remote sensing: 1988-1993. Synthesis report of the MARS project-Action1. Joint Research Centre. European Commission.

DETECCIÓN DE RESISTENCIA DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE) A INSECTICIDAS EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL

Víctor Hugo García Méndez^{635*}, Laura Delia Ortega Arenas⁶³⁵, Juan Antonio Villanueva Jiménez⁶³⁶, Hussein Sánchez Arroyo⁶³⁵, Ángel Lagunes Tejeda⁶³⁵ y Joel Lara Reyna

Resumen

Para evitar el avance de la enfermedad huanglongbing se realizaron aplicaciones de insecticidas en tiempos específicos en el programa nacional de áreas regionales de control del psílido asiático de los cítricos, insecto vector del agente causal de dicha enfermedad. Antes de utilizar un insecticida sobre una población insectil es importante tener información de su susceptibilidad, esto garantiza mayor éxito en su control. Por lo anterior este estudio tuvo como objetivos el determinar la susceptibilidad de poblaciones de campo mediante el uso de dosis discriminantes y determinar el nivel de resistencia con las DL₅₀ y la DL₉₅. Las poblaciones de Cuitláhuac y Martínez de la Torre mostraron una menor susceptibilidad a abamectina, clorpirifos e imidacloprid. Los datos anteriores muestran la factibilidad de utilizar estos datos para utilizarse en las áreas regionales de control como una herramienta para la elección de los productos efectivos a utilizar dentro del programa.

Palabras clave: psílido asiático de los cítricos, dosis, diagnóstico, imidacloprid, clorpirifos

Introducción

La producción de cítricos en México está amenazada por la presencia de la enfermedad más devastadora de este cultivo, el huanglongbing (HLB), cuyo agente causal es transmitido por el psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* (Halbert y Manjunath, 2004).

Una de las principales estrategias para evitar el avance del HLB es el control del vector con insecticidas de diversos tipos, aplicados en tiempos específicos y en superficies amplias, todo esto bajo el programa nacional de áreas regionales de control también llamadas ARCO (Robles, 2012).

⁶³⁵ Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos, México. *garcía.hugo@colpos.mx

⁶³⁶ Coleio de Posgraduados. Campus Veracruz.

Además de los productos aplicados en ARCO, los citricultores utilizan otros tanto para el control del mismo PAC, así como para otras plagas como el pulgón café de los cítricos, el minador de la hoja, la mosca de la fruta y la araña roja (Bergh et al., 1999; SENASICA, 2016).

Lo anterior es evidencia de la alta y constante presión de selección a la que han estado expuestas poblaciones de PAC en huertos comerciales y esto a su vez justifica la existencia de poblaciones menos susceptibles a cierto Ingrediente Activo (IA) en México (García et al., 2016; Vázquez et al., 2013).

Para determinar dicha resistencia se ha utilizado como herramienta principal la división aritmética de la dosis letal mediana (DL_{50}) de una población susceptible (PS), también conocida como línea base (LB), entre un campo. Dicha DL_{50} se utiliza por razones estadísticas y es la expresión cuantitativa del estímulo necesario para causar el 50% de mortalidad en una población en condiciones experimentales (Lagunes et al., 2009).

Otra opción para detectar cuando una población está perdiendo sensibilidad a un IA es el uso de una dosis discriminante (DD), dosis única que causará mortalidad a un alto porcentaje de individuos susceptibles y que no afectará a los resistentes en la población (Rust et al., 2005).

En el contexto del monitoreo de resistencia la DD requiere menos tiempo y recursos que una DL_{50} , pero su elección debe ser tomada con mayor precaución debido a que debe minimizar la posibilidad de falsos positivos y maximizar la probabilidad de detectar resistencia en un estado incipiente (Robertson et al., 2007). Por todo lo anterior, este estudio tuvo como objetivos el determinar las DL_{50} , DL_{95} y las DD, de tres productos comúnmente utilizados para el control del PAC y con base en las dosis proponer un programa de monitoreo de la resistencia a insecticidas, con el fin de proveer una herramienta al programa ARCO para la elección de los productos efectivos a aplicar.

Materiales y Métodos

Con el fin de tener material biológico suficiente para el estudio se le dio mantenimiento constante a la cría de *D. citri* instalada en un invernadero del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, a cargo del área de insectos vectores de fitopatógenos. Esta población se ha conservado sin presión de selección por ocho años consecutivos.

Para mantenerla, se colocaron seis plantas de naranja var. Valencia dentro de una jaula de madera forrada con malla antiáfidos, inmediatamente después se liberaron dentro de la jaula 1000 adultos sin sexar y de no más de 6 a 10 días de haber emergido. Una semana después, cuando se observaron huevos sobre los brotes, los adultos se aspiraron y las seis plantas se introdujeron a otra jaula previamente lavada y desinfectada.

A partir de la primera observación de emergencia de adultos dentro de la jaula, durante cinco días se aspiraron individuos para bioensayos, del sexto al décimo día todos los adultos restantes se aspiraron y se usaron para infestar plantas nuevas y así iniciar un nuevo ciclo en la cría.

Insecticidas evaluados

Para cada IA evaluado se utilizó una formulación grado técnico con un mínimo de 92% de pureza. A continuación, se enlistan dichos IA indicando el grupo químico de acuerdo a IRAC (2016), así como su porcentaje de pureza y la empresa de origen: abamectina (6 avermectina, 92%, Tridente), cipermetrina (3A piretroide, 95%, Tridente), clorpirifos (1B Organofosforado, 98%, Tridente), imidacloprid (4A neonicotinoides, 95%, Bayer). Para diluir los productos se utilizó acetona grado técnico.

Bioensayo tópico

La determinación de las DL_{50} , DL_{95} y la aplicación de las DD se realizaron con este método. Consistió en aspirar 20 adultos dentro de una punta de micropipeta con malla en la base y la punta recortada, una vez confinados se anestesiaron con CO_2 grado alimenticio, después los insectos se colocaron dentro de cajas petri de 4 cm de diámetro que contenía en su interior una hoja de naranja var. Valencia sobre 3 mL de agar-agar preparado al 1.5% e inmediatamente con una jeringa Hamilton acoplada a un aplicador de la misma marca, se depositó una gota de 0.2 μ L de acetona con una concentración o dosis conocida de IA sobre el tórax de cada individuo. 24 h después se midió el porcentaje de mortalidad de cada concentración y finalmente esta se ajustó mediante la fórmula de Abbott (1925) para tener la mortalidad corregida del bioensayo. Se hicieron máximo tres repeticiones por día.

También se incluyó un testigo con solo acetona para cada repetición, si este excedía un 12% de mortalidad todo el experimento se repetía.

Líneas base DL_{50}

El experimento se dividió en dos etapas. Con el fin de determinar las concentraciones que causan una mortalidad entre el 0% y el 100% de cada IA, en la primera etapa se realizó una ventana biológica (VB) con concentraciones exploratorias entre el 1% y el 0.000001%, se hicieron tres repeticiones por concentración.

Para la segunda etapa, entre el rango de mortalidad observado en la VB, por cada IA se evaluaron un mínimo de 6 dosis con el bioensayo tópico. Se hicieron cinco repeticiones por concentración.

Líneas base DL_{95}

Para esto se siguió el método propuesto por Robertson et al. (2007) en el cual se evaluaron dentro del rango del 80% y el 100% de mortalidad observado en la VB para cada IA, entre seis y ocho concentraciones y se hizo un mínimo de nueve repeticiones.

Análisis estadístico de Líneas base

Mediante un análisis probit computado con el software Minitab 7.0 se determinaron las DL_{50} y DL_{95} con sus respectivos límites fiduciales con un 95% de confianza, la pendiente de la regresión con su error estándar y el ajuste de la recta con la χ^2 . Los valores de las dosis se expresaron en nanogramos de IA por insecto ($ngIA\ insecto^{-1}$).

Dosis discriminante

Una vez determinada la DL_{95} de cada IA, se multiplicaron dichos valores por tres y se establecieron como las DD; estas se aplicaron durante el mes de octubre de 2016 en la PS y en tres poblaciones de campo pertenecientes a las ARCO 11 (Martínez de la Torre, Veracruz), 6 (Cuitláhuac, Veracruz) y 3 (San José Acateno, Puebla). Para cada IA en cada población se hicieron cinco repeticiones.

Análisis estadístico de dosis discriminante

Con los valores de mortalidad corregida causada con las DD de cada IA en todas las poblaciones se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Si en el análisis, una población de campo fue significativamente diferente con un valor de $p= 0.05$, en relación a la susceptible, se consideró dicha población de ARCO como menos susceptible al IA evaluado.

Factor de Resistencia

Cuando una población de ARCO exhibió menor susceptibilidad por medio de la evaluación de la DD a cierto IA se procedió a determinar el Factor de Resistencia (FR). Para lo anterior, se determinó la DL_{50} y la DL_{95} de la población de campo y su valor se dividió entre las dosis respectivas de la PS; el valor resultante se consideró como el nivel de resistencia presente en la ARCO.

Resultados y Discusión

A nivel de la DL_{50} el producto más tóxico para la PS de PAC fue imidacloprid seguido de cipermetrina y abamectina, el menos tóxico fue clorpirifos. Los IA abamectina y clorpirifos tuvieron las DL_{95} más altas, mientras que cipermetrina e imidacloprid tuvieron el mismo valor aunque con LF diferentes (cuadro 1).

La evaluación del efecto de las DD indicó que la población del ARCO 3 de Puebla fue susceptible a todos los IA, mientras que en la ARCO 11 fue menos susceptible a clorpirifos e imidacloprid y finalmente en la ARCO 6 solo hubo susceptibilidad a cipermetrina (Cuadro 2).

Cuadro 1. Dosis letales y dosis discriminantes determinadas por bioensayo tóxico en una población de *D. citri* susceptible del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Ingrediente Activo	DL ₅₀ (LF)	DL ₉₅ (LF)	DD
Abamectina	0.4 (0.2-0.8)	12 (7.5-34)	36
Cipermetrina	0.2 (0.1-0.32)	1 (0.18-4)	3
Clorpirifos	0.7 (0.4-1)	6 (4.8-7.7)	18
Imidacloprid	0.0035 (0.0003-0.009)	1 (0.6-1.7)	3

DL= dosis letal que mata al 50 % o al 95 % de la población. LF= límites fiduciales de las dosis letales con un 95 % de confianza. DD = dosis discriminante. Todos los valores están reportados en nanogramos de IA por insecto.

Cuadro 2. Análisis de varianza de porcentajes de mortalidad causadas por dosis discriminantes de cuatro ingredientes activos en dos áreas regionales de control de Veracruz (6 y 11) y una de Puebla (3).

Ingrediente Activo	Población susceptible	ARCO 6	ARCO 11	ARCO 3
Abamectina	95.2(±4.25)a	82.5(±10.84)b	92.37(±5.45)a	91.8(±3.92)a
Cipermetrina	96.87(±0.99)a	94.15(±1.55)a	93.50(±1.75)a	93.47(±1.62)a
Clorpirifos	96.88(±2.42)a	88.32(±6.07)bc	84.97(±8.62)c	93.38(±6.86)ab
Imidacloprid	96.20(±3.41)a	84.15(±8.61)b	84.72(±9.36)b	88.87(±3.32)ab

ARCO= área regional de control. 6= población de ARCO de Cuitlahuac. 11= población de ARCO de Martínez de la Torre. 3= San José Acateno. Valores mostrados en porcentajes con su ± error estándar. Valores con diferente letra en una línea fueron significativamente diferentes (p= 0.05).

Al dividir la DL₅₀ y la DL₉₅ de la población del ARCO 6 entre las respectivas de la PS, se obtuvo el FR más alto, para ambas dosis, fue a clorpirifos, seguido de imidacloprid y abamectina.

Los valores de alta toxicidad a nivel de la DL₅₀ y la DL₉₅ de los cuatro IA evaluados en el presente estudio coincidieron con los datos reportados en otras líneas base (Tiwari et al., 2013, Vázquez et al., 2013).

La evidencia de resistencia con base en los valores de FR a abamectina parece estar generalizado en la mayoría de las huertas cítricas comerciales en México. Vázquez et al. (2013) reportaron valores de FR a nivel de la DL₉₅ desde 1.2 hasta 896 en las poblaciones de PAC pertenecientes a la región central oeste del país, estos valores añadidos a los del presente estudio en el contexto del manejo de la resistencia pueden tener implicaciones prácticas importantes.

Históricamente abamectina se ha utilizado para el control de otras plagas de cítricos, más específicamente para ácaros que causan daño directo al fruto, lo que disminuye su calidad y pone impedimentos para su exportación (Bergh et al., 1999), si los citricultores en México siguen con la misma tendencia entonces la presión de selección y por consiguiente el

desarrollo de la resistencia a este IA pudo ser indirecta en las poblaciones de PAC, cabe mencionar que abamectina está autorizado para su uso en cítricos, pero no para el control de *D. citri* (CICLOPLAFEST, 2015), por tanto no hubo posibilidad de que se aplicara dentro del programa ARCO, ya que una de sus indicaciones operativas es el uso exclusivo de productos autorizados por la comisión pertinente.

Aunque está documentado que la resistencia a abamectina es inestable y se pierde en poblaciones insectiles una vez que la presión de selección disminuye (Pu et al., 2010), su detección oportuna debe ser considerada en estudios de monitoreo de la resistencia dentro de las ARCO debido a que está demostrado que la resistencia en una población a este producto, por el fenómeno de resistencia cruzada, aumenta la resistencia a clorpirifos (Yorulmaz y Ay, 2009) y a imidacloprid (Wang y Wu, 2007).

Esta estrecha relación da soporte a los FR de abamectina, clorpirifos e imidacloprid que se determinaron en el presente estudio, de igual forma permite demostrar que sin una evaluación previa de los niveles de susceptibilidad no sería posible hacer una correcta recomendación precisa del producto a utilizar dentro de un esquema de rotación, con base en los resultados, el IA más idóneo para utilizar en la ARCO 6 sería cipermetrina.

Por todo lo anterior expuesto es importante calendarizar un programa de monitoreo de la resistencia a insecticidas para detectar a etapas tempranas su desarrollo, a todos los posibles IA usados directa e indirectamente para su control, antes de la elección de los productos a aplicar en las áreas regionales de control del PAC.

Literatura consultada

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.

Bergh, J. C., D. Rugg, R. K. Jansson, C. W. McCoy and J. L. Robertson. 1999. Monitoring the susceptibility of citrus rust mite (*Acari: Eriophyidae*) populations to abamectin. *J. Econ. Entomol.* 92(4):781-787.

CICLOPLAFEST, Comisión Intersecretarial Para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. 2015. Catálogo de Plaguicidas. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>. [consultado el 1 de julio de 2017].

García, M. V. H., L. D. Ortega A., J. A. Villanueva J. y H. Sánchez A. 2016. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (*Hemiptera: Liviidae*) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia* 50:355–365.

Halbert, S. E. H. and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomol.* 87(3):330-353.

IRAC. Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas. 2016. Mode of action classification scheme. Disponible en: <http://www.iraconline.org/documents/moa-classification/> [consultado el 1 de julio de 2017].

Lagunes, T. A., J. C. Rodríguez M. y J. C. De Loera B. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia* 43:173–196.

Pu, X., Y. Yang, S. Wu, and Y. Wu. 2010. Characterization of abamectin resistance in a field-evolved multiresistant population of *Plutella xylostella*. *Pest Management Sci.* 66:371-378.

Robertson, J. L., N. E. Savin, R. M. Russell and H. K. Preisler. 2007. *Bioassays with arthropods*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 193 pp.

Robles, G. P. 2012. Protocolo para establecer Áreas Regionales de Control del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOs). <http://www.senasica.gob.mx/?doc=9364> [consultado el 1 de julio de 2017].

Rust, M. K., I Denholm, M. W. Dryden, P. Payne, B. L. Blagburn, D. E. Jacobs et al. 2005. Determining a diagnostic dose for imidacloprid susceptibility testing of field-collected isolates of cat fleas (Siphonaptera: Pulicidae). *J. Med. Entomol.* 42(4):631-636.

SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2016. Situación Actual y Perspectivas del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos en México. <http://www.senasica.gob.mx> [consultado el 1 de julio de 2017].

Tiwari, S., N. Killiny, and L. L. Stelinski. 2013. Dynamic insecticide susceptibility changes in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 106:393-399.

Vázquez, G. M., J. Velázquez M., V. M. Medina U., C. D. J. Cruz V., M. Sandoval S., G. Virgen C., et al. 2013. Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in Central West Mexico. *Southwest. Entomol.* 38:579–596.

Wang, L. and Y. Wu. 2007. Cross-resistance and biochemical mechanisms of abamectin resistance in the B-type *Bemisia tabaci*. *J. Appl. Entomol.* 131:98-103

Yorulmaz S. and R. Ay. 2009. Multiple resistance, detoxifying enzyme activity, and inheritance of abamectin resistance in *Tetranychus uticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) *Turk J. Agric. For.* 33:393-402.

COEXISTENCIA DEL *Citrus tristeza virus* (CTV) Y NARANJO AGRIO (*Citrus aurantium*) BAJO UN RÉGIMEN TÉRMICO RESTRICTIVO EN YUCATÁN, MÉXICO

Patricia Rivas-Valencia⁶³⁷, Emiliano Loeza-Kuk⁶³⁸, Claudia Tania Lomas-Barrié⁶³⁸, Sarah Alejandra Patiño-Arellano y Santiago Domínguez-Monge⁶³⁹

Resumen

El *Citrus tristeza virus* (CTV) es un patógeno presente en casi todas las áreas citrícolas, reduce la producción en plantaciones con portainjertos susceptibles como el naranjo agrio. El objetivo de este estudio fue estudiar el comportamiento del CTV, considerando su estructura poblacional (EP), concentración, vigor y la disponibilidad de vectores partir del análisis de las condiciones térmicas en Yucatán. Los árboles de dos huertas de naranjo dulce (*Citrus sinensis*) injertadas sobre agrio (*C. aurantium*) en Yucatán, se muestrearon y evaluaron en vigor durante 12 años. Las muestras se analizaron por inmunopresión, conformación polimórfica de cadena de DNA (SSCP), amplificaciones específicas por PCR en punto final y tiempo real. La dispersión del CTV es continua y se incrementó un 40% en los últimos cuatro años. Todas las muestras analizadas, fueron negativas para aislamientos severos, solo se identificaron aislamientos tipo T-30 y cambios menores en el vigor de los árboles. La EP indicó cambios con tendencia a la complejidad (de 3 a 11 patrones electroforéticos en seis haplotipos), coeficiente de similaridad de 0.80 y diversidad intrapoblacional del 65%. El régimen térmico (RT) fue restrictivo durante 75% del año para la transmisión del CTV y el desarrollo óptimo de áfidos vectores. La EP del patógeno y el RT han contribuido a evitar epidemias severas de CTV; por lo cual, el naranjo agrio continúa como un elemento clave en la producción citrícola de la región con el riesgo que esto implica, al comercializar material propagativo que no cumple la NOM 079-FITO-2002.

Palabras clave: estructura poblacional, haplotipo, vigor, naranjo agrio

⁶³⁷ INIFAP- Campo Experimental Valle de México. Rivas.patricia@inifap.gob.mx

⁶³⁸ INIFAP- Campo Experimental Mocochoá.

⁶³⁹ Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo Fitopatología.

Introducción

En la historia de la citricultura mundial, la tristeza de los cítricos ha sido una enfermedad con un gran impacto, debido a la mortandad de árboles estimada en casi 100 millones de árboles propagados sobre naranjo agrio (Bar-Joseph et al., 2010). El Citrus tristeza virus (CTV) es el patógeno responsable, perteneciente a la familia Closteroviridae (Karasev, 2000). La especie de CTV se conforma por una colección de variantes de secuencia o haplotipos (Ayllón et al., 2006). Cada aislamiento puede inducir síntomas diferentes (Weng et al., 2007), o incluso ser asintomáticos (Bové et al., 1988; Rivas-Valencia et al., 2010).

El CTV es transmitido de forma semipersistente por *Aphisgossypi* y *Toxoptera citricida*, entre otros áfidos (Yokomi et al., 1994). La abundancia de los vectores, las tasas de replicación viral y transmisión son modificadas sensiblemente por las condiciones ambientales (Racchah et al., 1976). Entre los elementos climáticos más estudiados sobresalen la temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial (Piyaratne et al., 2014; Walliny y Loonan, 1971). La temperatura ideal para el ciclo biológico de los vectores, la replicación y transmisión del virus está entre 20 a 26°C (Garnsey et al., 2005; Racchah et al., 1976).

En México, las primeras detecciones del CTV se realizaron en Tamaulipas (1983) y Veracruz (1986) (SAGARPA, 2001). En Yucatán las primeras detecciones se realizaron en el año 2001, erradicando los árboles en 2002 (SENASICA, 2015). Sin embargo, la dispersión de la enfermedad ha continuado (Rivas et al., 2010; Ruiz et al., 2009; Silva-Vara et al., 2001) los aislados severos se han detectado en Nuevo León, Colima, Baja California, Veracruz y Tamaulipas (Herrera et al., 2009; Loeza et al., 2005; Mendoza et al., 2003; Silva et al., 2001). En la Península de Yucatán, *T. citricida* se encuentra desde hace 17 años (Michaud y Álvarez, 2000), y desde entonces se pronosticó un incremento de aislados y síntomas severos de CTV como en otros países (Halbert et al., 2004; Matos et al., 2013); sin embargo, esto no ha ocurrido. Se desconoce si la ausencia de síntomas severos está ligada a las condiciones climáticas locales que enmascaran los aislados severos. Por lo anterior, este trabajo de largo plazo ha estudiado los cambios en la estructura poblacional del CTV, que ligada a la replicación del virus, los efectos productivos en el hospedante, la supervivencia del vector, dispersión y el componente climático, ofrezcan información relevante para el manejo, control y predicción de la enfermedad. El objetivo de este estudio fue monitorear el comportamiento del CTV, considerando su estructura poblacional, vigor y la disponibilidad de vectores a partir del análisis de las condiciones térmicas en Yucatán.

Materiales y Métodos

Para el análisis climático se consideraron las variables de temperatura máxima y mínima, así como la precipitación acumulada. Se generó un índice de oscilación térmica diaria e índice de días con condiciones favorables para el patosistema tristeza de los cítricos, con datos diarios de 1966 a 2014 de la estación climática convencional Dzan (CONAGUA-SMN) localizada a 4.3 km del área de estudio. También se usaron datos de temperatura mínima y máxima de cada 15 minutos de la estación meteorológica automatizada de Maní para el 2014 (INIFAP) localizada a 5.5. km.

En 2003, 2004, 2006, 2009, 2010, 2014 y 2015 se realizaron muestreos en dos huertas comerciales de cítricos: Cabaché 2 y Unión 2 ubicadas en el Municipio de Ticul, Yucatán, México. Ambas huertas con incidencia a CTV desde el 2001 y con una edad de 25 años. El muestreo realizado en Cabaché 2 fue restrictivo a 24 hileras por 24 árboles y en Unión 2 fue de 9 hileras por 24 árboles. La detección de árboles positivos a CTV se realizó con inmunoimpresión ELISA-directo (PlantPrintDiagnostics SL. y Agdia S.C.), de acuerdo al procedimiento de Ruiz et al. (2009). La caracterización de la estructura poblacional del CTV se realizó según el protocolo de (Kong et al., 2000). Los productos de la capa proteica (CP) se sometieron a Single Strand Conformation Polymorphism (SSCP) (Iglesias et al., 2008). Los fragmentos se separaron mediante electroforesis en gel de poliacrilamida al 12% teñido con plata según el protocolo de Beidler et al. (1982). Para comparar las diferencias entre los patrones electroforéticos se construyó una matriz, con vectores de presencia (1) y ausencia (0) de señal de bandas de SSCP a partir del coeficiente de Nei y Li. Se generó un dendrograma por el método de promedio aritmético de grupos de pares no ponderados (UPGMA), usando el programa NTSYSpc ver. 2.10L y se realizó un análisis de varianza molecular (AMOVA) con el programa GenAIEx6 (Peakall & Smouse, 2012). Adicionalmente, el cDNA de las muestras se procesó para diferenciar aislados de tipo T-385 (moderado) y T-36 (severo), respectivamente (Ayllón et al., 2001). El mismo cDNA obtenido se sometió a PCR en tiempo real para diferenciar aislados tipo T-30 y T-36 (Ananthakrishnan et al., 2010) y determinar la concentración relativa de los aislados presentes en la planta. El registro fotográfico digital de los árboles positivos se realizó en 2004, 2006, 2009 y 2015 (Samsung L200). La evaluación del vigor de los árboles se realizó con una escala diagramática que considera el vigor de las ramas primarias y secundarias considerando densidad foliar, aspecto y coloración de hojas para relacionarla con la presencia de patógenos, con énfasis en CTV (1= Excelente, 2= Bueno, 3= Malo, 4= Muy malo y 5= Muerto).

Resultados y Discusión

La caracterización regional climática indicó que el área de estudio posee un clima tipo Aw1w''(i)g (Köppen modificada por García, 1998), que corresponde a cálido subhúmedo intermedio con canícula interestival, poca oscilación térmica y marcha anual de la temperatura tipo Ganges. Este no es un clima común en el que se desarrollan y expresan los aislados tipo severo excepto en Florida (EE.UU.) (Cuadro 1). En Tamaulipas, aún y cuando la incidencia de aislados de tipo severo fue registrada, en años posteriores no fue posible detectarlos nuevamente (Rivas et al., 2010), lo cual indica el efecto de la temperatura en los aislados severos.

En la marcha anual de la temperatura, enero presenta el menor promedio de las temperaturas mínimas mensuales (ptmm) con 15.7°C, mientras que en junio el ptmm alcanza su valor máximo con 21.4°C. De manera análoga, en enero se presenta el menor promedio de temperaturas máximas mensuales (PTMM) con 30.8°C, mientras que en mayo alcanza su valor máximo con 36.8°C. Esta variación se traduce frecuentemente en una oscilación térmica diaria (OT) muy extremosa, que en mayo alcanza 19.6°C (Figura 1B). Estas condiciones térmicas son restrictivas durante la mitad del año para los componentes involucrados en el patosistema estudiado. Puesto que aun cuando Florida comparte un clima similar con Yucatán, en los sitios con expresión de aislados severos la oscilación térmica mensual se define como extremosa (Cuadro 1).

El CTV depende de los áfidos involucrados para la transmisión; sin embargo, éstos pierden su capacidad reproductiva a 30°C; los valores de mayor fecundidad y tasas reproductivas neta de *T. citricida*, *A. spiraecolay* *A. gossypii* se registran a 20°C (Komasaki, 1982). *Toxoptera citricida* presenta un comportamiento similar, a 20°C una hembra puede generar 52 individuos, mientras que a 32°C genera siete y la sobrevivencia se desploma a 29% (Tsai y Wang, 1999).

Cuadro 1. Climas y condición térmica de sitios con incidencia de aislados severos de CTV. Con datos de la WMO, 2016.

Sitio; País	Tipo de Aislado de CTV [†]	Clima ^{††}	OT [§] anual	OT mensual	Clasificación de la OT Mens ^{§§}	Cita
Dzan, Yucatán; Méx	NS	Aw1 w" (i') g	5.6	14.5	ME	
Mante, Tamaulipas; Méx.	S	Aw0 w" (e')	10.8	13.5	E	Loeza et al., 2005
Cundinamarca, Bogota, Col.	S	Cb' (w2)(x')w" i g	1.45	8.5	E	Oliveros et al., 2009
Meta, Villavicencio; Col.	S	Am i g	2.7	9.4	E	
Ora, Salta; Arg.	S	(A)Ca(w2)(w)w"(e)	11.6	11.3	E	
Montecasero, Corrientes, Arg.	S	(A)Ca f w" (e)	13.5	10.7	E	
Entre Rios, Concordia; Arg.	S	(A)Ca (fm) w" (e')	14.1	11.7	E	Iglesias, et al., 2008
Tucuman, Alta Gracia; Arg.	S	(A)Ca (w2)(w) (e)	13.2	11.6	E	
Jujuy, Calilegua; Arg.	S	(A)Ca (w0)(w) (e)	12.2	12.6	E	
Sharon plain, Tel Aviv; Isr.	S	(A)Ca s (e)	13	7.8	E	Marcus, et al., 2006
Seferihisar, Izmir; Turq.	S	Ca s (e')	18.9	9.2	E	Cevik, et al., 2013
Kastela, Split; Croacia	S	Ca s (e')	18	6.4	E	Černi, 2005
Immokalee, Florida; EUA	S	Aw1(x') w" (e)	10.5	10.1	E	Halbert, et al., 2004

[†]NS= Aislado no severo; S= Aislado severo; ^{††}Climas clasificados según García; [§]Oscilación Térmica; ^{§§}I=Isotermal; E=Extremoso; ME= Muy extremoso.

En Yucatán, las temperaturas favorables para el patosistema se alcanzan parcialmente durante los meses de octubre a diciembre y de enero a marzo, lo cual coincide con lo reportado por Patiño (2012), donde la abundancia de las poblaciones de *T. citricida*, *T. aurantii*, *A. spiraecolay* *A. gossypiise* concentran en esos meses. Aun así, en este intervalo la oscilación térmica (OT) es extremosa (10 a 14°C), o eventualmente muy extremosa (>14°C) (Figura 1B).

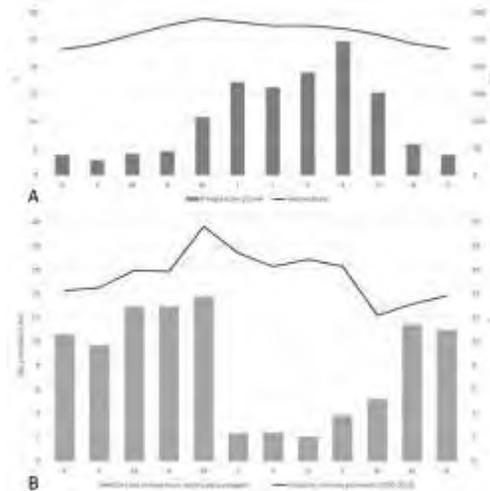


Figura 1. A. Climograma de la zona de estudio (1966-2014). B. Oscilación térmica diaria (línea) y horas apropiadas diarias (barras) para el patosistema CTV. Generado con datos de la estación climatológica convencional 31009-Dzan, CONAGUA-SMN y EMA-Maní-INIFAP.

Una OT extremosa es un factor de estrés, incluso más importante que las temperaturas mínimas y máximas per se. Estudios del impacto de OT extremosas revelan un aumento en la mortalidad de otros insectos (Ma et al., 2015), sobre todo cuando las temperaturas máximas ambientales exceden las temperaturas críticas letales para el insecto (Chanthy et al., 2012).

En la región, los meses con el mayor número de horas propicias para los áfidos y el virus ($>22 <31^{\circ}\text{C}$), son de noviembre a mayo y pudiera sugerir presencia de éstos durante toda la época. Sin embargo, la OT también se incrementa desde marzo hasta septiembre con valores superiores a 16°C . Los cítricos en la región (especialmente *C. latifolia*) presentan flujos de brotación elevados en febrero, mayo, agosto y diciembre y uno pequeño en noviembre (Lomas-Barrié et al., 2015); es decir, existe alimento suficiente y nichos de colonización para los áfidos pero no son capaces de aprovechar las brotaciones por factores climáticos.

El régimen térmico de la región también modifica la transmisión del virus, que se maximiza a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (60.8%) y reduce a 31°C (12.2%) (Racchah et al., 1977).

En este estudio de largo plazo, se muestra que la estructura poblacional del CTV, está compuesta por aislados moderados del tipo T-30. Esta prevalencia ha permitido la coexistencia del virus con los árboles infectados, aún con la presencia de *T. citricida*, lo cual no ha ocurrido en otras áreas productoras (Matos et al., 2013). Sin embargo, lo anterior no exime que la estructura pueda ser modificada por aislados severos como T-36 o VT como en otras áreas de producción (Roistacher et al., 2010). En República Dominicana, en 10 años los aislados tipo T-30 fueron desplazados por aislados severos tipo T-36 y VT, introducidos por el intercambio de material propagativo infectado (Matos et al., 2013). En Yucatán, el uso

de naranjo agrio como portainjerto es un factor de riesgo, en dos sentidos: 1) por su susceptibilidad a CTV y 2) por el origen y calidad desconocidos del material propagativo empleado.

En el periodo de estudio de (2003-2015), se muestrearon 4208 árboles, se realizaron 33664 impresiones para la detección de CTV. Todos los árboles muestreados estaban injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.). En Cabaché 2 se detectó un incremento de árboles positivos del 40%, con respecto a lo encontrado en el periodo de 2003-2006 por Rivas et al. (2010). En Unión 2 se detectaron 7 árboles positivos que no fueron consistentes entre fechas (datos no mostrados). En huertas de Nuevo León con la misma combinación variedad/porta injerto, se observó una dispersión anual de 0.27y 0.19% (Silva et al., 2001), lo cual comparativamente es menor a lo estimado en Yucatán. Todas las muestras positivas por inmunopresión amplificaron parte del gen p25 de la capa proteica del CTV. Los aislados sometidos a PCR selectiva fueron moderados. La PCR en tiempo real confirmó la prevalencia de aislados moderados de tipo T-30 y presentaron una concentración de partículas virales baja, con una media de Ct (threshold cycle) $25.6 \pm SD$ (Cuadro 2). Esta variación es dependiente del tipo de aislamiento, tiempo de infección, especie de cítrico y el vigor de los árboles. Además de la temperatura que limita la replicación del virus. En condiciones cálidas, el CTV reduce su tasa de replicación; sin embargo, el efecto es menor en aislamientos moderados (Targon et al., 2005), por lo que son capaces de superar en la ocupación de nichos de infección a los aislamientos severos.

La EP con SSCP, mostró patrones electroforéticos (PE) de una menor a mayor complejidad por el número de bandas (3-12), que representan al menos seis haplotipos en un mismo árbol. En 2014, se detectaron hasta 10 bandas, representados de 3 a 11 PE con al menos 5 haplotipos, lo anterior muestra la dinámica en el patosistema con cambios temporales de la EP pero no así de prevalencia. El dendrograma construido a partir de la ausencia y presencia de bandas, separó los aislados en cuatro grupos con un coeficiente de similaridad de 0.80. La proporción de aislados para los grupos I, II, III y IV fue de 13.6, 39.7, 13.63 y 32.95%, respectivamente. Aislados provenientes de otra área geográfica de la península, se ubicaron en el grupo IV, que indica un origen común para las dos poblaciones.

El AMOVA, mostró que dentro de las poblaciones hay mayor diversidad (65%), que entre ellas (35%), de acuerdo al número de patrones electroforéticos (11) y de haplotipos (5) encontrados (Cuadro 2). Estudios previos, revelaron que la diversidad genómica dentro y entre los aislados del CTV es atribuida a cierta patogenicidad (Albiach et al., 2010). La patogenicidad del virus depende de la estructura de la población del CTV presente (Kong et al., 2000).

Cuadro2. Análisis de varianza molecular (AMOVA) de patrones electroforéticos obtenidos de un fragmento del gen p25 (273 pb) de aislados originarios de Yucatán, México.

Fuentes de variación	GL	Estimadores de varianza	% de variación	Significancia*
Entre poblaciones	1	1.50	35	0.35
Dentro de poblaciones	86	2.78	65	--

GL= grados de libertad; *Probabilidad de ocurrencia de valores de varianza de stat más extremos que los observados.

El registro fotográfico en 2004, 2006, 2009 y 2015 fue de 46, 49, 83 y 37 árboles, respectivamente. A lo largo de los 12 años, el vigor de los árboles infectados presentó diferentes grados de deterioro. En este estudio, la respuesta de los árboles a la infección del CTV mostró pocos cambios, en concordancia con una infección por aislamientos moderados. Así mismo, los árboles con aspecto vigoroso y saludable mostraron una mayor concentración relativa de CTV. La concentración de partículas virales en árboles con vigor 1 fue similar (Cuadro 2) a plantas jóvenes de *C. aurantifolia* confinadas en invernadero (Ct: 23); mientras que en árboles menos vigorosos, la concentración viral es menor (Ct: 27). De manera general, la concentración viral detectada fue baja al compararse con plantas de *C. aurantifolia* mantenidas a 28°C (Ananthakrishnan et al., 2010).

Cuadro 2. Vigor histórico de árboles positivos a CTV y concentración de copias de T-30. Cabaché2. Ticul, Yucatán, México.

Árbol	Vigor				Ct [†]	Árbol	Vigor				Ct [†]
	2004	2006	2010	2015			2004	2006	2010	2015	
L1-A11	2	2	2	2	25.95	L6-A4	1	1	1	-	24.90
L1-A12	3	3	4	4	25.28	L6-A5	1	1	1	-	25.95
L1-A14	2	3	3	4	23.86	L6-A17	1	1	-	1	27.50
L1-A17	1	1	1	1	26.76	L7-A12	-	-	-	-	32.91
L1-A18	2	2	1	*	24.65	L8-A3	2	2	2	-	29.66
L2-A11	2	2	2	*	31.99	L8-A4	2	2	2	-	28.27
L2-A17	1	2	2	2	27.91	L9-A2	2	2	2	-	28.61
L3-A9	1	1	1	2	26.57	L9-A3	2	-	-	-	26.56
L3-A12	2	2	2	3	28.90	L9-A5	-	2	2	-	23.56
L3-A14	2	2	2	2	25.60	L9-A6	1	1	1	1	25.99
L3-A15	2	2	2	3	25.94	L11-A5	-	1	1	-	28.44
L3-A16	1	1	1	1	25.70	L11-A14	-	1	1	1	22.50
L4-A9	2	-	-	-	27.74	L12-A11	1	1	1	1	23.23
L6-A3	2	2	2	-	23.60	L12-A14	1	1	1	1	20.90

1= Excelente, 2= Bueno, 3= Malo, 4= Muy malo y 5= Muerto. *Solo portainjerto vivo. †CT= (ThresholdCycle) <22 concentración alta >25 concentración baja.

Conclusiones

En los árboles de las huertas estudiadas en el periodo de 2003-2015 se identificaron cambios en la estructura poblacional del patógeno, sin embargo, no se encontraron síntomas ni aislamientos severos de CTV, ni tampoco un detrimento importante en el vigor de los árboles positivos, sin embargo, la dispersión del CTV, se incrementó en un 40% en los últimos cuatro años. Entre las variables climáticas, la oscilación térmica diaria y el número de horas propicios para el patosistema, operan en detrimento del mismo y reducen su impacto, haciendo de esto un régimen térmico restrictivo. Estas condiciones han permitido que el portainjerto naranjo agrio persista entre la preferencia de los productores. Sin embargo, es necesario proveer de alternativas de portainjertos pues el riesgo existe por la comercialización de material propagativo que no cumple la NOM-079-FITO-2002 (SAGARPA 2002).

Literatura citada

- Albiach, M. M. R., C. C. Robertson, S. Gowda, S. Tatineni, B. Belliure and M. Garnsey S. 2010. The pathogenicity determinant of Citrus tristeza virus causing the seedling yellows syndrome maps at the 30-terminal region of the viral genome. *Mol. Plant Pathol.* 11:55-67.
- Ananthkrishnan, G. T., A. Venkataprasanna R. and H. Brlansky R. 2010. Characterization of the mixture of genotypes of a Citrus tristeza virus isolate by reverse transcription-quantitative real-time PCR. *J VirolMethods* 75:82.
- Ayllón, M. A., C. López, J. Navas C., M. Garnsey S., R. Guerri, R. Flores et al. 2001. Polymorphism of the 5' terminal region of Citrus tristeza virus (CTV) RNA: Incidence of three sequences types in isolates of different origin and pathogenicity. *ArchViro* 146:27-40.
- Ayllón, M. A., L. Rubio, V. Sentandreu, A. Moya, J. Guerri and P. Moreno. 2006. Variations in two gene sequences of Citrus tristeza virus after host passage. *Virus Genes* 32:119-128.
- Bar-Joseph, M., Batuman, O., and Roistacher, C. N. 2010. The history to Citrus Tristeza Virus-revisited: In A.V. Karasev, and M. E. Hilf (Eds.), *Citrus Tristeza Virus Complex and Tristeza Diseases*. (pp. 3-26). St. Paul, MN, USA: APS Press.
- Beidler, L. L., R. Hilliard P. and L. Rill R. 1982. Ultrasensitive staining of nucleic acids with silver. *AnalyticBioch* 126:374-380.

- Bové, C., R. Vogel, D. Albertini, and M. Bové J. 1988. Discovery a strain of tristeza virus (K) inducing no symptoms in Mexican lime. In L.W. Timmer, S.M. Garnsey and L. Navarro (Eds.), Proc10th IOCV Conf. (pp. 14-16). Riverside, CA, USA: IOCV and University of California.
- Chanthy, P., R. Martin, R. Gunning and N. Andrew. 2012. The effects of thermal acclimation on lethal temperatures and critical thermal limits in the green vegetable bug, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Frontiers in Physiology* 3:1-8.
- Cevik, B., N. Yardimci and S. Korkmaz. 2013. The First Identified Citrus tristeza virus Isolate of Turkey Contains a Mixture of Mild and Severe Strains. *Plant Pathol J* 29:31–41.
- Černi, S., Škorić, D., Krajačić, M., Gatin, Ž. Santos, C., Martins, V., Nolasco, G. 2005. Occurrence of Stem-Pitting Strains of Citrus tristeza virus in Croatia. *PlantDis* 89:342.
- García, E. 1998. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen (5a ed.). México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Garnsey, S. M., M. Civerolo E., J. Gumpf D., C. Paul, E. Hilf M., R. Lee et al ,2005. Biological Characterization of an International Collection of Citrus tristeza virus (CTV) Isolates. In L.W. Timmer, S.M. Garnsey and L. Navarro (Eds.), Proc10th IOCV Conf. (pp. 75-93). Riverside, CA, USA: IOCV and University of California.
- Halbert, S. E., H. Genc, B. Cevik, G. Brown L., M. Rosales I., L. Manjunath K. et al. 2004. Distribution and characterization of Citrus tristeza virus in south Florida following establishment of *Toxoptercitricida*. *PlantDis* 88:935-941.
- Herrera, I. L., J. C. Ochoa S., R. Rivera B., and J. P. Martínez S. 2009. Sequence diversity on four ORFs Citrus tristeza virus correlates with pathogenecity. *Virology* 6:116.
- Iglesias, N. G., S. P. Gago Z., G. Robledo, N. Costa, M. Plata, I. Vera et al. 2008. Population structure of Citrus tristeza virus from field Argentinean isolates. *Virus Genes* 36:199-207.
- Karasev, A.V. 2000. Genetic diversity and evolution of closteroviruses. *Annu Rev Phytopathol* 38:293-324.
- Komasaki, S. 1982. Effects of constant temperatures on population growth of three aphid species, *Toxoptercitricidus* (Kirkaldy), *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on citrus. *Appl Entomol and Zool* 17:75-81.
- Kong, P., L. Rubio, M. Polek and W. Falk B. 2000. Population structure and genetic diversity within California citrus tristeza virus (CTV) isolates. *Virus Genes* 21:139-145.

- Loeza, K. E., E. C. Palacios T., D. L. Ochoa M., G. Mora A., M. A. Gutiérrez E., V. Febres et al. 2005. Molecular characterization of some isolates of Citrus Tristeza Closterovirus from Veracruz and Tamaulipas. In M.E. Hilf, A. Duran-Vila and M.A. Rocha-Peña (Eds.), Proc16th IOCV Conf. (pp. 407-411). Riverside, CA, USA: IOCV and University of California.
- Lomas, B. C., E. Loeza K., L. Cicero J., M. Sanchez B. and H. Arredondo B. 2015. Availability of Diaphorina citri nymphs for parasitism in Regional Control Areas. Subtropical Agriculture and Environments.
- Ma, G., A. Hoffmann and S. Ma C. 2015. Daily temperature extremes play an important role in predicting thermal effects. J ExpBiol 218:2289-2296.
- Marcus, R., R. Salomon and M. Bar J. 1987. The distribution of citrus tristeza virus in citrus groves in Israel. J Appl Stat 14:15-21.
- Matos, L. A., E. Hilf M., O. Feliz A. J. Harper A., and Y. Folimonova S. 2013. Dramatic change in Citrus tristeza virus populations in the Dominican Republic. PlantDis 97:339-45.
- Mendoza, A., C. Salazar, O. Alvarado, A. Cruz M. and H. Barrera. 2003. Diferenciación molecular de razas severas y débiles de aislados del virus tristeza de los cítricos en México. Rev. Fitotec Mex, 26:223-230.
- Michaud, J. P., and R. Alvarez R. 2000. First collection of brown citrus aphid, Toxoptercitricida (Homoptera: Aphididae) in Quintana Roo, Mexico. Flor Entomol 83:357-358.
- Oliveros, G. O. A., N. Martinez S., Y. Torres R. and O. Acosta. 2009. CPm gene diversity in field isolates of Citrus tristeza virus from Colombia. Arch Virol 154:1933-1937.
- Patiño, A. S. A. 2012. Complejo de áfidos y riesgo de dispersión del virus tristeza de los cítricos en la península de Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- Peakall, R. and E. Smouse P. 2012. GenAIEx 6.5: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinf 28:2537-2539.
- Piyaratne, MKDK. Z. Huiyan, H. Zuqing, H. Xianghun, W. Yu and W. Bailing. 2014. A model to analyze weather impact an aphid population dynamics: an application on swallowtail catastrophe model. ESJ, 10:300-311.
- Raccah, B., G. Loebenstein, & M. Bar-Joseph. 1977. Transmission of citrus tristeza virus by the melon aphid. Phytopathol 66:1102-1104.

Rivas, V. P., E. Loeza K., G. Mora A., N. Ruiz G., D. L. Ochoa M., M. A. Gutiérrez E. et al. 2010. Análisis espacio-temporal de aislados del Citrus tristeza virus de Yucatán y Tamaulipas. REMEXCA, 41:493-507.

Roistacher, C. N., A. Da Graça V. and W. Müller G. 2010. Cross protection against Citrus tristeza virus – a review. In M.E. Hilf, R.G. Milne, L.W. Timmer and J.V. da Graça (Eds.), Proc17th IOCV Conf. (p.p. 1-27). Riverside, CA, USA: IOCV and University of California.

Ruiz, G. N., G. Mora A., P. Rivas V., C. Góngora C., E. Loeza K., D. L. Ochoa M. D. et al. 2009. Sensibilidad de inmunopresión-ELISA y DAS-ELISA en el diagnóstico del virus tristeza de cítricos en Tamaulipas, México. RCHSH 15:41-47.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Pesqueros y Acuícola). 2001. NOM-031-FITO 2000. Por la que se establece la campaña contra el virus tristeza de los cítricos. Diario Oficial de la Federación. 10 de agosto de 2001. 9 pp.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Pesqueros y Acuícola). 2002. NOM-079-FITO 2002. Requisitos y especificaciones fitosanitarias para la producción y movilización de material propagativo libre de virus tristeza y otras virosis asociadas a cítricos. Diario Oficial de la Federación. 22 de mayo de 2002. 17 pp.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2015. Dirección URL: <http://senasica.gob.mx/?id=4154>

Silva, V. S., M. A. Peña, R., R. Peña M., N. Villegas J., K. F. Byerly M., and M. A. Rocha P. 2001. Distribución del virus de la tristeza en tres plantaciones comerciales de cítricos del estado de Nuevo León, México. Agrociencia 35:441-450.

Targon, M. L. P. N., H. D. Coletta F., A. De Souza A., M. Cristofani, S. de Oliveira D. and A. Machado M. 2005. Differential expression of Citrus tristeza virus isolates in the host-interaction. In M.E. Hilf, A. Duran-Vila and M.A. Rocha-Peña (Eds.), Proc16th IOCV Conf. (pp. 493). Riverside, CA, USA: IOCV and University of California.

Tsai, J. and H. Wang. 1999. Life Table Study of Brown Citrus Aphid (Homoptera: Aphididae) at Different Temperatures. EnvironEntomol 28:412-419.

Wallin, J. R., and V. Loonan D. 1971. Low level jet winds, aphid vectors, local weather and barley yellow dwarf virus outbreaks. Phytopathol 61:1068-1070.

Weng, Z., R. Barthelson, S. Gowda, E. Hilf M., O. Dawson W., W. Galbraith D. and Z. Xiong. 2007. Persistent infection and promiscuous recombination of multiples genotypes of an RNA virus within a single host generate extensive diversity. Plos ONE 2(9):e917.doi:10.1371/journal.pone.0000917.

Yokomi, R. K., R. Lastra, Stoetzel M., F. Lee R., M. Garnsey S., R. M. Gottwald T. et al. 1994. Establishment of the brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) in Central America and the Caribbean basin and transmission of Citrus tristeza virus. J Econ. Entomol 87:1078-1085.

HONGOS ASOCIADOS CON LA MUERTE REGRESIVA DE LOS CÍTRICOS Y ANTAGONISMO CON MICROORGANISMOS NATIVOS

Laura G. Polanco Florián⁶⁴⁰, Omar G. Alvarado Gómez⁶⁴⁰, Orquídea Pérez González⁶⁴⁰, Jesús
Martínez de la Cerda⁶⁴⁰, Ramiro González Garza⁶⁴¹

Resumen

El cultivo de cítricos es afectado por diversos agentes fitopatógenos que reducen su producción y provocan la muerte de árboles. Dentro de los hongos, algunas especies de la familia Botryosphaeriaceae han sido reportadas recientemente como causantes de muerte regresiva y cáncer en muchas especies vegetales incluyendo a los cítricos. En México, la muerte regresiva de los cítricos no ha sido reportada oficialmente. Generalmente, el método de control de los hongos causantes de esta enfermedad es mediante aplicaciones de fungicidas sintéticos como la herramienta principal de supresión. Los agentes antagónicos pueden controlar el desarrollo y propagación de los patógenos, tal es el caso de los actinomicetos, los cuales poseen la capacidad de producir compuestos antibióticos y antifúngicos. Los objetivos de la presente investigación fueron identificar los agentes causales de la muerte regresiva de los cítricos mediante técnicas tradicionales y moleculares y probar cepas de actinomicetos antagonistas contra los hongos fitopatógenos. Se colectaron y analizaron muestras con síntomas de muerte regresiva provenientes de los estados de Tamaulipas y Nuevo León. Adicionalmente se realizaron muestreos de suelo para aislar cepas de actinomicetos y se evaluó su capacidad antagónica. Después del aislamiento y purificación de hongos, se realizó su observación microscópica para la identificación morfológica. Para la identificación molecular se extrajo el ADN micelial, se amplificó la región ITS y se realizó la purificación y secuenciación. Las secuencias consenso fueron comparadas con cepas presentes en el GenBank y se identificó a la cepa *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp. y *Eutypella* sp. como responsables de la muerte regresiva de los cítricos. Los resultados reflejan que el mayor porcentaje de inhibición fue observado con la cepa ACT1 frente al hongo *L. theobromae*, con un 56% y la cepa ACT2 CON 48%. Asimismo, la cepa ACT1 inhibió el crecimiento de *Phomopsis* sp en 52%, y la cepa ACT2 con 49%. La cepa ACT1 mantuvo su capacidad inhibitoria por más de 20 días.

⁶⁴⁰ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.

⁶⁴¹ Biociencia S.A.

Palabras clave: Botryosphaeriaceae, control biológico, fitopatógenos, inhibición, Lasiodiplodia

Introducción

El cultivo de cítricos es afectado por un sin número de enfermedades que la afectan y le ocasionan daños, disminución del rendimiento y de la calidad de la fruta, y en algunos casos causan la muerte del árbol. Estas enfermedades son causadas por diversos agentes fitopatógenos como fitoplasmas, espiroplasmas, bacterias, hongos, virus, viroides, algas y nemátodos (Guerrero et al., 2013; Varela et al., 2006; Saldívar et al., 2000; Suárez y Rosales, 1998). Dentro de los hongos, algunos géneros y especies pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae, han sido reportadas afectando un amplio rango de hospederos en diversas partes del mundo causando diversos síntomas tales como lesiones, cáncer, gomosis, tizón de la hoja, pudrición del pedúnculo, muerte de ramas y muerte regresiva (Rodríguez et al., 2016; Adesemoye et al., 2014; Sandoval et al., 2013).

La muerte regresiva de los cítricos particularmente, es provocada por el hongo *Lasiodiplodia* sp. (Adesemoye et al., 2014). Este hongo patógeno ha sido reportado en México, afectando algunos frutales. La pudrición del pedúnculo y muerte regresiva de ramas fue observada en árboles de mango (*Mangifera indica* L.) en varios estados de la República Mexicana. Los patógenos identificados correspondieron a *Lasiodiplodia theobromae* y *Neofusicoccum parvum* (Sandoval et al., 2013). En Guerrero, se reportó la especie *L. theobromae* en árboles de zapote mamey (*Pouteria zapota* Jacq.) ocasionando marchitez, muerte de la yema apical y consecuentemente muerte regresiva con secamiento gradual a los 22 días después del injerto (Tovar et al., 2013). En Nayarit, la muerte regresiva ha sido observada en huertos de guanábano (*Annona muricata* L.), iniciando en las ramas, las cuales continuaron secándose desde la punta hacia la base, identificaron a *L. theobromae* como el agente causal (Hernández et al., 2013). Los canchales y posteriormente la muerte regresiva es uno de los mayores problemas en el cultivo de la vid (*Vitis vinífera* L.) en Sonora y Baja California y ha sido demostrado que *Lasiodiplodia theobromae* y *Diplodia seriata* son los agentes causales (Úrbaz et al., 2008).

Lasiodiplodia sp. continúa ampliando su rango de hospederos, presentándose en cultivos donde anteriormente no había sido reportado. A principios del año 2015, algunos citricultores del estado de Sinaloa informaron sobre la muerte regresiva de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan). En este mismo año, algunos productores de Nuevo León reportaron la muerte de ramas en dirección descendente al tronco principal también en limón persa y en naranja dulce (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) variedad Valencia, injertada sobre naranjo agrio (*Citrus*

aurantium L.). En ambos casos se pudo aislar e identificar a *Lasiodiplodia* sp. En el estado de Tamaulipas, la situación es similar, ya que varios hongos encontrados en huertas de cítricos están causando la muerte de los árboles.

Por lo general, el método de control de este hongo es mediante las aplicaciones de fungicidas sintéticos como la herramienta principal de supresión, permaneciendo escasa la información acerca del uso de microorganismos benéficos como agentes de control biológico (Adeniyi et al., 2013; Álvarez, 2015; Tovar et al., 2013). Sin embargo, el uso intensivo de fungicidas puede producir efectos colaterales como la resistencia de plagas y enfermedades, la reducción de microorganismos benéficos y la contaminación del ambiente (Bravo et al., 2006). Los agentes utilizados como controladores biológicos reducen significativamente las poblaciones de fitopatógenos y con su uso se pretende equilibrar las perturbaciones ecológicas provocadas por los agroquímicos (Badii y Abreu, 2006). Entre los grupos de microorganismos utilizados como controladores biológicos se encuentran los actinomicetos, los cuales han sido ampliamente estudiados por su capacidad de producir compuestos antibióticos y antifúngicos (Abdallah et al., 2013; Dávila et al., 2013; Lee et al., 2002; Sreevidya y Gopalakrishnan, 2012). Los actinomicetos son bacterias Gram positivas halladas generalmente en el suelo (Quiñones et al., 2016). En las últimas décadas, un gran número de actinomicetos han sido utilizados en la agricultura como un medio de controlar o reducir las poblaciones de fitopatógenos causantes de enfermedades de importancia agrícola (Dávila et al., 2013).

Las especies de hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* asociados con la muerte regresiva de los cítricos y las pérdidas económicas que éstos pueden ocasionar, no ha sido reportado en México, y menos aún su forma de control; por lo tanto, la búsqueda de los agentes causales y/o asociados con la muerte regresiva de los cítricos es oportuna y al mismo tiempo buscar agentes antagónicos que pudieran resolver brotes más intensos de la enfermedad.

Por lo anterior, los objetivos de estudio fueron aislar e identificar mediante métodos microbiológicos y moleculares las especies de los hongos hallados en árboles de cítricos causando muerte regresiva en huertas de Tamaulipas y Nuevo León y evaluar el antagonismo de actinomicetos nativos contra los hongos fitopatógenos.

Materiales y Métodos

Muestreo de plantas y aislamiento de hongos

Se tomaron muestras de tallos y ramas con síntomas de necrosis y muerte regresiva para aislar las cepas de los principales hongos patógenos y endófitos presentes en el cultivo. Se tomaron muestras de tejido vegetal de aproximadamente 2 x 2 mm entre la parte necrótica y

la parte aparentemente sana. La desinfección se realizó en dos eventos: etanol al 70% durante 30 s, seguido por blanqueador comercial (hipoclorito de sodio) por 1 min, después se lavaron con agua bidestilada tres veces (Marques et al., 2013). Luego fueron colocados en cajas Petri de 9 cm con medio de cultivo elaborado a base de papa, dextrosa y agar (PDA). Adicionalmente, de los troncos de mayor edad y grosor, se extrajeron muestras de aserrín utilizando un taladro con brocas desinfectadas. En todos los casos las cajas Petri fueron incubadas a 25°C en obscuridad (Marques et al., 2013). Los hongos aislados fueron purificados resemebrando mediante punta de hifa en agar agua a 25°C durante 4 semanas, para inducir la producción de conidios (Twizeyimana et al., 2013). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Identificación morfológica de hongos

La identificación morfológica de los aislamientos obtenidos estuvo basada en las características de las colonias: el color, tipo y forma de la colonia y velocidad de crecimiento utilizando un microscopio óptico. Luego se realizaron preparaciones de las cepas en portaobjetos usando lactofenol azul de algodón para colorear las estructuras de hongos, luego fueron observados al microscopio. Además, se describieron las características particulares de las estructuras. La identificación de las especies de hongos se realizó utilizando las claves de Barnett y Hunter (1998) y Phillips (2004).

Identificación molecular.

Se aisló ADN genómico a partir de micelio crecido en cajas Petri utilizando el DNeasy Plant Mini Kit® (Qiagen Inc.) siguiendo las instrucciones del fabricante con ligeras modificaciones y posteriormente se cuantificó el ADN utilizando un espectrofotómetro Take3 (Bioselect). Se amplificó por PCR la región espaciadora intergénica interna (ITS). La secuencia de los iniciadores utilizados fueron los siguientes: ITS-1fu 5'-tccgtaggtgaacctgcgg-3' ITS-4 5'-tcctccgctatttgatgac-3'. Las reacciones de amplificación se realizaron en un volumen total de 25 µl conteniendo: 5 µl de amortiguador de PCR 5X, 2 µl de MgCl₂ (25 mM), 2.5 µl de dNTP's (2.5 mM), 0.2 µl la enzima go-Taq (5U/µL), 9.8 µl de agua grado Mili-Q, 2 µl de cada iniciador (10 pmoles/µL) y 3 µl de ADN. Las reacciones de amplificación se llevaron a cabo en un termociclador (MJ Research), las cuales consistieron de una desnaturalización a 94 °C por 1 min, un anillamiento a 55°C por 25 seg, una extensión a 72°C durante 50 seg, con 35 ciclos, seguido de una extensión final a 72°C por 4 min. El ADN amplificado se sometió a una electroforesis en geles de agarosa al 1%, previamente teñido con 0.5 ng/µL⁻¹ de bromuro de etidio, y un marcador de peso molecular (ladder-100, Axygen®), luego se visualizó bajo luz ultravioleta y fue fotografiado. Los productos de la PCR fueron secuenciados y comparados con secuencias del GenBank para confirmar la identidad de los hongos a nivel de especie. La extracción de ADN y el PCR fueron realizados en el Laboratorio de Biociencia S.A.

Aislamiento de actinomicetos

Los muestreos de suelo fueron realizados durante los meses de enero-abril de 2017 en el huerto de cítricos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus Marín (25°52'25.76" N; 100°3'21.25"W) y en un cultivo de hortalizas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila (25°21'12.84" N; 101°01'52.40"W). Fueron colectadas tres muestras de la rizosfera a una profundidad de 10-15 cm después de eliminar la capa superficial y seleccionando al azar cinco puntos diferentes para formar una sola de cada sitio. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico, se sellaron y se almacenaron en el laboratorio (en condiciones de clima fresco). Para preparar la suspensión del suelo, fue pesado 1 gr de cada muestra y disuelto en 9 ml de agua estéril. Las diluciones fueron dejadas en reposo durante 30 min y luego calentadas a 50°C durante 10 min. Luego se prepararon diluciones seriales (1:10) hasta obtener las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} , de las cuales se tomaron 100 μ l y se sembraron mediante la técnica de extensión en cajas Petri conteniendo el medio de cultivo PDA, incubadas a 25°C y observados periódicamente hasta la aparición de colonias típicas de actinomicetos (Oskay et al., 2004). La identificación morfológica de las cepas estuvo basada en las características de las colonias en el medio de cultivo y descripción de las estructuras observadas al microscopio.

Prueba de antagonismo in vitro

Para probar inicialmente la capacidad de inhibición de las cepas de actinomicetos aisladas, éstos fueron confrontadas contra el hongo *Alternaria* sp., por ser un hongo comúnmente hallado en una gran variedad de cultivos agrícolas. Se utilizaron tres cepas fúngicas (*Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp. y *Alternaria* sp.) obtenidas de muestreos realizados en huertas comerciales de cítricos con síntomas de muerte regresiva. La actividad antagónica fue probada con las cepas de actinomicetos ACT1 y ACT2 aisladas de los muestreos realizados, mediante confrontaciones en PDA, colocando una azada del crecimiento de los actinomicetos en cuatro puntos en forma de cruz a 3 cm de distancia del centro. Pasadas 48 h un disco del hongo fitopatógeno de 5 mm fue colocado en el centro de la caja Petri. Estas confrontaciones se realizaron por triplicado, realizando evaluaciones cada 24 h midiendo el avance radial micelial de los fitopatógenos. La evaluación final se realizó al quinto día cuando el crecimiento radial micelial del tratamiento control hubo completado la caja Petri. Este ensayo fue realizado dos veces.

Variable evaluada

Cada unidad experimental consistió de una caja Petri y la variable fue el crecimiento radial micelial (mm) de los fitopatógenos. El porcentaje de inhibición fue calculado siguiendo la siguiente fórmula: $[(A1-A2)/A1] \times 100$. Donde: A1= crecimiento de la colonia del fitopatógeno (testigo) y A2=crecimiento de la colonia fúngica del fitopatógeno creciendo frente al actinomiceto.

Resultados y Discusión

Se logró aislar y purificar varias cepas de hongos obtenidas a partir de las muestras de árboles de cítricos con síntoma de muerte regresiva. Mediante la identificación morfológica se identificó a *Lasiodiplodia* sp., *Phomopsis* sp., *Alternaria* sp., y *Eutypella* sp. Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Adesemoye et al. (2014), quienes indican que el género *Lasiodiplodia* spp., y otros géneros pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae causan gomosis y muerte regresiva en cítricos y diversas especies leñosas. Otros síntomas causados por *Lasiodiplodia* spp. son gomosis, cáncer, pudrición del pedúnculo y frutos (McDonald y Eskalen 2011). En México, el hongo *Lasiodiplodia* sp. está causando muerte regresiva en algunos frutales de importancia económica como el mango (*M. indica*) zapote mamey (*M. zapota*), el guanábano (*A. muricata*) y la vid (*V. vinífera*) y los resultados de este estudio muestran que el cultivo de cítricos está incluido. La presencia de estas especies afectando árboles de cítricos donde anteriormente no habían sido detectadas resulta de gran interés, ya que algunos factores posiblemente estén influyendo para que produzcan la enfermedad. Uno de esos factores puede ser el estrés por sequía (Mullen et al., 1991), puesto que algunas de estas especies pueden estar presentes en los cultivos como saprófitas y no causar ningún tipo de síntomas hasta que se presenten las condiciones favorables (Trakunyingcharoen et al., 2015).

Identificación molecular

La secuencia consenso de los productos de PCR de los aislados fue de 580 pb para la región ITS-1 a ITS-2. Al comparar las secuencias de ADN de los aislamientos con secuencias del GenBank, coincidieron en un 99% de similitud con *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp. y *Eutypella* sp., sin embargo, actualmente se reconoce a *L. theobromae* como un complejo de especies. En el caso de *Eutypella* sp., varias especies han sido identificadas en ramas de cítricos que presentan cáncer en California, USA, y ha sido catalogada como un fitopatógeno agresivo (Mayorquin et al., 2016). *Phomopsis* sp. ha sido hallada esporádicamente en algunas variedades de cítricos con síntomas de cáncer en California, USA (Adesemoye et al., 2014).

De los muestreos de suelo realizados en Coahuila y Nuevo León, un total de seis aislados mostraron características típicas de actinomicetos en medio de cultivo. Después de la purificación de estos, solamente dos cepas provenientes de Coahuila mostraron actividad inhibitoria. Las características de crecimiento de las colonias en cultivo PDA mostraron masas aéreas secas, polvosas, con bordes irregulares, de pigmentaciones variadas, observándose tonalidades de color amarillo con algunas pequeñas áreas blanquecinas y otras de color anaranjado con pequeñas pecas blancas. Al observar las colonias al

microscopio (40X), estas mostraron las ramificaciones típicas de los actinomicetos. Los resultados de la tinción Gram mostraron que son bacterias Gram positivas.

Actividad antagónica

Las cepas ACT1 Y ACT2 probadas inicialmente contra *Alternaria* sp., evidenciaron capacidad inhibitoria contra este fitopatógeno y asimismo contra *L. theobromae* y *Phomopsis* sp (Figura 1). El mayor porcentaje de inhibición fue observado con la cepa ACT1 frente al hongo *L. theobromae* con un 56% frente a la cepa ACT2 CON 48%. La cepa ACT1 mantuvo su capacidad inhibitoria por más de 20 días. La cepa ACT1 inhibió el crecimiento de *Phomopsis* en 52%, y la cepa ACT2 con 49%. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sánchez et al. (2011) y Wang et al. (2015) quienes pudieron aislar actinomicetos con capacidad de inhibir desde un 12 hasta 88% a fitopatógenos de importancia agrícola. Pérez et al. (2015) también lograron aislar actinomicetos del suelo, los cuales mostraron actividad antagónica e inhibieron por completo al hongo *Fusarium equiseti*.

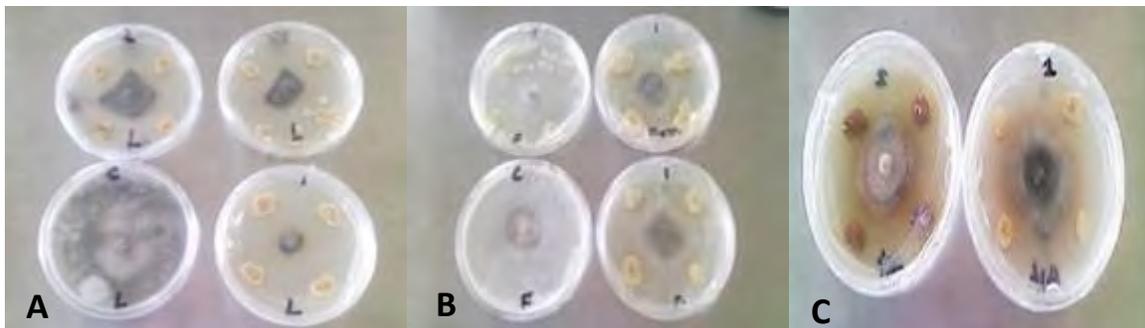


Figura 1. Las tres repeticiones y el control de la prueba de inhibición. A) *L. theobromae* vs ACT1. B) *Phomopsis* sp. vs ACT1. C) *Alternaria* sp. vs ACT1 y ACT2.

La inhibición de los hongos patógenos presentada por los actinomicetos ACT1 y ACT2 probados en este estudio, pudo ser causada por algún metabolito secretado por los mismos en su crecimiento. Dicho metabolito todavía no ha sido identificado, se requiere de mayores estudios.

Conclusiones

1. Se logró el aislamiento de los probables agentes causales de la muerte regresiva, se tuvo éxito en los protocolos desarrollados para el aislamiento, la extracción de ADN, la amplificación y la secuenciación. Así mismo, se logró la identificación a nivel de género y/o especies de los hongos *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Alternaria* sp. y *Eutypella* sp., a partir de muestras de cítricos procedentes Tamaulipas y Nuevo León. La

presencia de *Lasiodiplodia* sp. en el cultivo de cítricos, sugiere que los monitoreos oportunos deben mantenerse en los huertos para evitar que problemas fitosanitarios y pérdidas económicas similares a las que ocurren en otros frutales puedan presentarse en este cultivo y tomar medidas oportunas cuando se presenta la enfermedad.

2. El ensayo de antagonismo in vitro permitió evidenciar la capacidad de las cepas evaluadas para inhibir el crecimiento de *L. theobromae*, *Phomopsis* sp. y *Alternaria* sp. con porcentajes de inhibición de 48 a 56%. El grado en que las cepas de actinomicetos lograron reducir el crecimiento de los hongos estudiados y el tiempo en el que los pudieron mantener inhibidos, presentan una alternativa de control contra los hongos asociados con la muerte regresiva de los cítricos, para ser implementada in vivo y contra otras especies de fitopatógenos por su capacidad de antagonismo mediante la producción de compuestos antifúngicos.

Agradecimientos

Al CONACYT, UANL (Proyecto PAICyT-CT291-15) y Biociencia S.A. por el financiamiento de los estudios y la investigación.

Literatura citada

Abdallah, M. E., S. A. Haroun, A. A. Gomah, N. E. El-Naggar and H. H. Badr. 2013. Application of actinomycetes as biocontrol agents in the management of onion bacterial rot diseases. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46(15):1797-1808.

Adeniyi, D. O., R. Adedeji A., F. Oduwaye O. and O. Kolawolw O. 2013. Evaluation of biocontrol agents against *Lasiodiplodia theobromae* causing inflorescence blight of cashew in Nigeria. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 5(3):46-48.

Adesemoye, A. O., S. Mayorquin, J., H. Wang D., M. Twizeyima, C. Lynch S., and A. Eskalen. 2014. Identification of species of *Botryosphaeriaceae* causing bot gummosis in citrus in California. *Plant Dis.* 98:55–61.

Álvarez, L. A. 2015. Eficacia fungicida en el control de *Lasiodiplodia theobromae* en plantas de palto (*Persea americana*) con el uso del bioestimulante a base de algas Fertimar. *Plagas y Enfermedades. VIII Congreso Mundial de la Palta* 135-140. www.wacperu2015.com [consultado el 19 de mayo de 2017].

- Bravo, A., M. Soberón, I. Gómez, C. Muñoz, L. Pardo, L. Galán, et al. 2006. Los microorganismos en el control biológico de insectos y fitopatógenos. *Rev. Latinoamericana de Microbiología*. 48(2):113-120.
- Badii, M. H., y J. L. Abreu. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience* 1(1):82-89.
- Barnett, H. and B. Hunter. 1998. *Illustrate Genera of Imperfect. Fungi*. The American Phytopathological Society. Minnesota 4th Ed. 217 p.
- Dávila, M. M. D., G. Gallegos M., D. Hernández C., Y. M. Ochoa, F. y A. Flores O. 2013. Actinomicetos antagonicos de importancia agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(8):1187-1196.
- Guerrero, G. C. E., O. G. Alvarado G., H. Gutiérrez M., R. González G., M. G. Álvarez O. y M. Luna R. 2013. Detección por RT-PCR punto final y tiempo real de tres especies de viroides en cítricos de Nuevo León y Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30:1–9.
- Hernández, F. L. M., R. Gómez, J. y A. Agustín J. 2013. Importancia, plagas insectiles y enfermedades fungosas del cultivo del guanábano. Libro técnico No. 1. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 87 p.
- Lee, C. H., B. J. Kim, G. J. Choi, K. Y. Cho, H. Yang and C. Shin et al. 2002. *Streptomyces* with antifungal activity against rice blast causing fungus *Magnaporthe grisea*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 12(6):1026-1028.
- McDonald, V. and A. Eskalen. 2011. *Botryosphaeriaceae* species associated with avocado branch cankers in California. *Plant Dis.* 95:1465–1473.
- Marques, M. W., B. Lima N., A. Morais M, J. Michereff S., J. L. Phillips, A., and P. S. Cámara M. 2013. *Botryosphaeria*, *Neofusicoccum*, *Neocyttalidium* and *Pseudofusicoccum* species associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity* 61:195–208.
- Mayorquin, J. S., H. Wang D., M. Twizeyimana and A. Eskalen. 2016. Identification, distribution, and pathogenicity of *Diatrypaceae* and *Botryosphaeriaceae* associated with citrus branch canker in the southern California desert. *Plant Disease* 100(12):2402-2413.
- Mullen, J. M., H. Gilliam C., K. Hagan A. and G. Morgan J. 1991. Cancer of dogwood caused by *Lasiodiplodia theobromae*, a disease influenced by drought stress or cultivar selection. *Plant Disease* 75:886-889.

Oskay, M., A. Usame T. and C. Azeri. 2004. Antibacterial activity of some actinomycetes isolated from farming soils of Tuley. *African Journal of Biotechnology* 3(9):441-446.

Pérez, C. D. A., N. Y. García G., G. Gallegos M., M. F. Ruiz C., D. I. Berlanga R. y C. Ríos V. 2015 aislamiento de actinomicetos asociados a rizosfera de árboles de manzano antagónicos a *Fusarium equiseti*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1629-1638.

Phillips, A. J. L. 2004. The *Botryosphaeria* site. www.crem.fct.unl.pt/botryosphaeria_site [consultado el 13 de septiembre de 2016].

Quiñones, A. E. E., Z. Evangelista M. y G. Rincón E. 2016. Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica. *Elementos* 101:59-64.

Rodríguez, G. E, Guerrero, P., Barradas, C., Crous, PW., and Alves, A. 2016. Phylogeny and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with dieback of mango in Peru. *Fungal Biology* 121(4):452-465.

Saldívar, O. H., E. Maldonado C., R. Álvarez Z. y C. M. Aguilar, T. 2000. Monitoreo del Virus de la Tristeza de los Cítricos (CTV) en el estado de Sonora. *Revista Mexicana de Fitopatología* 18:61.

Sánchez, O. M. R., S. R. Sánchez P., G. Gallegos M. y A. Sánchez A. 2011. Actividad inhibitoria de actinomicetos aislados de hormigas cultivadoras de hongos (Hymenoptera: Formicidae) sobre *Colletotrichum lindemuthianu*, y *Rhizoctonia solani*. *Revista Agraria* 8(1): 14-17.

Sandoval, S. M., D. Nieto, A., S. Sandoval I., D. Teliz O., M. Orozco S. y V. Silva R. 2013. Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). *Agrociencia* 47:61–73.

Sreevidya, M. and S. Gopalakrishnan. 2012. Bacteria and actinomycetes as biocontrol agents for the control of fungal of chickpea and sorghum. *International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics*, 293 p.

Suarez, H. Z. y L. Rosales, A. 1998. Nemátodos asociados a los frutales y su control. I: frutales perennes. *Aspectos Fitosanitarios. FONAIAP Divulga* 59:13-18.

Tovar, P. J. M., J. A. Mora A., C. Nava D., D. Teliz, O., A. Villegas M., y S. G. Leyva M. 2013. Control de *Lasiodiplodia theobromae*, agente causal de la muerte descendente de injertos de zapote mamey (*Pouteria zapota* Jacq.) en México. *Revista Fitotec. Mexicana* 36(3):233-238.

Trakunyingcharoen, L., L. Lombard, Z. Groenewald J., R. Cheewangkoon, C. To-anum, and W. Crous P. 2015. *Caulicolus Botryosphaeriales* from Thailand. *Persoonia* 34:87-99.

Twizeyimana, M., H. Forster, V. McDonald, D. H. Wang, J. E. Adaskaveg and A. Eskaten. 2013. Identification and pathogenicity of fungal pathogens associated with stem-end rot of avocado in California. *Plant Dis.* 97:1580–1584.

Úrbaez, T. J. R., G. M. Leavitt, J. C. Guerrero, J. Guevara and W. D. Gubler. 2008. Identification and pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* and *Diplodia seriata*, the agents of bot canker disease of grapevines in Mexico. *Plant Disease* 92:519-529.

Varela, F. S., J. Villareal M., G. Silva A., R. Álvarez R., R. García M., H. Rodríguez R. et al. 2006. Manual para el Manejo y Producción de cítricos en Tamaulipas. Ed. Artes Gráficas Bendeck 101 p.

Wang, L., M. Xing, R. Di and Y. Luo. 2015. Identification and antifungal activities of *Streptomyces aureoverticillatus* HN6. *J. Plant Pathol Microb.* 6:281.

PROPUESTA DE MODELO SOBRE EL PROCESO DE FISURA DE TEJIDOS EN PLANTAS DE CÍTRICOS (*Citrus* sp): UN PROBLEMA REAL

Arturo Ponciano Cruz^{642*}

Resumen

El fisuramiento de tejidos en cítricos es explicado con base a un modelo que integra aspectos edafo-climáticos. Da énfasis al factor suelo como punto de partida para que, a través de su influencia en el funcionamiento fisiológico de la planta a través de plasmólisis, suceda el macro y micro fisuramiento; el posterior drenado de savia que funge a su vez como atrayente de la población hospedera, que es un sustrato vital para que estos cumplan su ciclo de vida. Algunos tipos de fisura son mostrados, así como los efectos de mayor relevancia tales como el aborto de frutos, amachado y muerte de árboles. El modelo considera a los agentes patógenos, como saprófitos y a los factores agua y temperatura, como catalizadores.

Palabra clave: Fisuramiento, plasmólisis, autocuramiento, alcalinización y acidificación

Introducción

En 1992 la Asociación de Horticultores reporta a los técnicos de Inca Rural en el Municipio de Alamo-Temapache un evento singular en plantaciones comerciales de Sandía. Las guías de esta cucurbitácea proliferaban excesivamente con flor, pero erectas en forma de gancho. Esta característica fue diagnosticada a través de la revisión completa de las plantas afectadas concluyendo que la situación era la respuesta a un proceso de rompimiento de guías. Este hecho fue el punto de partida para observar los cítricos obteniendo información de este proceso en las diferentes variedades. La referencia es la rajadura de fruto.

⁶⁴² Consultor técnico de Aspargo. La Camelia, Alamo-Temapache, Ver. CP 92755. poncianoart59@hotmail.com. 765816156

Materiales y Métodos

Para desarrollar el modelo se llevó la revisión ocular de campo cualitativa, observando muestras en las diferentes partes de la planta de naranja. Tomando fotografías a las microfisuras con una cámara digital. Para la revisión de microfisuras se usó una lupa 30X con lámpara y regulador de luz. Se realizó un análisis de la bibliografía relacionada con las características de los suelos, el clima y la temperatura.

Resultados y Discusiones

La propuesta sobre el fisuramiento de tejidos en plantas de cítricos lo define como una distorsión fisiológica que proviene del desequilibrio existente entre el suelo y la planta referente a la absorción del agua. Explicarla de manera aislada no nos llevaba a ninguna conclusión convincente como la simple atribución a un agente patógeno o deficiencia, es por ello que fue preciso desarrollar un modelo que definiera todo el proceso y la relación en específico de los factores que intervienen y las condiciones básicas para que este evento ocurra en todas sus formas. Realizar la interrogante del porque las heridas estaban en diferentes partes de la planta: 1.- Fisura en frutos que origina pérdidas en todas las variedades de cítricos. Van desde la rajadura de fruto a micro redes en la cáscara del fruto en sus diferentes formas y dimensiones. 2.- Fisura en hojas. Ocurre en los orificios de la hoja. Origina envejecimiento prematuro decoloraciones y caída. 3.- Fisura en corteza y madera de ramillas, ramas, tronco (injerto mas portainjerto), raíces. 4.- Papel que desempeñan los hospederos y demás agentes como los cánceres, hongos, virus y bacterias. Para un mejor entendimiento del modelo se anexan fotografías representativas sobre el evento de fisuras en tejidos de cítricos.

Encontramos que el modelo resultante para explicar el fisuramiento de tejidos contradice las causas que generan las enfermedades y que el mayor peso se ubica en la reacción fisiológica definida como plasmólisis, cuyas causas se debe al incremento de solutos en el suelo y a la baja concentración de materia orgánica. Impactando la absorción de agua al grado de que la deshidratación es lo suficientemente intensa para que el tejido vegetal no resiste y se rompa con posterior drenado de savia a cuyo encuentro salen diferentes pobladores hospederos que aprovechan el sustrato alimenticio. Dos aspectos ocupan el modelo.

1. Explicar la causa a través de la interrelación entre las diferentes variables que influyen en la planta: los suelos donde se desarrolla, el clima que la envuelve y la precipitación.

2. Definir los efectos en la planta. Van desde un manchado y rajadura de fruto hasta la muerte total de un árbol.

Suelos. En primer término, tenemos los tipos de suelos: De acuerdo a la clasificación que se presenta éstos tienen carbonato de calcio como soluto y arcilla como cementantes.

Cuadro 1. Clasificación de suelos del Municipio de Álamo-Temapache, Ver., con base a la cartografía edáfica.

Nombre Regional	Clasificación		Ubicación
	FAO	USDA	
Tierra vega	Fluvisoles eútricos	Eutrifluvents	Ubicados en las márgenes de los ríos Pantepec y Vinazco.
Tierra mezclada	Fluvisoles eútricos	Eutrifluvents	En áreas de los límites de los valles de ríos y cerriles
Tierra negra	Vertisoles Regosol vértico	Peluderts	En partes bajas a las áreas cerriles, cerro de Sombrerete, La Cuchilla, Cerro de Horcones, La Meseta El Tigre
Tierra amarilla o de cerro	Feozem calcárico Regosol calCárico	VermudolsHortents	Áreas cerriles de la parte sur y sureste del Municipio
Tierra blanca	Rendzinas	Rendoles	En el área circundante al Ejido Tierra Blanca Boxter

Cartas: Edafológica 1:250 000 Poza Rica F-14-12.

La reacción al evento de fisura, fitosanitaria y productiva es diversa tanto como tipos de suelos exista en una región determinada. En sus inicios, el suelo es productivo, las condiciones edáficas están intactas y no existe problema significativo. Sobresale un suelo rico en materia orgánica y nutrimentos con los horizontes A completos. Todo favorable para la productividad de una planta. A medida que el tiempo transcurre la absorción de nutrientes por la planta es menor porque las reservas naturales se agotan y ha avanzado el proceso de erosión, lixiviación, compactación y permeabilización. La planta tiene dificultades para cumplir su óptima función. Inicia una conversión de lo orgánico-mineral (“suelo nuevo”) a lo mineral-químico (“suelo viejo”). Al no existir o tener bajos niveles de materia orgánica cuya función de solución buffer es determinante, los componentes químicos en forma de solutos se manifiestan desarrollando procesos negativos de alcalinización para suelos calcáreos o de acidificación para los ácidos. Aquí empieza el problema para la planta, según el modelo presentado.

El clima. Existía un calendario preciso para las siembras de cultivos como el maíz y el frijol. Sin embargo, hubo un evento que fue un parte aguas en el cambio de clima regional: la helada atípica de diciembre de 1989 que llevó a un desequilibrio en las fechas citadas para el establecimiento de cultivos básicos y demás cultivos. Le siguieron sequías, trombas,

granizadas, lluvias y ondas cálidas atípicas; a ello se le sumaron huracanes y depresiones tropicales a su paso por la región citrícola de Álamo, Ver., donde los cítricos y demás cultivos estuvieron inmersos en todos esos cambios. Según García (1973), este Municipio tenía, un clima Aw¹(e) P+, con temperatura media anual entre 22 y 26°C y precipitación promedio de 1,259 mm. El Centro de Apoyo al Desarrollo Rural No. 2 con sede en la ciudad de Álamo, Temapache de la SAGARPA, reporta medias mensuales de diciembre, enero y febrero de 14.23°C; marzo, abril y mayo de 35.5°C; junio, julio y septiembre de 24.5°C y precipitación pluvial media máxima de los meses julio, agosto y septiembre de 1,281 mm. Al respecto, Salazar et al. (1992) reporta que en 1989 la precipitación fue de 824 mm. Actualmente tenemos un clima extremo.

Catalizadores. El agua de lluvia o riego y la temperatura a través de ondas fuertemente cálidas (desde 30°C) y bajas temperaturas (menores a 5°C). La primera como disolvente y la segunda como catalizadora de reacciones químicas. Según Ortiz y Ortiz (1980), se da la formación de hidróxidos; en el caso específico de suelos calcáreos: hidróxidos de calcio a pH desde 8 y en ácidos, hidróxidos de fierro y aluminio (pH menores de 6). Es en esta parte, según el modelo propuesto, inician los procesos de alcalinización y/o acidificación. Hasta aquí todo sucede en el suelo.

Plasmólisis. Viene el efecto en la planta. Se origina el proceso fisiológico denominado plasmólisis que está definido como pérdida de agua por la célula vegetal en presencia de solutos (Aguilera y Martínez, 1980). Aquí es donde inician los problemas de absorción de agua por efectos de retención de los solutos vía la formación de hidróxidos. Algo análogo sucede en suelos salinos en que según Rojas (1979), las plantas halófitas requieren de una fuerza hasta de 50 atmósferas para “subir” agua a su sistema de tejidos. Según estos investigadores es el preciso momento en que se da el proceso de inversión de flujo de agua hacia el suelo, de tal manera que la célula vegetal se deshidrata generando la contracción de tejidos lo suficientemente fuerte para generar rompimientos de tejidos a nivel macro y micro en todo el sistema de la planta. Un caso análogo es cuando se deseca un suelo arcilloso tiene grietas por pérdida de agua.

Drenado de savia. La planta pierde nutrientes desarrollando fuertes síntomas de desnutrición, bloqueo de crecimiento y desarrollo. En primer término, la savia atrae todo tipo de población que viene a alimentarse de ese sustrato en las partes afectadas: Diaphorina (D. citri), pulgones, ácaros, arañas, moscas diversas, lepidópteros, escarabajos, caracolillos, piojo harinoso, hormigas. La savia expuesta al exterior sirve para alimentar a esta población o bien ovipositan en estos sitios del drenado de savia para que las larvas se mantengan y

completan su ciclo de vida. Puede ser en las partes aéreas o el suelo. Para que esto suceda de manera artificial sólo basta hacer una herida y tomar el tiempo en que llega el primer visitante. Sólo los minadores y los trips son capaces de hacer heridas artificiales. Los primeros en las hojas tiernas (minas) y los segundos en la cáscara de frutos en tamaño pimienta (lacrado). Un árbol desnutrado vía fisuras es altamente susceptible de ser poblado por estas especies. Incluyendo la epífita seca palo (*Struthanthus densiflorus*) que usa dicha savia para desarrollar. Las diferentes tonalidades y características de cada tipo de herida y savia que exudan, han recibido diferentes nombres a través del tiempo. El modelo relaciona cada una de ellas. Se dan frutos y hojas arriñodas o erectas, erección de árboles, aborto de frutos, fruto chico, deficiencias nutrimentales, frutos y hojas oblongos entre otros (ver fotografías anexas).

Desnaturalización de tejidos. Se refiere a las sustancias que se liberan una vez que los tejidos inician el proceso de descomposición. Los tejidos quedan heridos con posibilidades de recuperación o morir. Si no existe herida en cualquiera de sus formas no hay desnaturalización de tejidos. Hasta aquí sin la intervención de algún agente patógeno.

Autocuramiento. Definida como la capacidad de cicatrización de las plantas a los procesos de fisura. Existen dos características básicas a observar. La primera está referida al “amachamiento” con heridas graves; la planta no alcanza a recuperarse de las lesiones, los tejidos se avanan (momifican) y queda improductiva, puede llegar a florecer sin “amarre de fruto” y los que logran desarrollar, son oblongos, con cáscara gruesa y poco jugo. La segunda con heridas menos graves o en árboles con vigor, responden a la sobrevivencia de manera natural. Activan el proceso de cicatrización de los tejidos de la corteza y bajo condiciones de buena fertilidad en el suelo generan floración extemporánea (mayera, agostera o embarniz). Los frutos en forma de balón de baloncesto, son el mejor ejemplo del proceso de autocura

Diferentes tipos de fisura:

Micro fisuras Longitudinales



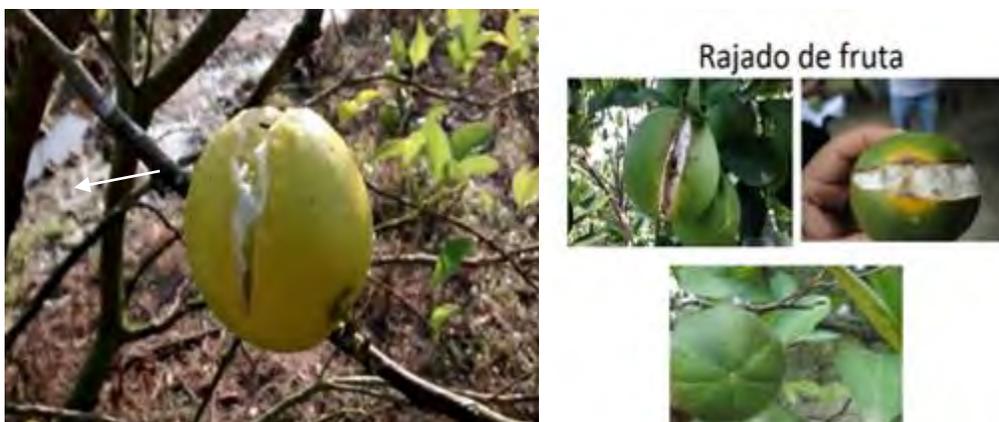
Microfisura en ramas, raíces, ramillas. Rajan la corteza y madera

Microfisuras Meridionales



Microfisura en fruto, las cicatrices pueden adoptar diferentes dimensiones, tono y formas.

Macrofisura Ecuatoriales



Microfisura en fruto, la rajadura tiene forma ecuatorial.

Macrofisura Callosas o cíclicas



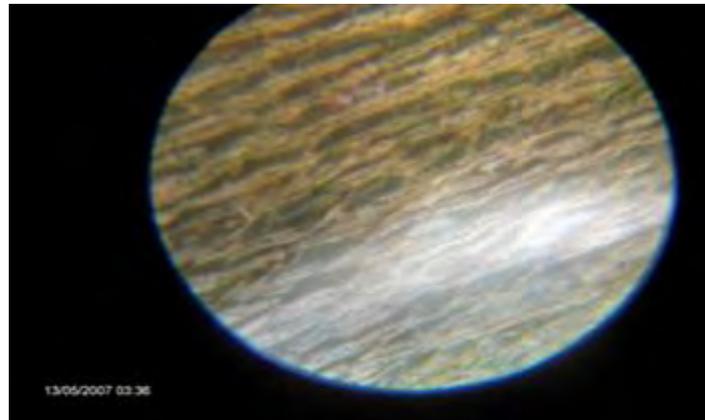
Microfisura en arboles adultos de tangerinas, mandarinas Mónica y valencia tardía.

Microfisuras



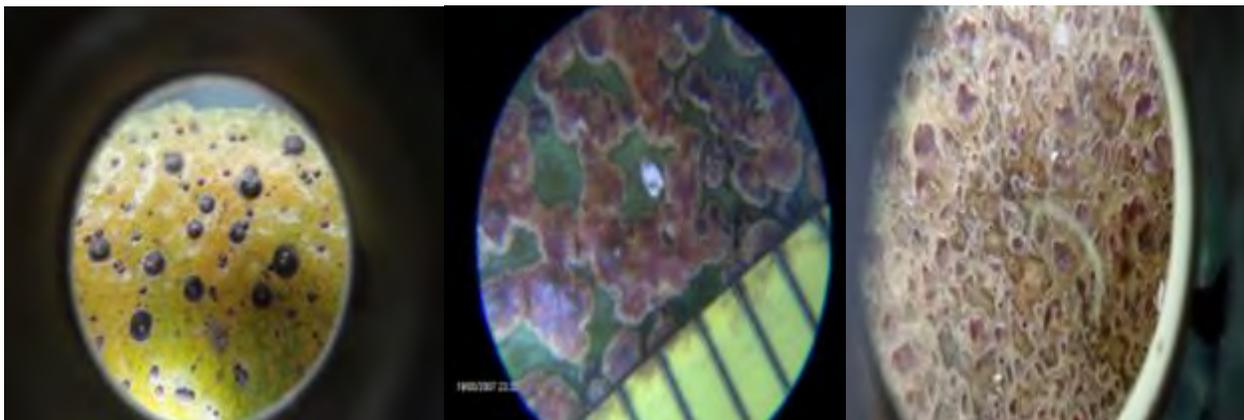
Microfisura por contracción en tejidos de la corteza y evapotranspiración excesiva en tejidos blandos, se presenta en las heridas en macro.

Estrías



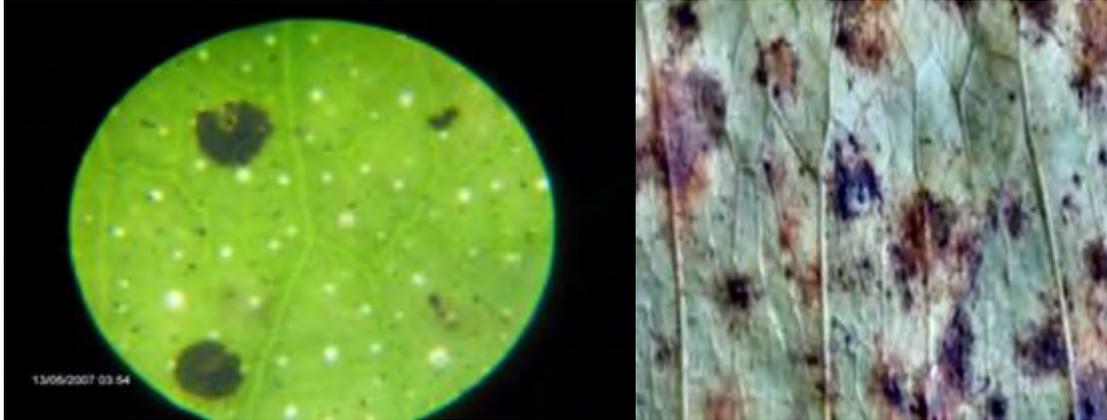
Microfisura generando tejidos momificados, vanos, no fibrosos y flácidos.

Ampollas o domos



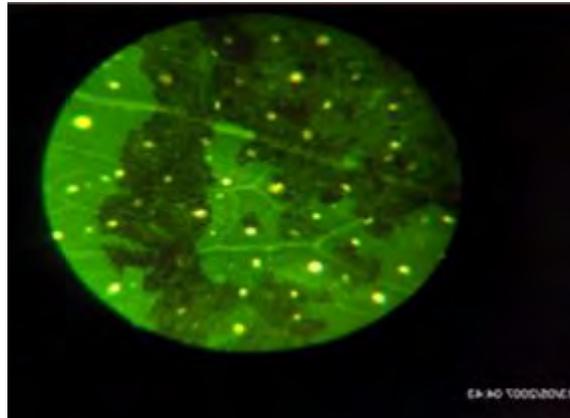
Ampollas en tejidos tiernos, que se distribuyen en la superficie total del tallo de color negro y grasos.

Cráteres grasos



Cráteres formados en la superficie de la hoja causando la mancha grasienta.

Porosis o fumagina



Rompimiento fino de poros en hoja tierna que drena savia en micro-gota cristalina color amielada.

Algunos efectos generados por fisura



Desnutrición y bloqueo de crecimiento y descomposición de tejidos

Atracción de hospederos



Algunos hospederos: Pupas, hogos y larvas

Cicatrización de tejidos y deformaciones



Cicatrización de tejidos al presentarse el rompimiento de la corteza y deformación en portainjertos, injerto, raíces, frutos y hojas.

Muerte de tejidos. Cuando el proceso de fisura es intenso los diferentes componentes de la planta pueden morir sea una rama, un fruto, hojas o bien los árboles se secan al cien por ciento. Esta es la muerte rápida. Aquellas plantas que sufren lesiones drásticas pero que resisten, tienen posibilidades de sanar; sin embargo, al no haber cura la herida sigue infectándose al grado de que el tejido muere poco a poco, hasta no dar vida al área donde se desarrolla o a la planta entera, sobre todo si la lesión es en raíces. En los tejidos muertos o heridos desarrollan cánceres, hongos, virus o bacterias cuya acción es más saprofita que patógena, contrario al concepto actual que las definen como causa de los problemas fitosanitarios. De acuerdo al modelo planteado, se ubican en la última fase como agentes secundarios de ahí el paradigma que presenta la propuesta. Sólo es cuestión de afinarlo un poco, pero por aquí está la solución a los diversos problemas fitosanitarios actuales.

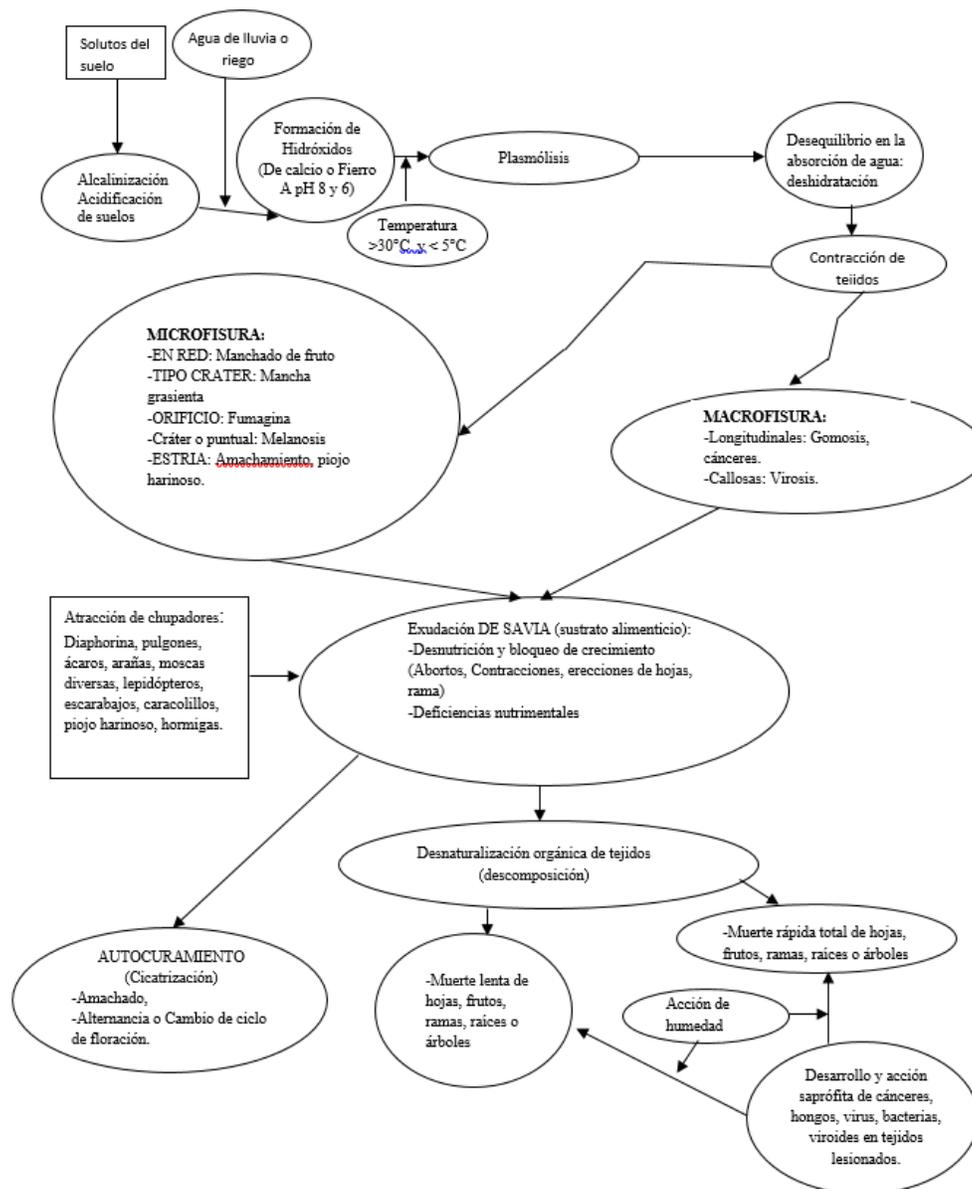


Figura 1. Modelo propuesta sobre el proceso de fisura: causas y efectos.

Conclusiones

1. El modelo presentado explica desde el punto de vista edafoclimático las causas que originan el proceso de fisura en tejidos vegetales y los efectos que conlleva en plantas de cítricos.
2. La propuesta es una herramienta de referencia para explicar los diversos problemas fitosanitarios actuales en cualquiera de sus niveles.

Para tomar acciones sobre este proceso es necesario implementar la consultoría en suelos, integrando el mejoramiento, mantenimiento, recuperación y control de erosión a través de proyectos de capacitación y de acción para los dueños de la tierra y demás recurso humano involucrado en las actividades directas del campo. Incluyendo las técnicas específicas para tal fin y adecuadas a cada región donde se cultiven cítricos de tal manera que iniciemos un proceso que evite el avance de la degradación por contaminación o sobreexplotación y reducir el avance de la desertificación de amplias zonas que pueden quedar con suelos estériles a tal grado que proliferen en el futuro plagas y enfermedades incontrolables.

Literatura citada

Aguilera, C. M. y E. R. Martínez 1980. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 2da. edición. UACH. Chapingo, México.

Ortiz V. B. y S. A. Ortiz 1980. Edafología. UACH. Chapingo, México.

Rojas G., M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2da. edición. McGrawHill.

García, E. 1973. Modificación al sistema Köppen de la clasificación de clima. UNAM. México.

ANÁLISIS DE LAS APLICACIONES GENERALIZADAS DE INSECTICIDAS CONTRA *Diaphorina citri* KUWAYAMA EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Juan José Pacheco Covarrubias^{643*}, Edgar A. Cubedo Ruiz⁵⁴³ y J. Isabel López Arroyo⁶⁴⁴

Resumen

El Huanglongbing (HLB) en México, es una enfermedad mortal asociada a la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* la cual afecta a las diversas especies de cítricos cultivadas en el país; este patógeno es transmitido por el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Para el control de este insecto, México basa gran parte de su estrategia en la realización de aplicaciones generalizadas de insecticidas en los huertos citrícolas; se desconoce la eficacia de esta táctica, por lo que es esencial evaluarla para determinar sus posibles alcances. En el presente estudio se analizaron 130,016 datos de muestreo directo e indirecto (trampeo), en la totalidad del área citrícola en el Valle del Yaqui, Sonora, de 2012 a 2016, correspondientes a las dos aplicaciones generalizadas que se realizan cada año en el área contra *D. citri*. Para cada aplicación generalizada, los datos de capturas promedio acumuladas de adultos del insecto correspondientes a los periodos: un mes antes del inicio de cada aplicación, periodo de aplicación generalizada, y periodo de aplicación generalizada más 15 días posteriores a este, fueron sometidos a un análisis de regresión lineal. En todos los casos, se realizó una comparación de pendientes para observar significancia de tratamientos. Bajo la técnica de golpeteo los resultados indican que las aspersiones generalizadas de insecticidas produjeron una disminución de la tasa acumulada de crecimiento de adultos de *D. citri* ($P= 0.001$) en el rango de 50-52%. La técnica de muestreo indirecto bajo el protocolo específico del área con el uso de trampas amarillas pegajosas, careció de un patrón definido en la respuesta poblacional de *D. citri* a las aspersiones de insecticidas efectuadas en el área, asociada probablemente al protocolo de muestreo utilizado.

Palabras Claves: Área regional de control, psílido asiático de los cítricos, huanglongbing

⁶⁴³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Norman E. Borlaug. *pacheco.juanjose@inifap.gob.mx

⁶⁴⁴ INIFAP-CE General Terán.

Introducción

El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Liviidae), es actualmente el problema número uno de la citricultura en México, por ser agente vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, patógeno asociado al Huanglongbing, enfermedad de consecuencias catastróficas (Bové, 2012). El control químico es ampliamente usado en el manejo de artrópodos vectores de patógenos causantes de enfermedades en los cultivos, sin exceptuar a *D. citri* (Stansly et al., 2009; Sétamou et al., 2010; Bassanezi et al., 2013). En México, existe una campaña nacional para el manejo de esta plaga, que consiste en organizar acciones coordinadas en áreas extensas de cítricos conocidas como Áreas Regionales de Control (ARCO's) (Mora et al., 2013), donde se realizan actividades específicas para el control de este insecto. Una de estas actividades es la realización de dos aspersiones regionales de insecticidas anualmente, consideradas estratégicas para reducir poblaciones del vector (SENASICA, 2012; 2016). El efecto de las aplicaciones de insecticidas generalizadas en la totalidad de los ARCOS aún no se ha documentado, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar dicha estrategia sobre el impacto de las poblaciones del vector.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en el Valle del Yaqui, Sonora. Desde 2012, en esta zona se realizan dos aplicaciones generalizadas de insecticidas por año contra esta plaga, con productos registrados ante COFEPRIS para uso específico contra *D. citri*. La primera aspersión de insecticidas se realizó a principio de cada año y la segunda en el tercer trimestre del año, coincidiendo con brotaciones vegetativas de los cítricos en el área. Específicamente durante 2012 se realizaron aplicaciones generalizadas del 15 de enero al 5 de marzo con un cubrimiento del 95.64% del área (1G-12), y del 15 de septiembre al 25 de octubre con el 98.64% de cubrimiento (2G-12). Durante 2013 se realizaron del 1 al 24 de febrero con un cubrimiento del 100% del área (1G-13), y del 29 de septiembre al 28 de octubre con el 96.76% de cubrimiento (2G-13). Para el 2014 las aspersiones se realizaron del 27 de enero al 8 de marzo con un cubrimiento del 99.36% (1G-14), y del 15 de septiembre al 23 de octubre con el 100% de cubrimiento (2G-14). Para el 2015 las aspersiones fueron del 1 al 26 de febrero con un cubrimiento del 96.16% (1G-15), y del 21 de septiembre al 23 de octubre con el 100% de cubrimiento (2G-15). Finalmente, para el 2016 las aspersiones fueron durante el periodo del 1 al 27 de febrero con un cubrimiento del 98.07% del área (1G-16), y del 1 de septiembre al 27 de septiembre con el 100% de cubrimiento (2G-15).

Para el muestreo de adultos de *D. citri* se usaron las técnicas de muestreo directo e indirecto. Para la primera se usó la técnica de golpeteo durante todos los periodos de estudio de acuerdo a la metodología generada en la Universidad de Florida (Stansly et al., 2009, 2010), la cual consiste en dar tres golpes en sucesión rápida sobre una rama con brotación o una rama que presente hojas maduras tiernas, a una altura aproximada de 1.5 m. Se utilizó un tubo de policloruro de vinilo de 50 cm de largo y 2.5 cm de diámetro. Los insectos que fueron desplazados por el golpeteo en las ramas se cuantificaron sobre una hoja blanca cuadriculada, colocada sobre una tabla de campo (30 x 23 cm). Durante el periodo de estudio se muestrearon, semanalmente, 100 árboles distribuidos aleatoriamente en las tres primeras hileras de la periferia de cada huerta.

Para el muestreo indirecto de *D. citri* se usó la técnica de trampeo (Aubert y Hua, 1990; Hall et al., 2007, 2008), en las huertas comerciales mediante el uso de trampas pegajosas de color amarillo, de 24.5 por 11.5 cm (Robles, 2012), mismas que se colocaron entre las primeras tres hileras de la periferia de la huerta, con un distanciamiento entre trampas de 50 m; las trampas se ubicaron en los árboles a una altura de 1 a 2 m (SENASICA, 2012). Por parte de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui, semanalmente se muestreó la totalidad de las 3,351 ha de cítricos distribuidas en 160 huertas diferentes: cinco huertas correspondientes a limón con 87 ha; 17 huertas de mandarina con 351 ha; 23 huertas de toronja con 393 ha; y 115 huertas de naranja con 2,520 ha. La distribución de las huertas en el Valle del Yaqui, Son., se muestra en la Figura 1.

Los datos de capturas de adultos de *D. citri* correspondientes al periodo 2012-2016, para los dos métodos de muestreo, fueron proporcionados por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora. La información consistente de 17,728 datos de muestreo directo (golpeteo en 100 terminales) y 112,288 datos de muestreo indirecto (trampeo) de adultos, para un total de 130,016 registros, mismos que se ingresaron en una base de datos programada en ACCESS, con el fin de analizar los volúmenes de información. Para cada aspersión generalizada, se realizó un análisis de información en tres periodos. El primero correspondió a los registros de población capturados durante las cuatro semanas previas al inicio de cada aspersión generalizada; el segundo, correspondió al periodo de las aspersiones generalizadas; y el tercero al periodo de las aspersiones generalizadas más 15 días posteriores a éstas. En todos los periodos se obtuvieron las medias poblacionales con una frecuencia de siete días y se acumularon semanalmente. Se realizó un análisis de regresión lineal para obtener el valor de pendiente (b) de las medias acumuladas en dichos periodos. Se realizaron pruebas de "t" (Steel y Torrie, 1985) para la comparación entre las pendientes pronosticadas (PP) (correspondientes al periodo previo a las aplicaciones generalizadas) y las pendientes obtenidas (correspondientes a los periodos de aplicación generalizada y

aplicación generalizada más 15 días posteriores a este). Finalmente, se calculó el porcentaje de disminución entre los valores de las pendientes.



Figura 1. Ubicación y distribución de huertas de cítricos (rectángulos blancos) en el Valle del Yaqui, Son.

Resultados y Discusión

En el análisis de los datos obtenidos mediante la técnica de golpeteo, se encontró que las aspersiones de insecticidas generalizadas están asociadas a una reducción significativa de la tasa acumulada de crecimiento de adultos de *D. citri*. Los resultados de la prueba de "t" en la comparación de pendientes, registraron diferencias altamente significativas entre la pendiente pronosticada (PP), calculada en el periodo un mes antes de la aplicación generalizada (AAG), y la pendiente registrada durante las aplicaciones generalizadas (P(AG)) (valor $p < 0.001$), en todos los periodos de estudio (desde 1G-12 hasta 2G-16); al igual que entre la PP y la pendiente registrada en el periodo de aplicación generalizada más 15 días posterior a este (P(AG+15D) (valor $p < 0.001$), con excepción del periodo correspondiente a la primera aplicación generalizada de 2014 (1G-14) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de pendientes correspondientes al registro acumulado de capturas promedio de adultos de *Diaphorina citri*, nivel de significancia en la prueba de "t" y porcentajes de disminución entre las pendientes esperadas y obtenidas, registrados mediante la técnica de captura por golpeteo, en el Valle del Yaqui, Sonora, Méx.

Periodo	PP	P(AG)	Significancia PP & P(AG)	P (AG+15D)	Significancia PP & P(AG+15D)	Porcentaje disminución entre bs ^a	Porcentaje disminución entre bs ^b
2G-16	0.00238	0.00097	**	0.00070	**	59.16	70.35
1G-16	0.00105	0.00032	**	0.00041	**	68.82	60.62
2G-15	0.00132	0.00062	**	0.00054	**	52.70	58.80
1G-15	0.00502	0.00250	**	0.00203	**	50.04	59.50
2G-14	0.00416	0.00208	**	0.00181	**	50.06	56.43
1G-14	0.00070	0.00039	**	0.00085	NS	43.68	-20.86
2G-13	0.00441	0.00198	**	0.00194	**	55.14	56.04
1G-13	0.00159	0.00109	**	0.00082	**	31.46	48.63
2G-12	0.00714	0.00442	**	0.00393	**	37.96	44.83
1G-12	0.00809	0.00423	**	0.00422	**	47.70	47.80

1G= primera aplicación generalizada del año; 2G = segunda aplicación generalizada del año; PP=pendiente pronosticada; P(AG)= pendiente registrada en el periodo de aplicación generalizada; P(AG+15D) = pendiente registrada en el periodo de aplicación generalizada + 15 día posteriores; ^a Porcentaje de disminución entre PP y P(AG); ^b Porcentaje de disminución entre PP y P(AG+15D); ** significativo a un p valor menor de 0.001.

Asimismo, los muestreos realizados mostraron un patrón definido de declinamiento de la tasa acumulada de crecimiento de adultos de *D. citri* al hacer la comparación entre las pendientes pronosticadas (PP), y las pendientes para los periodos de aplicaciones generalizadas (P(AG)) y aplicaciones generalizadas más 15 días posterior a estos (P(AG+15D)) (Figura 2). Las pendientes resultantes del promedio de las capturas acumuladas en los periodos de aplicaciones generalizadas y/o aplicaciones generalizadas más 15 días, fueron menores que la pendiente pronosticada (PP) en todos los casos, con excepción del registro obtenido en el periodo 1G-14 para (P(AG+15D)); sin embargo, no se detectó diferencia significativa entre dicha comparación. Los resultados obtenidos por este método directo concuerdan con lo encontrado por algunos investigadores (Hall et al., 2007), quienes indican que mediante este método de muestreo, se obtiene una detección relativamente buena de árboles infestados por adultos de *D. citri*, lo que arroja información sobre la presencia y la abundancia relativa de adultos en los árboles.

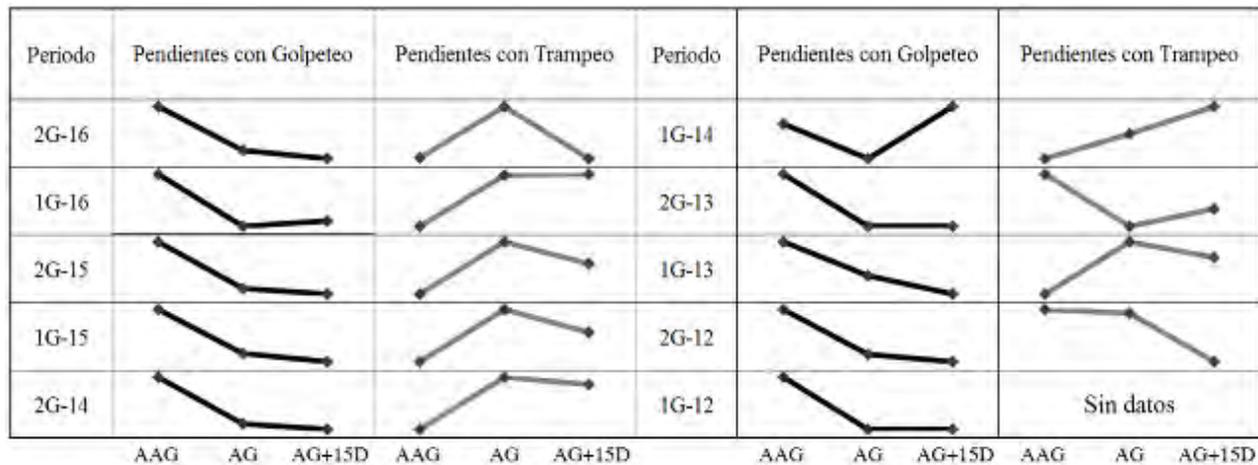


Figura 2. Representación gráfica de valores de pendientes para las etapas: Un mes antes de la aplicación generalizada (AAG), Periodo de la Aplicación Generalizada (AG) y Periodo de la Aplicación Generalizada más 15 días (AG+15D) de *D. citri*, bajo dos técnicas de muestreo en el Valle del Yaqui, Sonora, Méx.

El efecto biológico de los tratamientos bajo las condiciones del estudio (densidad de población específica de *D. citri*, en el periodo de la aplicación generalizada y el porcentaje de huertas aplicadas) indica una disminución de las poblaciones de adultos en todos los tratamientos en términos de tasa acumulada de crecimiento de la población, cuya tendencia observada en las capturas acumuladas en comparación con la existente previa a las aspersiones generalizadas, disminuyó en promedio un 52 y un 50%, para los dos periodos analizados (AG y AG+15D), respectivamente.

Por otra parte, los datos correspondientes al muestreo indirecto de adultos por medio de trampas pegajosas amarillas, muestran diferencias altamente significativas entre las pendientes pronosticadas y registradas correspondientes a las ecuaciones de regresión lineal de los promedios acumulados de adultos de *D. citri*. Dicha información, contrario a lo señalado por algunos investigadores (Jiménez, 2011; Mora-Aguilera et al., 2014), no logró detectar un patrón definido de respuesta poblacional de *D. citri* que pudiese indicar alguna tendencia de incremento o decremento en ésta con respecto a las poblaciones existentes antes de la aspersión generalizada (AG); en todo caso, y bajo el análisis efectuado se podría indicar una ligera tendencia hacia el incremento de la población en los registros de captura.

Lo anterior, se puede deber a que las aspersiones de insecticidas propician un vuelo trivial en los adultos sobrevivientes de *D. citri*, lo que puede originar que las trampas pegajosas, en algunos casos, logren mayores capturas con respecto a las trampas antes de recibir la aspersión, las cuales fueron tomadas de referencia para estimar lo anterior. Esto es, hasta cierto punto circunstancial, ya que depende de la interacción de varios factores como la ubicación de las trampas, luz solar, temperatura del aire (Hall, 2009), dirección y velocidad del viento después de las aspersiones generalizadas, la densidad de población de

sobrevivientes después de las aplicaciones, la calidad de la aplicación (Bernard y Hua, 1990), y en este caso particular, al período de estudio analizado y al protocolo de muestreo que fue utilizado en la región. (Cuadro 2 y Figura 2).

Cuadro 2. Valores de pendientes correspondientes al registro acumulado de capturas promedio de adultos de *Diaphorina citri*, nivel de significancia en la prueba de "t" y porcentajes de disminución entre las pendientes esperadas y obtenidas, registrados mediante la técnica de captura por trampeo, en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Periodo	PP	P(AG)	Significancia PP & P(AG)	P (AG+15D)	Significancia PP & P(AG+15D)	Porcentaje disminución entre bs ^a	Porcentaje disminución entre bs ^b
2G-16	0.02019	0.02704	**	0.02004	NS	-33.90	0.73
1G-16	0.00645	0.00796	**	0.00798	**	-23.49	-23.80
2G-15	0.00850	0.01612	**	0.01291	**	-89.61	-51.82
1G-15	0.00974	0.01518	**	0.01281	**	-55.79	-31.40
2G-14	0.02058	0.04161	**	0.03851	**	-102.17	-87.09
1G-14	0.00629	0.01154	**	0.01720	**	-83.29	-173.18
2G-13	0.07594	0.05398	**	0.06158	**	28.91	18.90
1G-13	0.01235	0.03683	**	0.02957	**	-198.17	-139.40
2G-12	0.05309	0.05226	NS	0.04053	**	1.56	23.66

1G= primera aplicación generalizada del año; 2G = segunda aplicación generalizada del año; PP=pendiente pronosticada; P(AG)= pendiente registrada en el periodo de aplicación generalizada; P(AG+15D)= pendiente registrada en el periodo de aplicación generalizada + 15 día posteriores; ^a Porcentaje de disminución entre PP y P(AG); ^b Porcentaje de disminución entre PP y P(AG+15D); ** significativo a un p valor menor de 0.001.

Conclusiones

1. Las aspersiones generalizadas de insecticidas impactaron la pendiente de la tasa acumulada de crecimiento de adultos.
2. A diferencia de la técnica de muestreo indirecto por trampeo, la técnica de golpeteo de brotes logró captar el efecto de las aplicaciones generalizadas de insecticidas.

Agradecimientos

Al SENASICA-DGSV, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas, y al INIFAP por los recursos otorgados para realizar el estudio. Al Ing. Javier Valenzuela Lagarda, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora, por la ayuda proporcionada para la obtención de los datos de captura de adultos. A la JLSV del Valle del Yaqui por su participación en la obtención de la información en campo.

Literatura citada

- Aubert, B. and X. Y. Hua. 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies, pp. 181-187. In: Aubert, B., T. Sanchai, D. Buangsuwon (eds.). Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific region: proceedings of the Asia Pacific international conference on citriculture, Chiang Mai, Thailand. FAO. Rome: FAO, 181-187.
- Bassanezi, R.B., H. Montesino L., N. Gimenes F., T. Yamamoto P., R. Gottwald T., L. Amorim, et al. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. *Plant Dis* 97:789-796.
- Bové, J.M. 2012. Huanglongbing and the future of citrus in Sao Paulo, State, Brazil. *Journal of Plant Pathology* 94 (3):465-467.
- Hall, D. G. 2009. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *J Econ Entomol* 102(1):446-52.
- Hall, D.G., G. Hentz M. and M. A. Ciomperlik. 2007. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Florida Entomologist* 90(2):327-334.
- Hall, D.G., G. Hentz M. and R.C. Adair, Jr. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environ. Entomol* 37(4):914-924.
- Jiménez, L. A., J. Valenzuela L., A. Fontes P. y J. Grageda G. 2011. Comparación de dos tipos de monitoreo para detección del PAC en la región de Guaymas, Son. Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Sonora. Folleto. 10p.
- Mora, A. G., P. Robles G., R. González, J. Flores S., G. Acevedo S. y S. Domínguez. 2013. Criterios epidemiológicos para priorizar zonas de establecimiento de ARCOS. In: Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal. México, D.F. SENASICA, México.
- Mora, A. G., P. Robles G., J. I. López A., J. Flores S., G. Acevedo S., S. Domínguez M., et al. 2014. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32(2):108-119.
- Robles, G. P. 2012. Protocolo para establecer Áreas Regionales de Control del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOS). <http://www.senasica.gob.mx/?doc=9364.y> <http://www.siafeson.com/sitios/simdia/docs/protocolos/ProtocoloparaestablecerAreasRegionalesARCOSDICIEMBRE2012.pdf>. Control regional en huertas con manejo convencional.

SENASICA. 2012. Protocolo para establecer áreas regionales de control del huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos (ARCOs). <http://www.siafeson.com/sitios/simdia/docs/protocolos/ProtocoloparaestablecerAreasRegionalesARCOSDICIEMBRE2012.pdf>

SENASICA. 2016. Manual operativo de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. <http://www.gob.mx/senasica/documentos/estrategia-operativa-huanglongbing>.

Stansly, P.A., A. Arevalo and J. Qureshi. 2010. Monitoring methods for Asian citrus psyllid. Citrus Industry Magazine 91:14-15.

Stansly, P.A., J. Qureshi and A. Arevalo A. 2009. Why, when and how to monitor and manage Asian citrus psyllid. Citrus Industry Magazine 90(3):24-26.

Sétamou, M., D. Rodríguez, R. Saldana, G. Schwarzlose, D. Palrang and D. Nelson S. 2010. Efficacy and uptake of soil-applied imidacloprid in the control of Asian citrus psyllid and a citrus leafminer, two foliar-feeding citrus pests. J. Econ. Entomol 103(5):1711-1719.

Steel, R. and J. H. Torrie. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos (2da edición). McGraw-Hill. 622 p.

EVALUACION DE LA FERTILIZACIÓN CON YARALIVA® Y YARAMILA® EN LIMÓN MEXICANO INFECTADO CON HUANGLONGBING

José Joaquín Velázquez Monreal^{645*}, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez⁶⁴⁵ y Alejandro C. Huesca Santos⁶⁴⁶

Resumen

Actualmente a nivel mundial la enfermedad más importante de los cítricos es el huanglongbing (HLB). En México en 2015 existían 78,935 hectáreas de limón mexicano. Siendo los principales estados productores Michoacán, Colima, Oaxaca y Guerrero, en la segunda entidad el HLB está presente en todas las plantaciones de este frutal. El HLB no tiene cura, por lo que se recomienda el manejo del cultivo con diversas prácticas para mantener productivas a las huertas de cítricos. El objetivo fue evaluar la fertilización con YaraLiva® y YaraMila® al suelo en limón mexicano infectado con HLB. El estudio se realizó en Armería, Col., de marzo de 2016 a marzo de 2017 en una huerta de 5 años de edad. El diseño experimental fue bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Se hicieron seis aplicaciones de los tratamientos al suelo, con un intervalo de 60 días entre una y otra. Las variables registradas fueron el número de brotes vegetativos, de brotes florales, de frutos en madurez de cosecha y de ramas secas por m², rendimiento por árbol, diámetro de fruto, porcentaje de jugo por fruto, índice SPAD y la toxicidad en el cultivo. Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9.0, 2002. En general, los resultados mostraron que el efecto de la fertilización en limón mexicano con HLB se reflejó en variables relacionadas con la fructificación y desarrollo de fruto; siendo el mejor tratamiento a base de YaraLiva® y YaraMila® II con la fórmula 149-73-120-115-20-53 (N-P-K-Ca-Mg-S) al registrar 33.66 brotes florales/m²/año, 92.54 frutos en madurez de cosecha/m²/año y un rendimiento de 83.00 kg de fruta/árbol/año, además del mayor diámetro de fruto con 40.47 mm. Los valores del índice SPAD de los tratamientos con fertilizantes aplicados al suelo superaron al testigo (37.39), sobresaliendo el tratamiento ya mencionado (51.54) y otro a base de YaraLiva® con la fórmula 150-0-0-440-0-0 (52.11).

Palabras claves: HLB, rendimiento, índice spad, floración, muerte ramas

⁶⁴⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Tecmán.

⁶⁴⁶ Yara México, S.A. de C.V.

Introducción

En México en 2015 existían 573,371 ha con cítricos, de las cuales el 58.9% eran de naranja (*Citrus sinensis*), 30.7% de limón mexicano (*C. aurantifolia*), 3.7% de mandarina (*C. reticulata*), 3.2% de toronja (*C. paradisi*) y el resto de otras especies como limón persa (*C. latifolia*) (SIAP, 2017). La producción nacional de cítricos es de 6.7 millones de toneladas, cuyo valor es de 8,050 millones de pesos. En la región del Pacífico Centro del país en 2015 se cultivaban 78,935 hectáreas con limón mexicano. Los principales estados productores de este cítrico son: Michoacán, Colima, Oaxaca y Guerrero. La producción anual de fruta de limón mexicano fue de 1'015,182 toneladas con un valor de \$ 3'829,703.00 (SIAP, 2017). Actualmente la enfermedad más importante de los cítricos es el Huanglongbing (HLB), a la cual están asociadas las bacterias confinadas al floema *Candidatus Liberibacter* spp. y cuyo vector es el psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* (Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006; Bassanezi, 2010). En México, el HLB se detectó por primera vez el 6 de julio de 2009 en plantas de limón mexicano en el estado de Yucatán (Trujillo, 2009). Y en el estado de Colima la enfermedad fue reportada en el mes de abril de 2010. En limón mexicano, el síntoma más notable de la enfermedad es el moteado asimétrico que se presenta en las hojas. En esta entidad actualmente la totalidad de las plantaciones de este cultivo están infectadas siendo también donde han ocurrido las mayores pérdidas en producción (SENASICA, 2014). Ya que el principal efecto que ocasiona es una reducción de 50% en el rendimiento cuando se presentan síntomas de un 70 a 100% en la copa del árbol enfermo (Robles et al., 2013). El HLB actualmente no tiene cura. Y lo que se recomienda es el manejo del cultivo incluyendo el control del vector y otras plagas y enfermedades, así como también prácticas culturales entre otras como nutrición y riego para mantener las plantas infectadas económicamente productivas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fertilización con YaraLiva® y YaraMila® al suelo en el cultivo de limón mexicano infectado con HLB.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en una plantación comercial de limón mexicano de marzo de 2016 a marzo de 2017 en el Mpio. de Armería, Col. Las coordenadas de localización son 18° 58' 07.1" latitud Norte y 103° 50' 42.3" longitud Oeste a una altura de 82 m sobre el nivel del mar. El tipo de suelo fue franco arenoso. Los árboles de la plantación tenían 5 años de edad y estaban infectados con HLB, con una densidad de 178 árboles/ha (7 x 8 m); el sistema de riego fue microaspersión. El portainjerto utilizado fue *Macrophylla*. El diseño experimental fue Bloques al Azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de

5 árboles; con un total de 20 árboles por tratamiento. La parcela útil fueron los tres árboles centrales de cada repetición. Los tratamientos evaluados (Cuadro 1) fueron a base de los productos YaraLiva® solo o en combinación con YaraMila® o YaraBela®, así como la recomendación generada por INIFAP para limón mexicano anterior a la presencia de HLB en el cultivo, además de un tratamiento a base de sulfato de amonio y un testigo absoluto sin aplicación. Se hicieron seis aplicaciones de los tratamientos enterrando los fertilizantes en el suelo en la zona de goteo. El intervalo entre las aplicaciones fue de 60 días. Para ello la dosis por hectárea de cada tratamiento (Cuadro 1) se distribuyó equitativamente entre las seis aplicaciones realizadas durante el periodo de tiempo en que se realizó el estudio.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización evaluados en el cultivo de limón mexicano infectado con huanglongbing aplicados al suelo.

Tratamientos	Dosis / ha	Componentes de la fórmula	Fertilizante aplicado por árbol por aplicación (gr)
1. Recomendación INIFAP	120-60-60	N, P, K	740
2. YaraMila® y YaraBela®	120-60-64-0-18-27	N, P, K, Ca, Mg, S	530
3. YaraLiva® y YaraMila® I	120-36-60-134-3-26	N, P, K, Ca, Mg, S	680
4. YaraLiva®	150-0-0-440-0-0	N, Ca	780
5. Sulfato de Amonio	262-0-0-0-300-0-0	N, S	1000
6. YaraLiva® y YaraMila® II	149-73-120-115-20-53	N, P, K, Ca, Mg, S	890
7. Testigo sin aplicar	---	---	---

Al inicio del trabajo se determinó la severidad del HLB en los árboles de limón, la cual se consideró como el porcentaje de la copa de cada uno de ellos que mostraba moteado en las hojas, principal síntoma de la enfermedad en este cítrico; con los datos obtenidos se obtuvo el promedio de severidad del HLB de cada tratamiento. Las demás variables que se registraron durante el desarrollo del estudio se midieron cada 30 días. Para el caso de número de brotes vegetativos, número de brotes florales, número de frutos en madurez de cosecha y número de ramas secas, se empleó un aro metálico de 0.75 m² dividido en cuadrantes. Colocando este aro frente a cada uno de los cuatro puntos cardinales de los árboles, se hizo la cuantificación en cada cuadrante y con estos datos se obtuvieron los valores por metro cuadrado de cada variable por tratamiento. El rendimiento (kg de fruta/árbol/mes) se hizo por medio de cosecha directa, para ello se tomaron los datos cada 30 días al realizarse la cosecha de fruta en la huerta. También en cada cosecha se colectaron 50 frutos por tratamiento, y en el laboratorio se midió el diámetro polar y el diámetro ecuatorial a cada uno de ellos para determinar el diámetro medio de fruto. Y luego con estos mismos frutos se hicieron cinco submuestras, cada una de 10 frutos, de las que

primeramente se obtuvo su peso y enseguida se extrajo el jugo y se pesó éste para después estimar el porcentaje de jugo. Al final del ensayo se cuantificó si hubo daños por fitotoxicidad en el cultivo utilizando la escala de la European Weed Research Society (EWRS) (Champion, 1997). Para ello se revisó la copa de los árboles para determinar si debido a la aplicación de cada uno de los diferentes tratamientos se tuvo algún daño en el follaje. También al final del trabajo se determinó el índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) o de verdor empleando un SPAD-502 plus marca Minolta realizando un total de seis lecturas alrededor de cada uno de los árboles de la parcela útil de los tratamientos. Los datos se sometieron a análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando el programa SAS versión 9.00 (2002).

Resultados y Discusión

Hubo diferencia estadística en cinco variables: brotes florales, frutos en madurez de cosecha, rendimiento de fruta, diámetro de fruto e índice SPAD. En general, los resultados indicaron que el efecto de la fertilización se reflejó en variables relacionadas con la fructificación y desarrollo de fruto, salvo que no hubo ninguna diferencia estadística en el porcentaje de jugo del fruto en los diferentes tratamientos.

En relación a brotes florales, el tratamiento 6 (YaraLiva® y YaraMila® II; 149-73-120-115-20-53) fue el mejor al tener el mayor valor con 33.66 brotes de este tipo/m²/año (Cuadro 2), así mismo este tratamiento fue el más sobresaliente en la variable número de frutos en madurez de cosecha /m²/año, en este caso el resto de tratamientos formaron un solo grupo que fue superado por el tratamiento 6, el cual tuvo un máximo registro con 92.54 frutos/m²/año (Cuadro 2). Derivado de lo anterior este mismo tratamiento fue superior a todos en rendimiento al registrar un valor de 83.0 kg de fruta/árbol/año (Cuadro 3). De acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey el testigo sin aplicar fue el menos sobresaliente e incluso similar al tratamiento 5 a base de sulfato de amonio (Cuadro 3). Así mismo el tratamiento 6 mostró ser el que presentó el mayor diámetro de fruto (40.47 mm) superando al resto de tratamientos que integraron un solo grupo por la prueba de separación de medias (Cuadro 3). Todos estos resultados mostraron que el tratamiento con mayor floración presentó el más alto nivel de amarre de fruto que se desarrolló hasta cosecha superando en rendimiento por árbol a los demás tratamientos y además tuvo el mayor diámetro de fruto.

Cuadro 2. Brotes florales y frutos en madurez de cosecha en limón mexicano infectado con HLB en el estado de Colima.

Tratamiento	No. de brotes florales/m ² /año	No. de frutos en madurez/m ² /año
1. Recomendación INIFAP	13.79 b	54.75 b
2. YaraMila® y YaraBela®	24.50 b	57.12 b
3. YaraLiva® y YaraMila® I	20.62 b	67.04 b
4. YaraLiva®	21.73 ab	65.52 b
5. Sulfato de Amonio	22.75 ab	58.62 b
6. YaraLiva® y YaraMila® II	33.66 a	92.54 a
7. Testigo sin aplicar	13.58 b	56.66 b

Medias con letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 5%).

Cuadro 3. Rendimiento y diámetro de fruto en limón mexicano infectado con HLB en el estado de Colima.

Tratamiento	No. de brotes florales/m ² /año	No. de frutos en madurez/m ² /año
1. Recomendación INIFAP	64.12 bc	39.60 ab
2. YaraMila® y YaraBela®	69.62 b	39.72 ab
3. YaraLiva® y YaraMila® I	67.62 bc	39.95 ab
4. YaraLiva®	63.45 bc	39.42 ab
5. Sulfato de Amonio	59.95 cd	39.00 b
6. YaraLiva® y YaraMila® II	83.00 a	40.47 a
7. Testigo sin aplicar	52.67 d	39.50 ab

Medias con letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 5%).

El análisis estadístico no detectó diferencias entre tratamientos para las variables como fueron porcentaje de jugo, número de brotes vegetativos/m²/año y número de ramas secas /m²/año (Datos no incluidos).

El registro de severidad de HLB en los árboles de limón mexicano mostró valores muy elevados para todos los tratamientos variando en promedio de 96.7% a 99.2%. Ante estos registros cercanos al 100%, el índice de verdor o SPAD en los tratamientos al final del trabajo medido en los brotes que se formaron durante el periodo del estudio tuvo diferencias, lo cual ocurrió como se presenta en el Cuadro 4, donde la fertilización en general mostró que de acuerdo con la prueba de Tukey todos los tratamientos formaron un grupo que supera al testigo sin fertilización. Siendo éste el tratamiento que tenía un mayor amarillamiento de hojas en tanto que los demás tratamientos presentaban coloraciones en verde de diferente intensidad entre ellos.

No se observó ningún efecto fitotóxico de los tratamientos evaluados sobre el cultivo de limón mexicano durante el periodo de evaluación.

En un trabajo realizado en condiciones de invernadero con el cultivo del tomate que tuvo entre sus objetivos determinar unidades SPAD en plantas sometidas a diferentes condiciones nutrimentales se obtuvo una alta correlación entre las unidades SPAD y la concentración de clorofila o nitrógeno total (Rodríguez et al., 1998). Por lo tanto, los valores de unidades SPAD que en este trabajo con limón mexicano resultaron ser en los distintos tratamientos de fertilización superiores al valor registrado por el testigo son un indicativo del efecto de cada uno de los tratamientos, los cuales en los árboles visualmente presentaban una apariencia de color verde de intensidad variable entre ellos por tener distintos niveles de clorofila y nitrógeno; siendo los tratamientos 4 y 6, los que tuvieron los índices SPAD más elevados con 52.11 y 51.54, respectivamente. Aunque fue solo el tratamiento 6 como ya se indicó el de mayor rendimiento de fruta.

Cuadro 4. Promedio índice SPAD (verdor) de fruto en limón mexicano infectado con HLB en el estado de Colima.

Tratamiento	Índice SPAD
1. Recomendación INIFAP	49.36 a
2. YaraMila® y YaraBela®	49.11 a
3. YaraLiva® y YaraMila® I	47.51 a
4. YaraLiva®	52.11 a
5. Sulfato de Amonio	49.75 a
6. YaraLiva® y YaraMila® II	51.54 a
7. Testigo sin aplicar	37.39 b

Medias con letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 5 %).

Conclusiones

1. El tratamiento a base de YaraLiva® y YaraMila® II con fórmula 149-73-120-115-20-53 (N-P-K-Ca-Mg-S) aplicado al suelo en limón mexicano con HLB fue el mejor al registrar 33.66 brotes florales/m²/año, 92.54 frutos en madurez de cosecha/ m²/año y un rendimiento de 83.0 kg de fruta/árbol/año, además del mayor diámetro de fruto (40.47 mm).
2. En general, los tratamientos con fertilizantes aplicados al suelo superaron al testigo en el índice SPAD medido al final del ciclo de trabajo sin haber ningún efecto fitotóxico en el cultivo.

Literatura citada

- Bassanezi, R. B. 2010. Epidemiology of Huanglongbing and its implications on disease management. In: Memoria del 2o. Taller Internacional sobre el Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos. Mérida, Yucatán, México.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, new-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88 (1):7-37.
- Champion, G. T. 1997. Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. M. Trials. AICC Newsletter, December. 7 pp.
- Halbert, S. E. and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87(3):401-402.
- Robles, G. M. M., J. J. Velázquez M., M. A. Manzanilla R., M. Orozco S., V. M. Medina U., J. I. López A. et al. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el Estado de Colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(1):15-31.
- Rodríguez, M. M. N., G. Alcántar G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B. y J. A. Santizó R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 18(2):135-141
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT user's guide. Version 9.00. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2014. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://www.infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/index.jsp [consultado el 20 de agosto de 2017].
- Trujillo, A. J. 2009. Acciones nacionales de la SAGARPA para proteger a la citricultura del HLB. DGSV-SENASICA-SAGARPA.

DISTANCIAMIENTO, FORMA Y ORIENTACIÓN DE TRAMPAS PARA LA DETECCIÓN-MONITOREO DE *Diaphorina citri* EN PLANTACIONES DE CÍTRICOS EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Rafael Alberto Guajardo Panes^{647*}, Gabriel Díaz Padilla⁶⁴⁷, José Isabel López Arroyo⁶⁴⁸ e Ignacio Sánchez Cohen⁶⁴⁹

Resumen

Se propone un proceso metodológico para establecer puntos de trampeo-monitoreo de *Diaphorina citri* en huertos cítricos y definir distanciamiento y orientación acorde a los mapas de zonas de riesgo en el estado de Veracruz. Se consideró como base la información registrada por SENASICA en 2015. Se calcularon probabilidades de capturar 0, 1 y 2 psíldos en un año con distribución Poisson. Dichas probabilidades se interpolaron con Kriging para medir la variación a través del espacio generando una superficie continua con la fluctuación de probabilidades de captura en la zona cítrica de Veracruz. El modelo Kriging Gaussiano presentó el menor cuadrado medio del error estandarizado (0.8995), considerando dicho modelo se realizó el análisis de variograma para diferentes probabilidades de captura de psíldos ($p=0, 1, 2; \lambda$) y se observó que para los tres escenarios de probabilidad, hay fluctuación de variación explicada por la distancia espacial entre el 28 y 44%, con una tendencia de anisotropía en la dirección Norte-Sur. Se propone un nuevo esquema de muestreo colocando grupos de trampas a no menos de 800 m de distancia y orientadas al sur del centroide del huerto y sobre las zonas de mayor nivel de riesgo. Esta nueva propuesta de muestreo, permitió reducir entre 50-30% el costo de trampeo y hasta 50% de los costos de operación en el monitoreo del vector, en comparación con los métodos tradicionales.

Palabras clave: Variograma, trampeo, muestreo, distancia mínima entre trampas, correlación espacial

⁶⁴⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo-Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Sitio Experimental Teocelo. *guajardo.rafael@inifap.gob.mx.

⁶⁴⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental General Terán.

⁶⁴⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera.

Introducción

En el estado de Veracruz, el 70% de la superficie cítrica se encuentra establecida con cítricos. La superficie cultivada en el año 2014 fue de 161,567 ha (SIAP, 2016), la cual se encuentra bajo riesgo por la presencia del Huanglongbing, cuyo patógeno asociado, la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas), es transmitido por *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Como parte de la campaña nacional para el manejo del Huanglongbing en el país, para el año 2015, se instalaron 106,085 trampas, de las cuales 7,708 se establecieron en el estado de Veracruz en zonas productoras de naranja y limón persa, para monitorear la presencia-ausencia del vector transmisor de CaLas, actividad que se realiza en forma semanal durante todo el año. Dado el alto costo que representa esta tarea, se han emprendido acciones que coadyuven a establecer nuevos esquemas de muestreo en los cuales se defina el distanciamiento mínimo y orientación en las que deberán instalarse grupos de trampas, contribuyendo de esta forma a reducir los costos del monitoreo, a la par que se incrementa su precisión y efectividad.

Materiales y Métodos

Se consideró como base la información registrada por SENASICA (2016). Se calcularon probabilidades de capturar 0, 1, 2 y 1 ó 2 psíldos en un año con la distribución Poisson

$$P(X, \lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!},$$

El valor de λ corresponde al valor promedio de psíldos capturados en un año por trampa y debido a que este valor es variable para cada trampa, el valor de probabilidad Poisson es variable para cada trampa; el cálculo de estas probabilidades se llevó a cabo con el apoyo de hojas de cálculo de Excel en donde se aplicó la función POISSON.DIST(x, media, acumulado).

Los resultados fueron integrados a un Sistema de Información Geográfica (SIG) con su correspondiente ubicación geográfica y por medio del método Kriging se obtuvieron los variogramas de los modelos circular, esférico, exponencial y Gaussiano, los cuales permitieron seleccionar aquel que tuviera menor cuadrado medio del error y el que explicara mejor la variación a través del espacio.

Posteriormente, se realizó el cálculo de los parámetros necesarios para generar una superficie continua, con la cual es posible observar la fluctuación de probabilidades de captura en la zona cítrica de Veracruz, específicamente en zonas donde se producen cítricos.

Finalmente, se delimitaron isóneas de probabilidad en donde se ubicaron los puntos de trampeo-monitoreo de *Diaphorina citri* en huertos de cítricos, en la que se definió tanto distanciamiento como orientación de trampas tomando como referencia la cartografía de zonas de riesgo desarrollada por Díaz et al. (2014).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se puede observar un segmento de los resultados de probabilidades de la distribución Poisson para capturar 0, 1, 2 y 1 ó 2 psílicos en un año, los cuales se emplearon para realizar el análisis de variograma, el cual permitió establecer el mínimo distanciamiento y orientación de trampas en zonas productoras de cítricos.

Cuadro 1. Ejemplificación de tabla de probabilidades Poisson calculadas para cada trampa colocada en cultivo de cítricos.

Cultivo	Productor	Latitud	Longitud	Promedio de psílicos por año (λ)	$P(X=0, \lambda)$	$P(X=1, \lambda)$	$P(X=2, \lambda)$	$P(X=1 \text{ ó } 2, \lambda)$
Limón Persa	Abad Vázquez Roberto	-97.024550	20.093510	0.211538	0.809338	0.171206	0.018108	0.189314
Limón Persa	Abad Vázquez Susana	-97.022820	20.092870	0.826923	0.437393	0.361690	0.149545	0.511235
Naranja	Abendaño Badillo Isauro	-97.446930	20.720790	0.063830	0.938165	0.059883	0.001911	0.061794
Limón Persa	Acosta Antero	-96.681530	18.838900	0.352941	0.702619	0.247983	0.043762	0.291745
Limón Persa	Acosta Fernando	-96.679110	18.838700	0.588235	0.555306	0.326651	0.096074	0.422725
.
.
.
Naranja	Martínez López Trinidad	18.03277	-94.76233	0.42	0.6570	0.2760	0.0580	0.3339

El modelo Kriging gaussiano presentó el menor cuadrado medio del error estandarizado (0.8995) y se observó que para los tres escenarios de probabilidad, hay fluctuación de variación explicada por la distancia espacial entre el 28 y 44%, con una tendencia de anisotropía en la dirección Norte-Sur. La Figura 1 muestra los variogramas calculados para capturar 0, 1, 2 y 1 ó 2 psílicos en un año.

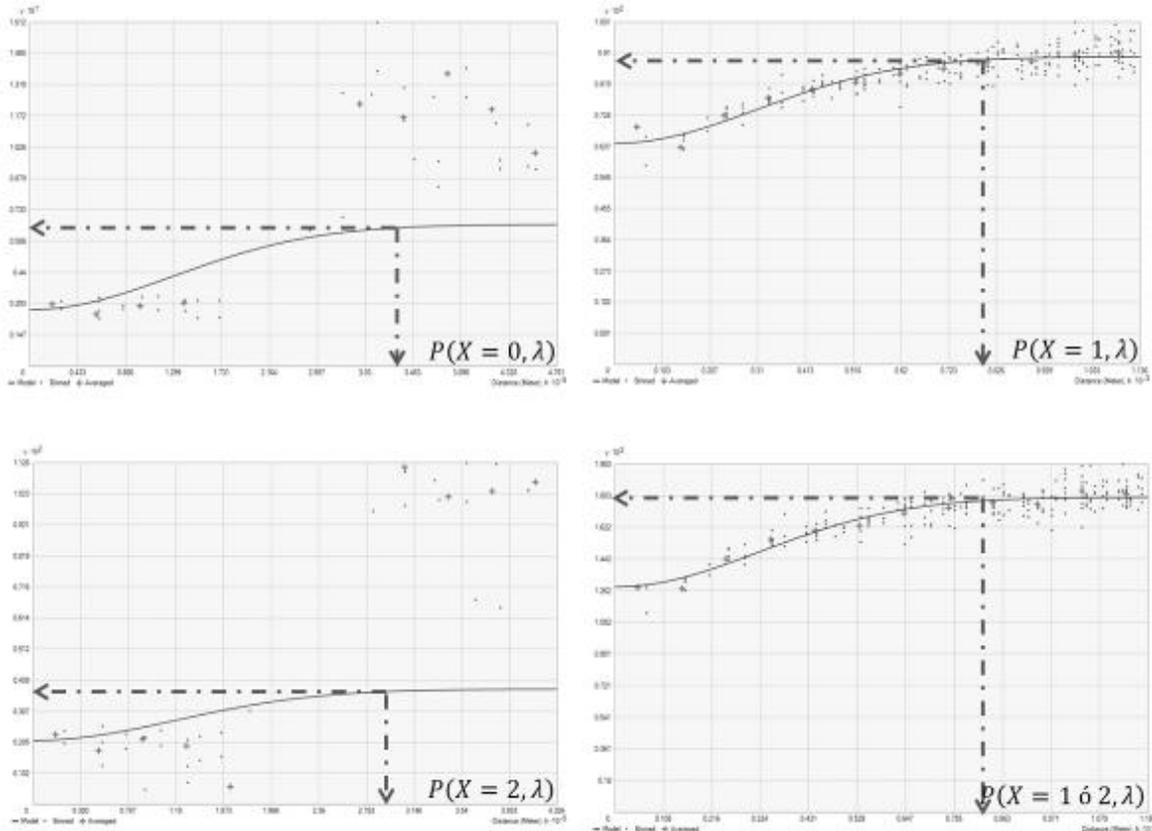


Figura 1. Variogramas asociados a las probabilidades de capturar 0, 1, 2 y entre 1 ó 2 psílidos en las zonas productoras de cítricos en el estado de Veracruz.

De acuerdo al análisis de variograma se observó que la distancia mínima de colocación de trampas para capturar 1 ó 2 psílidos, es de no menos de 800 m, las cuales deberán ser ubicadas al sur del centroide de cada huerto productor de cítricos, lo que representa una garantía de registrar este número de psílidos en el monitoreo (Figura 2).

En base a lo anterior se realizó una distribución aleatoria de trampas por todo el territorio veracruzano, considerando la restricción que se mencionó en el párrafo anterior, así mismo se consideró que estos huertos tendrían que contar con probabilidades mayores a 0.15% de capturar psílidos de *D. citri* tanto en áreas con presencia de naranja como de limón persa y con incidencia en áreas con alto índice de riesgo de HLB desarrolladas por Díaz et al. (2014) es así como la distribución de puntos de trapeo en el estado de Veracruz quedaron como se muestra en la Figura 2.

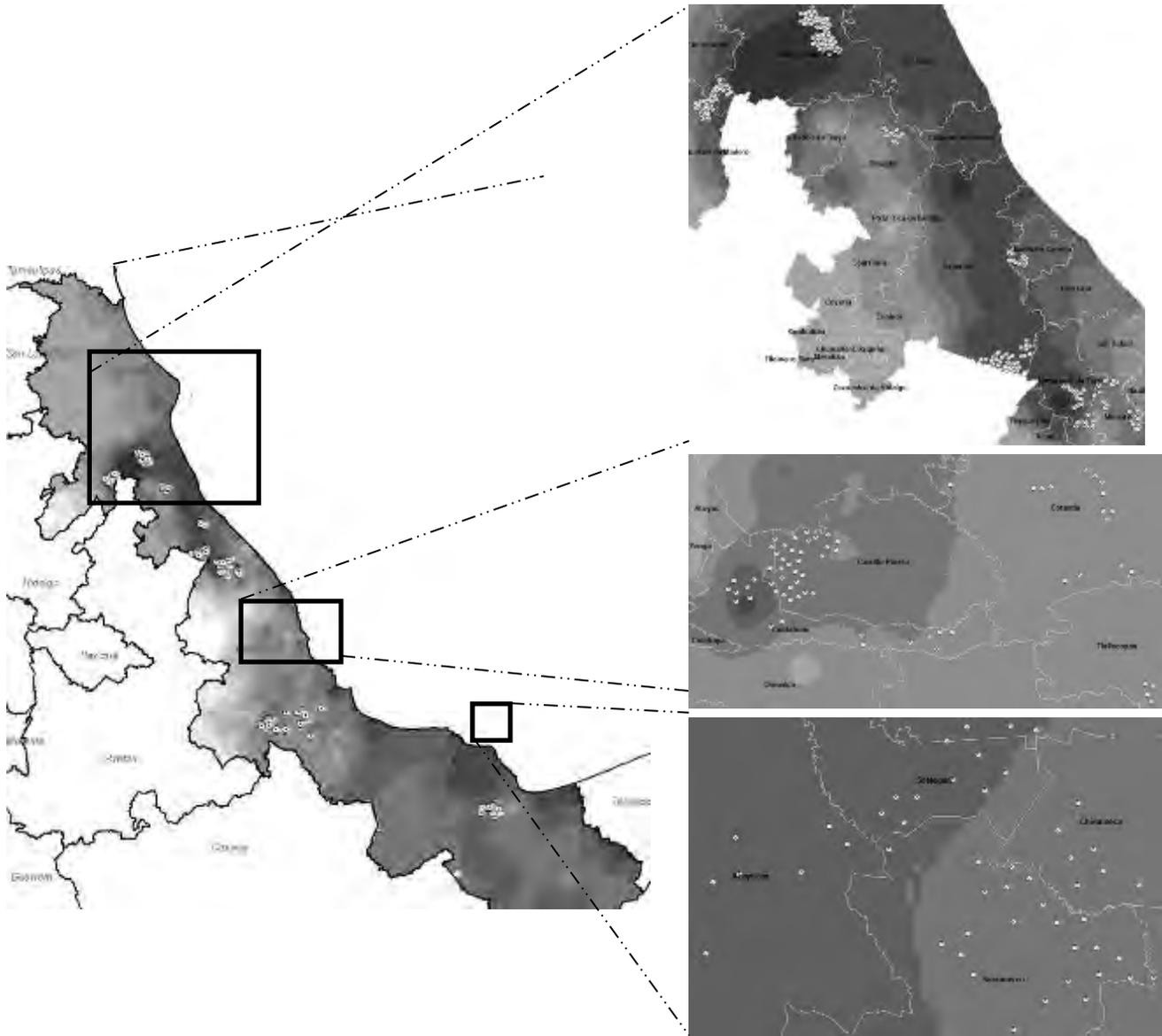


Figura 2. Distribución del trapeo propuesto para el monitoreo de *D. citri* en la región cítrica productora de naranja y limón persa en el estado de Veracruz.

Una vez ubicados los huertos objeto de muestreo, es importante ubicar las trampas en grupos de 20, de forma lineal y alternada con orientación al sur y sureste de cada huerto con respecto a su centroide, además de que se debe tener en consideración que éstas deberán estar cercanas a ríos, cuerpos de agua y caminos (Figura 3).

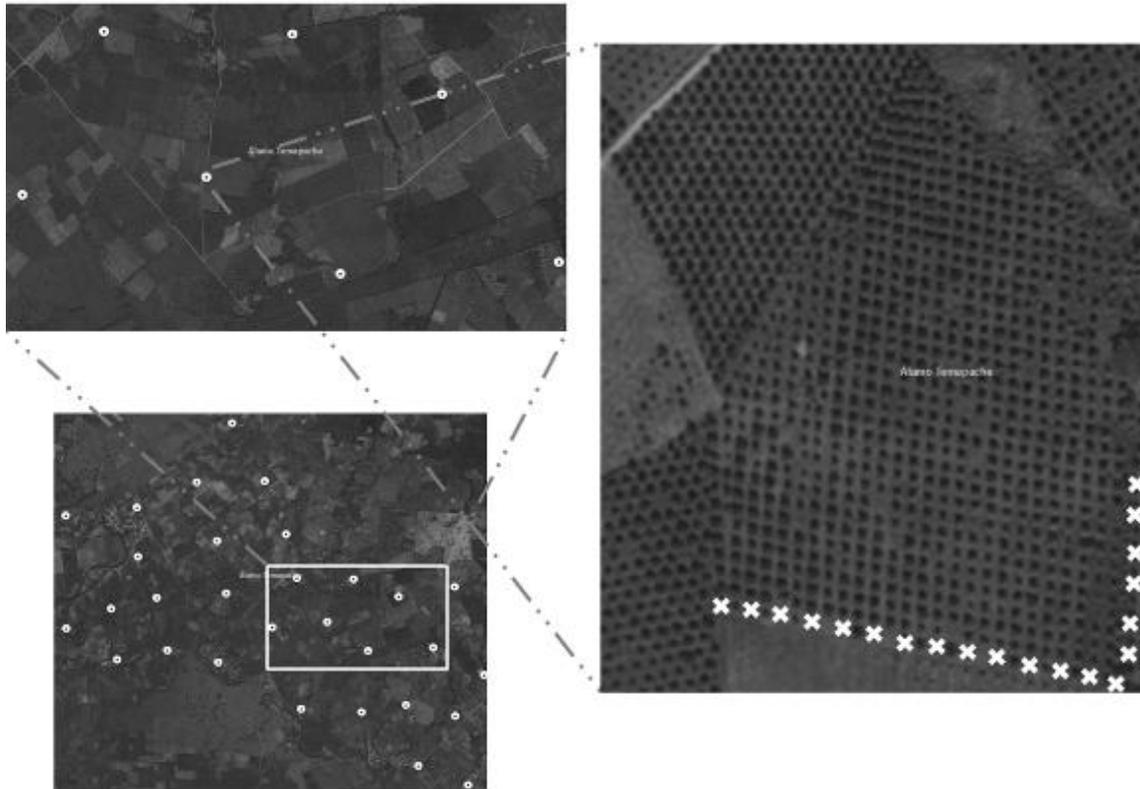


Figura 12. Definición de esquema de muestreo a nivel de huerto.

Es importante mencionar que dado que las trampas cuentan con la característica de tener adherencia en ambas caras, es posible ampliar el tiempo de monitoreo de ocho a 15 días, lo que representa un importante ahorro de recursos para esta actividad.

Con base a los resultados presentados, se puede observar que de acuerdo al esquema de muestreo planteado hay una disminución de entre el 50 y 30% de trampas en la región productora de naranja y limón persa del estado de Veracruz, lo cual repercute en la disminución en casi la mitad el costo del trampeo, lo que permitirá contar con un ahorro de operación; así mismo, el distanciamiento y orientación del trampeo permitirá contar con un mayor registro de incidencia de psílidos capturados, con lo que será posible realizar la estimación de psílidos y su movilidad espacial con mayor precisión. La presente propuesta, se encuentra basada en el análisis de datos de captura de *D. citri* en el estado, con lo que fue posible realizar una propuesta estadísticamente robusta, basada en la información registrada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal, permitiendo así, realizar toma de decisiones con respecto al planteamiento de actividades relacionadas con el monitoreo y seguimiento del vector transmisor del huanglongbing.

Conclusiones

1. Se propone un nuevo esquema de muestreo colocando grupos de trampas a no menos de 800 metros de distancia y orientadas al sur del centroide del huerto y sobre las zonas de mayor nivel de riesgo. Esta nueva propuesta de muestreo, permitió reducir entre 50-30% el costo de trampeo y hasta 50% de los costos de operación en el monitoreo del vector, en comparación con los métodos tradicionales.
2. A partir de la implementación de este esquema de muestreo, será posible realizar inferencias sobre la proporción de huertos con presencia y ausencia de *D. citri* en el estado de Veracruz y sus municipios con un nivel de confianza y margen de error establecido.
3. Derivado de un listado de huertos objeto de monitoreo, facilitará realizar el planteamiento de posteriores esquemas de muestreo dentro de cada huerto, como es el caso del muestreo secuencial.
4. Dada la sencillez de este esquema de muestreo, es posible replicarse en otros estados, siempre y cuando se disponga de un padrón de citricultores con referencia geográfica de estos.

Agradecimientos

Se otorga un agradecimiento especial al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Chiapas por su apoyo económico para desarrollar el presente estudio.

Literatura citada

Díaz, P. G., J. I. López A., I. Sánchez C., R. A. Guajardo P., G. Mora A. y J. A. Quijano C. 2014. Áreas de abundancia potencial en México del vector del Huanglongbing, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(7):1137-1153

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. Anuario Estadístico de Producción Agrícola de Limón Mexicano de Riego y Temporal en el estado de Colima. <http://infosiap.siap.gob.mx/> [consultado el 23 de mayo de 2016]

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2016. Puntos de ubicación de atención de campaña contra HLB de los cítricos en el estado de Veracruz.

COMPARACIÓN DE POBLACIONES DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN HUERTAS DE LIMÓN PERSA EN ARCOS Y HUERTAS TESTIGO

Edgardo Cortez Mondaca^{650*}, Jesús Pérez Márquez⁶⁵¹, Uri Pavel Sandoval Cota⁶⁵⁰ José Isabel López Arroyo⁶⁵².

Resumen

En la citricultura de México, actualmente se aplica una estrategia que es única entre las citriculturas más importantes del mundo porque el manejo del vector del patógeno asociado al huanglongbing el psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, se realiza mediante la aspersión regional de insecticidas en unidades estratégicas de manejo conocidas como Áreas Regionales de Control (ARCOs), sin embargo, se desconoce la efectividad de la medida de aspersiones regionales para reducir el nivel poblacional del vector o sus infestaciones, ya que en los informes de monitoreo poblacional del insecto, es imposible notar cuantitativamente dichos efectos. El trabajo se realizó en la región norte de Sinaloa, en los municipios de Ahome y Guasave, en 12 huertas de limón Persa, durante un periodo del 14 de febrero de 2017 al 20 de julio de 2017. Los muestreos del PAC consistieron en inspeccionar 10 brotes tiernos, máximo de 10 cm de longitud, en ocho árboles ubicados en la periferia y en dos árboles más dentro de la superficie de la huerta. En cada brote inspeccionado se contabilizaron los huevecillos, las ninfas chicas (NCh) de primer a tercer instar y ninfas grandes (NGd) de cuarto a quinto instar, viables (vivas) y muertas. Los resultados obtenidos no permiten definir si los huertos de limón Persa con aplicaciones de insecticidas en ARCO's muestran menor población del psílido asiático de los cítricos, respecto a huertas testigo con aplicaciones locales de insecticidas. Huertas de 2 a 3 años de edad con tratamiento local de insecticidas mostraron menor cantidad de NCh y NGd del PAC, mientras que en huertas de 5 a 6 años de edad las huertas con manejo en ARCO's mostraron la menor cantidad de huevo, NCh y NGd.

Palabras clave: Áreas Regionales de Control, control químico, inmaduros de *Diaphorina citri*

⁶⁵⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valle del Fuerte. *cortez.edgardo@inifap.gob.mx.

⁶⁵¹ INIFAP-Campo Experimental Valle de Culiacán.

⁶⁵² INIFAP. Campo Experimental General Terán.

Introducción

En la citricultura de México, actualmente se aplica una estrategia que es única entre las citriculturas más importantes del mundo porque el manejo del vector del patógeno asociado al huanglongbing el psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, se realiza mediante la aspersión regional de insecticidas en unidades estratégicas de manejo conocidas como Áreas Regionales de Control (ARCOs) (Mora et al., 2013; SENASICA, 2016a). La campaña es reconocida a nivel internacional principalmente porque se realiza con apoyo de recursos financieros federales; sin embargo, se desconoce la efectividad de la medida de aspersiones regionales para reducir el nivel poblacional del vector o sus infestaciones, ya que en los informes de monitoreo poblacional del insecto, es imposible notar cuantitativamente dichos efectos. Por lo que es necesario realizar una evaluación del impacto de la medida, con la finalidad de garantizar el control adecuado de la plaga sin afectar el entorno (Rogers et al., 2016), así como para asegurar que el recurso oficial invertido realmente produce los efectos buscados de reducir los problemas por la abundante presencia y diseminación del vector en el país. De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar si los huertos de limón Persa con aplicaciones de insecticidas en ARCO's muestran menor población del psílido asiático de los cítricos respecto a huertas testigo con aplicaciones locales de insecticidas.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la región norte de Sinaloa, en los municipios de Ahome y Guasave, en 12 huertas de limón Persa, durante un periodo del 14 de febrero de 2017 al 20 de julio de 2017. Mediante muestreos a intervalos de una semana los primeros tres meses, de febrero a mayo y después a intervalos de 14 días.

Tratamientos en huertas de 2 a 3 años de edad: 1. "Agrícola Cuadras" (26.06884 - 109.16951), 2. Baltazar León huerta "Matacahui" (26.09122 -109.30628), 3. Baltazar León huerta "El Álamo" (26.06870 -109.31350); 4. Testigo, "Higuera de Zaragoza" (25.98938 - 109.28921). Tratamientos en huertas de 5 a 6 años de edad: 1. Daniel Luque "El Guacaporito" (26.07194 -109.24898), 2. Edgardo Valdez "El Puente" (26.04266 -109.31261), 3. Hugo Valdez "El Cardal" (26.05152 -109.36459), 4. Crisóforo Armenta (25.85485 - 108.81425), 5. Tomás Galván "El Batequis" (25.81560 -108.78393), 6. Alberto Mendivil "El Ingeniero" (25.82551 -108.76338), 6. Irasema Araujo "Las Parritas" (25.65236 -108.61360), 7. Testigo Antonio Saldaña "Las Panguitas". Los muestreos del PAC consistieron en inspeccionar 10 brotes tiernos, máximo de 10 cm de longitud, en ocho árboles ubicados en la

periferia y en dos árboles más dentro de la superficie de la huerta, de acuerdo a un diseño de "T" (SENASICA, 2016b); de 20 árboles marcados en la periferia, el noveno y décimo brote muestreado se inspeccionaron en el árbol de la cuarta hilera del árbol 6 y del árbol 15. En cada brote inspeccionado se contabilizaron los huevecillos, las ninfas chicas (NCh) de primer a tercer instar y ninfas grandes (NGd) de cuarto a quinto instar, viables (vivas) y muertas (deshidratadas y sin respuesta al estímulo de la punta de un lápiz).

En las huertas con manejo en ARCO's se realizó una aspersion de la mezcla insecticida Abamectina (Romectin® 1.8%) 0.5 L + Aceite mineral parafínico de petróleo (Citroil 2.5%) 2.0 L/ha, en 500 o 600 L de agua, en un periodo de tiempo comprendido entre el 15 de febrero al 28 de febrero de 2017. Adicionalmente en las huertas Agrícola Cuadras y El Batequis se realizó una aspersion local de insecticida durante el periodo de evaluación; en la primera huerta mencionada se aplicó Imidacloprid 300 mL/ha el 29 de marzo de 2017, para el control de minador de la hoja *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracilariidae), sin embargo, es un insecticida de amplio espectro que también controla al PAC; en la huerta El Batequis se aplicó Tiametoxam 0.6 L + Lambda cyalotrina 0.5 L/ha, el 24 de marzo de 2017, dichos insecticidas son de amplio espectro y se utilizaron para control también de minador de la hoja y el PAC.

La variable de estudio fue el número de huevo, NCh y NGd vivos. Se utilizaron huertas comerciales y los datos se sometieron a un ANVA para estadística no paramétrica, con la Prueba de Suma de Rangos de Wilcoxon-comparación de dos poblaciones (IBM, 2013).

Resultados y Discusión

Respecto a número promedio de huevecillos (Figura 1) no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos. Este resultado tiene lógica si se considera que el tratamiento insecticida en ARCO's (Abamectina + Aceite mineral parafínico de petróleo) no tuvo efecto sobre huevecillo (Cortez et al., 2017). En la Figura 1 se aprecia como la cantidad de huevos promedio por fecha de muestreo fue variable, hasta abril la cantidad de los mismos fue más alta en la huerta testigo, pero a partir del tercer muestreo de abril el número promedio de huevecillos en la huerta se fue prácticamente a cero, mientras que en las huertas de ARCO's fluctuaron entre los cinco y cerca de 20 huevecillos por muestreo.

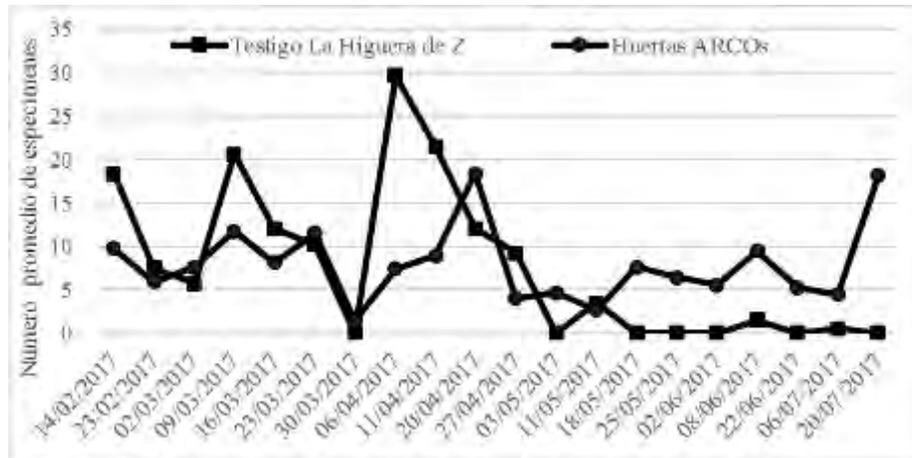


Figura 1. Promedio de huevecillos en huertos de 2 a 3 años de edad en ARCO's versus huerto testigo.

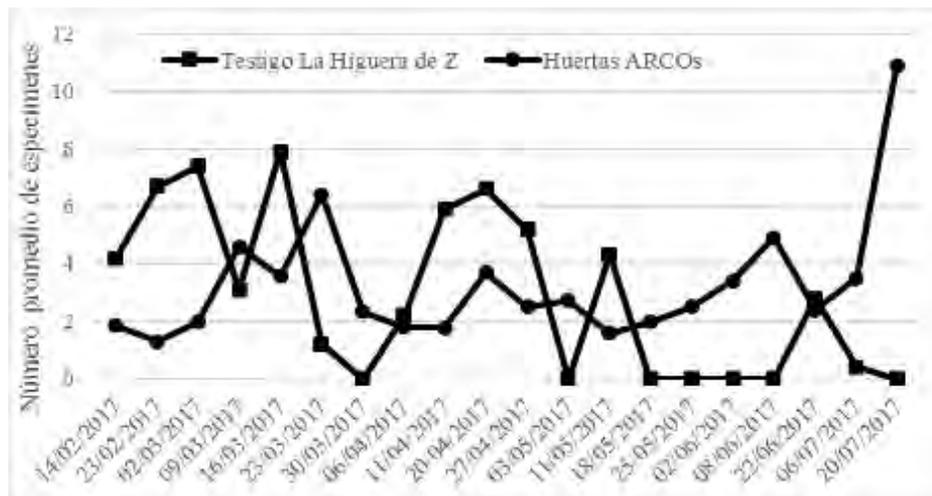


Figura 2. Promedio de ninfas chicas en huertos de 2 a 3 años de edad en ARCO's versus huerto testigo.

Para el caso de NCh en huertas de 2 a 3 años de edad (Figura 2), se obtuvo diferencia significativa ($P < 0.05$) a favor del tratamiento testigo, es decir, que el tratamiento testigo mostró menor cantidad promedio de NCh. Al igual que para el caso de huevo la fluctuación poblacional fue diferente entre los tratamientos y a pesar de que las mayores densidades poblacionales correspondieron al testigo, al final el tratamiento de las huertas en ARCO's mostraron una población más estable; el testigo no arrojó NCh en cuatro fechas de muestreo continuas, del 18 de mayo al ocho de junio de 2017.

En el caso de NGd en huertas de 2 a 3 años de edad, nuevamente se obtuvo diferencia significativa ($P < 0.05$) a favor del tratamiento testigo, es decir, que el tratamiento testigo mostró menor cantidad promedio de NGd. Igualmente, la fluctuación poblacional fue diferente entre los tratamientos; el testigo no arrojó NGd en cuatro fechas de muestreo continuas, del 18 de mayo al ocho de junio de 2017.



Figura 3. Promedio de ninfas grandes en huertos de 2 a 3 años de edad en ARCO's versus huerto testigo.

A manera de resumen, para huertas chicas de 2 a 3 años de edad, el manejo en ARCO's no reflejó mejores resultados o sea, menor densidad poblacional del PAC. Para el caso de huevecillos no es de extrañar pues como ya se mencionó la mezcla insecticida utilizada (Abamectina + Aceite mineral parafínico de petróleo) en la aplicación de primavera, no tuvo efecto sobre huevo. Y en el caso de NCh y NGd algo que pudo influir en la abundancia de especímenes es el resultado de cero población durante cuatro muestreos, del 18 de mayo al ocho de junio de 2017: el 18 de mayo la presencia de brotes fue reducida, el 25 de mayo no se muestreo porque la huerta estaba recién regada, el 2 y 8 de junio continuaba una baja brotación. Por otra parte, una de las tres huertas en ARCO's, la de Agrícola Cuadras, la mayor parte del tiempo presenta poblaciones elevadas del PAC en sus diferentes estados de desarrollo, lo cual no tiene una explicación; las poblaciones decrecen temporalmente después de la aplicación de un insecticida y se recuperan al pasar el efecto residual, mientras que las otras dos huertas en ARCO's presentan poblaciones mayormente bajas, que se incrementan probablemente con la presencia de brotes tiernos, pero después de la aplicación de insecticidas permanecen con poblaciones bajas.

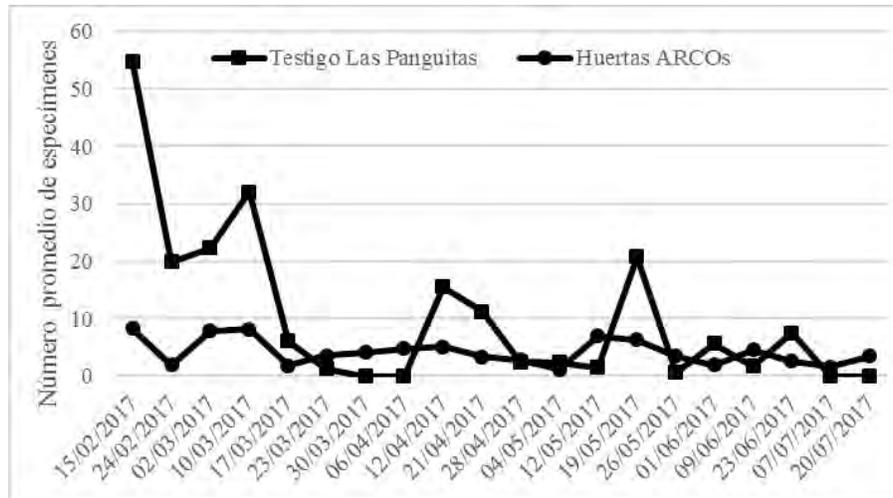


Figura 4. Promedio de huevecillos en huertos de 5 a 6 años de edad en ARCO's versus huertos testigo.

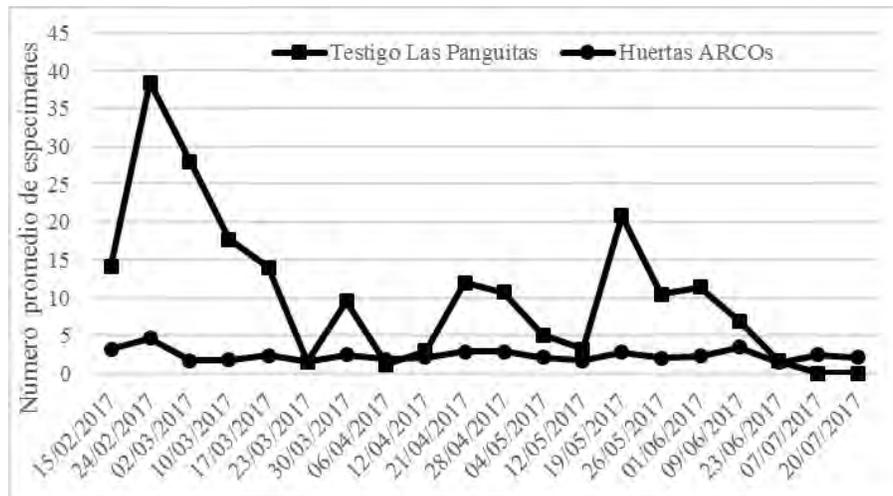


Figura 5. Promedio de ninfas chicas en huertos de 5 a 6 años de edad en ARCO's versus huerto testigo.

En las huertas de 5 a 6 años de edad, la cantidad de huevecillo (Figura 4) fue significativamente mayor en el tratamiento testigo ($P < 0.05$), esto denota un mayor impacto del manejo del PAC en ARCO's, sin embargo, la mezcla insecticida en la aplicación de primavera no tuvo efecto sobre huevecillo, al menos que esa menor cantidad significativa de huevecillo se deba a un impacto de mayor tiempo, pues como es sabido el manejo en ARCO's se lleva a cabo desde el año 2012 (Mora et al., 2013).

Con NCh la prueba de Wilcoxon también arrojó alta diferencia significativa ($P < 0.001$); con una población muy reducida en las huertas ARCO's. Con NGd se obtuvo un resultado similar, incluso el comportamiento poblacional de NCh y NGd es hasta cierto punto parecido (Figuras 5 y 6) así como la fluctuación poblacional de los mismos estados de desarrollo en el testigo, no en cuanto a cantidad, pero si en cuanto a la ocurrencia de los picos poblacionales. Así

mismo, las densidades de huevecillos son mayores a las de NCh y estas mayores que las de NGd.

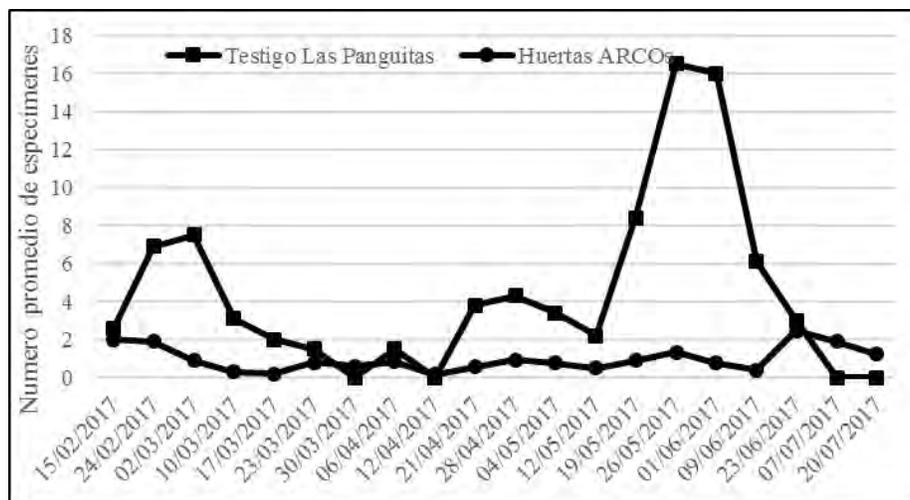


Figura 6. Promedio de ninfas grandes en huertos de 5 a 6 años de edad en ARCO's versus huerto testigo.

A manera de resumen, las huertas de 5 a 6 años de edad mostraron un efecto favorable al manejo en ARCO's. Cabe señalar que la huerta testigo “Las Panguitas” tiene un manejo orgánico en el que el control de las plagas se basa en liberaciones una vez al mes de crisopa Chrysoperla carnea (Stephens) liberando alrededor de 20,000 huevecillos del depredador por hectárea y aplicaciones ocasionales de algún insecticida orgánico, como una aplicación de jabón (2 L/ha) realizada en la primera semana de mayo; lo anterior explica las poblaciones elevadas del PAC. Por otro lado, dentro de las huertas de 5 a 6 años de edad incluidas en el manejo en ARCO's, se tiene a “Las Parritas” que también por alguna razón desconocida es común que constantemente presente poblaciones elevadas del PAC (datos no incluidos).

Los resultados obtenidos no permiten aclarar si los huertos de limón Persa con aplicaciones de insecticidas en ARCO's muestran menor población del psílido asiático de los cítricos, respecto a huertas testigo con aplicaciones locales de insecticidas, ya que en el caso de huertas de 2 a 3 años de edad las densidades poblacionales de la plaga fueron significativamente menores que en el huerto testigo, mientras que en huertas de 5 a 6 años de edad si fue posible apreciar dicho impacto, en ese sentido es posible mencionar que las huertas más chicas de edad y desarrollo presentan una brotación más intensiva que plantas de 5 a 6 años. Además, en el presente estudio se ha observado que así como hay huertas que inexplicablemente muestran frecuentemente poblaciones elevadas del PAC, también hay otras, en éste estudio una de 2 años de edad y otra de 6 años de edad, que presentan una población mínima del PAC, al grado de ser difícil encontrar especímenes. Los huertos de limón Persa en ocasiones están ubicados en ambientes con características específicas

diferentes y un manejo agronómico también singular, por mencionar algunos de los factores de los muchos que pueden influir en su desarrollo, crecimiento, rendimiento, sanidad, etc., por lo que todavía no es posible definir si la comparación de poblaciones del PAC de huertos en ARCO's versus huertos no incluidos en ese manejo, es la forma correcta para evaluar el efecto de aspersiones regionales de insecticidas en poblaciones del vector del huanglongbing y sus infestaciones en ARCO's. Además, habría que cuestionar si los huertos considerados testigo están exentos del impacto (colateral) de las aplicaciones de insecticidas en ARCO's pues se encuentran prácticamente dentro de la misma área geográfica.

Los presentes son resultados parciales y de sólo una parte de un estudio que se realiza en zonas cítricas de cuatro estados de la república mexicana.

Conclusiones

Los resultados obtenidos no permiten definir si los huertos de limón Persa con aplicaciones de insecticidas en ARCO's muestran menor población del psílido asiático de los cítricos, respecto a huertas testigo con aplicaciones locales de insecticidas. Huertas de 2 a 3 años de edad con tratamiento local de insecticidas mostraron menor cantidad de NCh y NGd del PAC, mientras que en huertas de 5 a 6 años de edad las huertas con manejo en ARCO's mostraron la menor cantidad de huevo, Nch y NGd.

Agradecimientos

Al SENASICA-DGSV, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas y al INIFAP por los recursos otorgados para realizar el estudio. Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sinaloa por las facilidades brindadas para la realización del trabajo de campo.

Literatura citada

Cortez, M. E., M. Montoya L., A. Ortiz O., J. Pérez M. y F. A. Valenzuela E. 2017. Evaluación de la mezcla insecticida abamectina más aceite mineral sobre *Diaphorina citri* previo a la aplicación en ARCO's. *Entomología Mexicana* 4:354-358.

IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Mora A. G., P. Robles G., R. González, J. Flores, G. Acevedo y S. Domínguez. 2013. Criterios

epidemiológicos para priorizar zonas de establecimiento de ARCOS. In: Memorias de la Reunión

Nacional de Sanidad Vegetal. México, D.F. 16-19 Abril. SENASICA México.

Rogers, M. E., M. M. Dewdney and S. H. Futch. 2016. Florida citrus pest management guide: Pesticides Registered for Use on Florida Citrus. U.S. Department of Agriculture. University of Florida,

IFAS, Florida A. & M. University Cooperative Extension Program, and Boards of County Commissioners Cooperating. 108-122 pp.

SENASICA, 2016a. Presupuesto Huanglongbing de los cítricos. Documento de consulta. <http://www.gob.mx/senasica/documentos/presupuesto-campana-huanglongbing-2016>. [Consultado el 12 de mayo de 2017].

SENASICA. 2016b. Manual operativo manual operativo de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. <http://www.gob.mx/senasica/documentos/estrategia-operativa-huanglongbing>. [Consultado el 16 de agosto de 2017].

DIAGNÓSTICO DEL VIRUS DE LA TRISTEZA DE LOS CÍTRICOS EN LIMÓN PERSA MEDIANTE RT-PCR

Gael Francisco García Merino⁶⁵³, Odón Castañeda Castro^{654*}, Miriam Cristina Pastelín Solano⁶⁵³,
Javier Emanuel Bulbarela Marini⁶⁵⁴, Francisco Hernández Rosas⁶⁵³ y Luis Alberto Solano Rodríguez⁶⁵⁵

Resumen

México es el segundo productor a nivel mundial de limones con una producción de 2 millones 120 mil toneladas. Una de las complicaciones que presenta el cultivo de limón, son las enfermedades ocasionadas por virus, hongos y bacterias, estos agentes amenazan las producciones cítricas al infectar millones de árboles. El virus de la tristeza de los cítricos (CTV) es causante de la enfermedad denominada “tristeza de los cítricos” llamada así debido a los efectos de decaimiento y defoliación causados en las plantas y ha sido considerada como la virosis más importante y devastadora de la citricultura a escala mundial. Dicha enfermedad es provocada por un virus de la familia Closteroviridae, género Closterovirus y es transmitido por injertos y por áfidos (pulgones) en forma semipersistente. Mediante técnicas de alta especificidad y sensibilidad para la detección de agentes causales, la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) es una herramienta eficiente para el diagnóstico en plantas por presencia sintomática y asintomática de patógenos. Se realizó el diagnóstico en plantas de limón Persa y en semillas de limón variedad volkameriano (*Citrus volkameriana*) germinadas in vitro, que conforman el injerto comercial más importante para la citricultura en las zonas de Cuitláhuac y La tinaja, Veracruz. Se utilizaron 25 plantas en etapa de producción y 25 vitroplantas provenientes de semillas germinadas; se realizó la detección de CTV mediante la técnica de RT-PCR que permite la amplificación y observación de una banda de 131 pb. Las plantas analizadas provenientes de la germinación in vitro resultaron negativas a la presencia de CTV descartando la transmisión de esta enfermedad a través de semillas, con respecto a las plantas en etapa de producción, no se encontró incidencia dentro de las plantaciones de campo de las huertas colectadas, confirmando que esta enfermedad se encuentra controlada en mayor parte de los cultivares de estas zonas cítricas.

Palabras clave: Cítricos, CTV, Closterovirus, vitroplantas

⁶⁵³ Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba.

⁶⁵⁴ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. *odcastaneda@uv.mx.

⁶⁵⁵ Producción Genética Agropecuaria de México SPR de RL de CV. (PROGAMEX). Laboratorio de Biotecnología Vegetal.

Introducción

México es el segundo productor a nivel mundial de limas y limones con una producción de 2 millones 120 mil toneladas (SIAP, 2016). El limón Persa, presenta características importantes entre las limas ácidas, sus frutos son de mayor tamaño que los de la lima mexicana, carece de semillas y la cosecha es más sencilla debido a la menor cantidad de espinas que presenta (ANACAFÉ, 2011). Este cítrico es el segundo en importancia en el grupo de limas y limones, su producción se realiza durante todo el año cosechándose en 64,183.67 hectáreas, las cuales producen 861,163.19 toneladas por año. El estado de Veracruz es la principal entidad productora de limón Persa con una superficie de 37,864.27 hectáreas, producción de 519,914.99 toneladas al año y rendimiento promedio en campo de 13.84 toneladas por hectárea (SIAP, 2016).

Una de las complicaciones que presenta el cultivo de limón persa, son las enfermedades ocasionadas por virus, hongos y bacterias, estos agentes amenazan las producciones cítricas al infectar millones de árboles (Vidal, 2014). El virus de la tristeza de los cítricos (CTV) es causante de la enfermedad denominada "tristeza de los cítricos" llamada así debido a los efectos de decaimiento, clorosis y defoliación causados en este tipo de plantas, ocasionando una de las enfermedades más destructivas en el cultivo de los cítricos. Ha sido considerada como la virosis más importante y devastadora de la citricultura a escala mundial, llegando a causar pérdidas muy importantes e incluso millonarias a los agricultores. Dicha enfermedad es provocada por un virus de la familia *Closteroviridae*, género *Closterovirus* y es transmitido por injertos y por áfidos (pulgonos) en forma semipersistente. El vector más eficiente es el pulgón café *Toxoptera citricida*, este es un insecto diminuto que pertenece al orden Homoptera, caracterizado porque sus integrantes son fitófagos y al alimentarse de las plantas, transmiten patógenos (principalmente virus) de importancia fitosanitaria. Microscópicamente se ha determinado que son partículas en forma de "varilla flexible" que mide 2,000 nm (Orozco, 1996; Agrios, 1998). De preparaciones purificadas, se han aislado algunos tipos de ácidos ribonucleicos de cadena simple con pesos moleculares de 5.4 a 6.5 (Agrios, 1998; Mencia, 2001). El virus se encuentra por lo regular limitado al floema de los árboles afectados, aunque también se ha detectado en la corteza de los tejidos jóvenes (Orozco, 1996; Brunt et al., 1997). En los estados de Nuevo León, Colima, Baja California, Veracruz (Silva et al., 2001; Mendoza et al., 2003; Herrera, 2004), se han detectado y caracterizado molecularmente aislamientos de CTV, que inducen síntomas con alto grado de severidad. Poco se conoce sobre la estructura poblacional del CTV (frecuencia de aislamientos) existente en un contexto espacial y temporal en México, por tanto, resulta indispensable su estudio para el diseño de estrategias de control de epidemias. La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) es una herramienta eficiente para el diagnóstico en

plantas por presencia sintomática y asintomática de patógenos. La detección de virus de ARN en plantas es necesaria en la mejora de programas fitosanitarios en los que el propósito es la propagación exclusiva de plantas libres de virus. Las técnicas más útiles para la rutina del diagnóstico de virus en plantas se basan en el uso de ELISA (ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas) con anticuerpos monoclonales específicos. Sin embargo, estas técnicas no son lo suficientemente sensibles para la detección de ARN viral en algunos tejidos y vectores debido a la baja carga viral. En los últimos años, se han ensayado técnicas más sensibles para abordar los problemas de los diagnósticos, por ello diferentes variantes de PCR incluyendo RT-PCR y Nested-PCR se están utilizando para una detección más específica de esta enfermedad (Olmos et al., 1999).

Materiales y Métodos

Entre enero y abril del 2017 se recolectaron hojas de 25 árboles con posibles síntomas de CTV (decaimiento, defoliación, detención del desarrollo) en huertos de La tinaja y Cuitláhuac, Ver., hojas de 25 vitroplantas provenientes de semillas regeneradas in vitro, como control positivo se utilizó una muestra de planta de limón enferma con CTV proporcionada por el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF) y como control negativo se utilizó agua HPLC. La extracción del ARN total se realizó siguiendo la metodología TRIsure™. La RT-PCR se realizó utilizando los cebadores PIN1 (5'-GGT TCA CGC ATA CGT TAA GCC TCA CTT-3') y PIN2 (5'-TAT CAC TAG ACA ATA ACC GGA TGG GTA-3') dirigida a la región 3' conservada del genoma del virus (Olmos et al., 1999).

El mix de RT-PCR para cada muestra contenía; 2 µl de dNTPs (10 Mm), 2 µl de ambos cebadores (10 mM), 0.3 µl de Taq ADN polimerasa, 0.02 µl (5 U/µl) de enzima transcriptasa reversa, 5 µl de My taq reaction buffer 5× (5 Mm de dNTPs y 15 mM de MgCl), 3 µl de ARN (100 ng) y agua libre de RNasa hasta 25 µL de volumen. El ADNc fue sintetizado usando el ácido nucleico total a 42°C durante 45 min, seguido de una desnaturalización y la inactivación enzimática a 92°C durante 2 min. El protocolo de amplificación consistió en 40 ciclos a 92°C durante 30 s, 60°C durante 30 s y 72°C durante 60 s, seguido de una amplificación a 10 min a 72°C; los productos de la RT-PCR se analizaron mediante gel de agarosa al 1.5%.

Resultados y Discusión

La implementación del diagnóstico de CTV en plantas de campo como las provenientes de semillas regeneradas in vitro dio resultado negativo, dado a que no existe una amplificación de 131 pb (figura 1), como lo marca la literatura citada (Olmos et al., 1999). Las muestras recolectadas probablemente pueden tener presencia de algunas otras enfermedades de los cítricos como psorosis, exocortis o incluso HLB debido a que últimamente se ha reportado incidencia de esta enfermedad en esta zona citrícola (Camps et al., 2014). En cuanto a los resultados negativos en hojas provenientes de semillas regeneradas in vitro se comprueba que dicho virus no se trasmite mediante semilla como lo describe Peña et al. (2010).

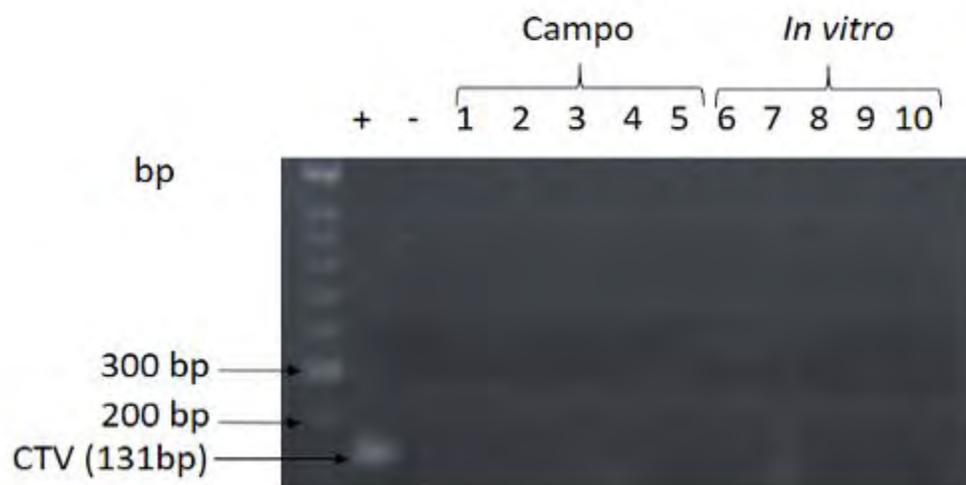


Figura 1. Gel de agarosa al 1.5 %, amplificación por RT-PCR de CTV en muestras de limón persa, utilizando cebadores PIN1 y PIN 2. Marcador de tamaño molecular (HyperLadder™ 50bp), bandas: + (control positivo), - (control negativo), 1-5 (muestras colectadas en campo), 6-10 (muestras provenientes de semillas germinadas in vitro).

La SENASICA-DGSV ha enlistado una serie de acciones emprendidas correspondientes a la normatividad aplicable en material de cítricos en general o específicamente aplicable al CTV. Entre ellas se encuentran la NORMA Oficial Mexicana NOM-079-FITO-2002, que son requisitos fitosanitarios para la producción y movilización de material propagativo libre de virus tristeza y otros patógenos asociados a cítricos (Pedraza et al., 2016), por ello fue importante determinar si las semillas producidas en invernaderos certificados para la replantación de las huertas se encuentran libres de esta enfermedad, para así brindar adecuado manejo agronómico en campo para seguir controlando al CTV con semillas de patrones tolerantes (*Citrus volkameriana*) y así no afectar la producción del limón Persa en esta zona citrícola.

Conclusiones

1. Las pruebas realizadas para diagnosticar la presencia del CTV en plantas colectadas con síntomas de esta enfermedad en las zonas de Cuitláhuac y La Tinaja, Veracruz, brindaron una respuesta negativa a la RT-PCR; posiblemente los síntomas detectados sean pertenecientes a otras enfermedades y no al CTV.
2. Las vitroplantas provenientes de la germinación in vitro de semillas, fueron negativas, confirmando que esta enfermedad no se trasmite por este medio en citrus volkameriana.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF).

Literatura citada

ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). 2011. Cultivo de limón Persa. Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetera, 2011.

Agrios, G. N. 1998. Como se defienden las plantas de los patógenos en: Fitopatología. Trad., al español de la 3ª., ed., en inglés. Limusa. Pag, 48-117.

Brunt, A. A., K. Crabtree, J. Daliwitz M., J. Gibbs A., L. Watson and J. Zurcher E. 1997. Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the vide database. 1997.

Camps, R., M. Castro and X. Besoain. 2014. Simultaneous detection of CTV, CEVd and HSVd using Arizona 861 S1 Citron and RT-PCR. Ciencia e Investigación Agraria 41(2):255-261.

Herrera, I. L. 2004. Caracterización biológica y molecular de aislados del virus tristeza de los cítricos (CTV) en México. Tesis de Doctorado. CINVESTAV-Irapuato. 185 p.

Mencio, P. R. 2001. Establecimiento de una metodología para la micropropagación de patrones tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos (vtc). Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Veracruzana, Veracruz.

Mendoza, A., C. Salazar, O. Alvarado, A. Cruz M. y H. Barrera. 2003. Diferenciación molecular de razas severas y débiles de aislamientos del virus de la tristeza de los cítricos en México. Rev. Fitotec. Mex. 26(4):223-230.

- Olmos, A., M. Cambra, O. Esteban, M. T. Gorris and E. Terrada. 1999. New device and method for capture, reverse transcription and nested PCR in a single closed-tube. *Nucl. Acids Res.* 27(6):1564-1565.
- Orozco, S. M. 1996. Enfermedades de los cítricos en México. Memorias sobre sistemas de producción de cítricos. Universidad Autónoma Chapingo, PIISCI, pp. 115-128.
- Pedraza, R., S. J. León P., A. Eduardo Q. y V. Mejorado. 2016. Una amenaza agrícola mundial: el virus de la tristeza de los cítricos y su vector el pulgón café *Toxoptera citricida*, 2016.
- Peña, I., M. Pérez J., D. López y L. Batista. 2010. Virus, e. c. p. principales enfermedades virales y afines de los cítricos. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.
- SIAP (servicio de información agroalimentaria y pesquera), 2016. http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016 [consultado el 10 de agosto del 2016].
- Silva, V. S., M. A. Peña R., R. Peña M., N. Villegas J., K. Byerly M. y M. Rocha P. 2001. Distribución del virus de la tristeza en tres plantaciones comerciales de cítricos del estado de Nuevo León, México. *Agrociencia* 35:441-450.
- Vidal, R. M. V. 2014. Propagación in vitro de lima ácida (*Citrus aurantiifolia* [Christm.] Swingle) - variedad Tahití a partir de segmentos nodales, 2014.

INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS EN HUERTAS COMERCIALES DEL ESTADO DE YUCATÁN

Jasso Argumedo Juan^{656*}, Wilson Avilés Baeza⁶⁵⁶ y Raúl Díaz Plaza⁶⁵⁶

Resumen

La gomosis o pudrición del pie causada por *Phytophthora* ssp., es la enfermedad mas importante de los cítricos a nivel mundial. En el estado de Yucatán, la inmensa mayoría de la superficie cultivada con cítricos se lleva a cabo en unidades de riego integradas por 20 o más productores. El estudio se llevó a cabo mediante el recorrido por 144 unidades citrícolas en las cuales se seleccionó una parcela y se realizó el muestreo para determinar la incidencia de la enfermedad. En huertas representativas se hicieron observaciones sobre las causas de la presencia de la gomosis. Se encontró que la enfermedad estuvo presente en el 94% de las huertas mientras que la incidencia de la enfermedad dentro de la huerta varió de 1 al 80% de árboles enfermos, mientras que el 24% de las huertas presenta un porcentaje de árboles enfermos que varía del 1 al 10%; el 59% de las huertas presenta una incidencia del 11 al 40% de árboles enfermos y en el 11% de las huertas la incidencia de árboles enfermos fue del 41 al 80%. La poda tiene una gran influencia en la presencia de la enfermedad ya que en árboles con poda de formación y/o eliminación de chupones realizados en la época de lluvias sin la posterior curación del corte con curapoda o algún otro medio de desinfección, los árboles presentaron infección por gomosis asociada a estos puntos de corte. Por esta razón, la distribución de la enfermedad es completamente aleatoria, ya que no muestra ningún patrón de agrupamiento que pudiera indicar un efecto del suelo o de excesos de humedad en el suelo. Esta probable relación entre la incidencia de la gomosis y ciertas prácticas culturales, nos indica que la incidencia de la enfermedad se puede reducir sustancialmente con un buen manejo de la huerta.

Palabras clave: *Phytophthora*, pudrición del pie, poda

⁶⁵⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Mochá. *jasso.juan@inifap.gob.mx

Introducción

La gomosis o pudrición del pie causada por *Phytophthora*, es la enfermedad más importante de los cítricos en las diferentes regiones citrícolas de México y del mundo (Orozco, 1995; Graham y Feichtenberger, 2015; Savita y Nagpal, 2012). En 1836, una destrucción a gran escala de plantas de cítricos debido a una infección por *Phytophthora* fue registrada en las Islas Azores, mucho antes que la hambruna causada por la papa de Irlanda en 1845 y después de 31 años de la hambruna, Anton de Bary descubrió el hongo *Phytophthora* que significa “destructor de plantas”. La primera aparición de la epidemia por *Phytophthora* en cítricos fue reportada en las islas Azores durante 1832-1836 (Bonawia, 1988). Posteriormente, epidemias en cítricos causadas por *Phytophthora* fueron reportadas en 1841 en Francia, 1845 en Portugal, 1855-1889 en Italia, 1860-1879 en Australia, en 1871 en España, 1875 en California, 1876 en Florida, 1869-1880 en Grecia, 1906 en Cuba, 1911 en Paraguay, 1917 en Brasil, 1920 en México y 1935 en Trinidad (Fawcett, 1936).

La enfermedad más importante y más ampliamente distribuida en las huertas es la pudrición radicular y la pudrición del pie o gomosis causada por *Phytophthora* spp., de las cuales las más importantes son *P. Nicotianae* Breda de Haan (sinónimo de *P. Parasitica* Dast.) y *P. citrophthora* (sm. & sm.) Leonian (Feichtenberger 2001; Graham y Menge, 2000; Alvarez et al., 2008, Muniz et al., 2004); *P. inundata* además de *P. citrophthora* (Vial et al., 2006). En México predomina el hongo *P. parasitica* Dastur en Colima (Vidales, 1979), en Nuevo León (Silva, 1984) y en Tabasco (Acosta et al., 2012); sin embargo, en Sinaloa y Michoacán se reporta a *P. citrophthora* Leonian, y en Tamaulipas a *D. natalensis* (Orozco, 1995).

La especie *P. Nicotianae* es la especie más común en las áreas subtropicales del mundo y causa pudrición del pie y pudrición radicular, pero usualmente no infecta partes altas del árbol. La especie *P. Palmivora* es altamente patógena en raíces bajo ciertas condiciones de estrés en los trópicos y subtropicos y además es la causante de las epidemias de pudrición café del fruto en la Florida USA (Graham et al., 1998; Zitko y Timmer 1994). La especie *P. Citrophthora* causa tanto pudrición de raíces como gomosis en tronco y parte aérea en las ramas principales. Es la causa más común de pudrición café en Brasil (Feichtenberger, 2001). Se ha indicado que en Brasil, *P. nicotianae* y *P. citrophthora* son las especies de *Phytophthora* asociadas a la gomosis en los huertos de cítricos en el estado de Paraná. En la India, *P. nicotianae* fue la especie predominante, seguida de *P. palmivora* y *P. citrophthora* en un muestreo realizado en 28 viveros y 174 huertas en los cinco principales estados productores de cítricos (Das et al., 2015).

Los daños causados por *Phytophthora* son de importancia económica en todas las regiones citrícolas, sin embargo, es difícil precisar con exactitud los daños (Feichtenberger, 2001; Graham y Menge, 1999), otros autores han indicado que no hay una relación directa entre la

podrición radicular y el rendimiento. En Florida, las pérdidas en producción por la podrición radicular y la podrición del pie se han estimado entre un 3 y un 6% por año o de 30 a 60 millones de dólares en comparación con tratamientos sin control (Graham y Menge, 1999). En California las pérdidas oscilan alrededor de los 12.9 millones de dólares anualmente debido a este patógeno (Menge, 1993). En Turquía, *P. citrophthora* causa pérdidas anuales de fruta del orden del 15% (Bicici y Cinar, 1990). La gomosis, aunque de manera casi desapercibida, es la causante del deterioro de un gran número de árboles en las huertas de cítricos, deterioro que en un corto tiempo conduce a la muerte de los árboles, asimismo, la utilización de diferentes portainjertos utilizados a nivel regional conduce a variación en el comportamiento de estos en contra de la enfermedad. La falta de información sobre la verdadera importancia de esta enfermedad y los factores que influyen en sus niveles de incidencia, hicieron necesaria la presente investigación.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se desarrolló en la zona citrícola al sur del estado de Yucatán. La evaluación de la incidencia de la enfermedad se llevó a cabo mediante recorridos por las huertas citrícolas. En total se muestrearon 144 unidades citrícolas de un total aproximado de 800. En cada unidad de riego se seleccionó una huerta representativa. Las huertas tienen un tamaño aproximado de 1.5 a 2.0 ha, para una población de árboles de 200 a 270 por hectárea. El muestreo se realizó al azar. La identificación de los árboles enfermos se realizó en forma visual. El número de árboles muestreados por hectárea fue de 25 en promedio. La distribución de la enfermedad dentro de la huerta se realizó en tres huertas (naranja, toronja y limón persa). Se realizaron observaciones sobre algunos de los factores influyentes en la presencia de la enfermedad como la posición del microaspersor y la poda de chupones, poda de formación y poda de mantenimiento.

Resultados y Discusión

En total se muestrearon 144 unidades citrícolas en las cuales la gomosis estuvo presente en el 94% de las huertas mientras que la incidencia de la enfermedad dentro de la huerta varió de 1 al 80% de árboles enfermos (Figura 1). La distribución de la incidencia de la enfermedad dentro de cada huerta es la siguiente: el 24% de las huertas presenta un porcentaje de árboles enfermos que varía del 1 al 10%; el 59% de las huertas con una incidencia del 11 al 40% de árboles enfermos y en el 11% de las huertas la incidencia de árboles enfermos fue

muy elevada con una variación del 41 al 80%. La incidencia de la gomosis en Yucatán es similar a la que se presenta en la India en mandarina Kinow, en mandarina Nagpur, en naranja dulce (Thind y Sharma, 1996; Sandler et al., 1989; Naqvi, 2000; Naqvi, 2002a; Naqvi, 2002b), así como en Turquía en el cultivo del limón (Bicici y Cinar, 1990); en España (Álvarez et al., 2008). Por el contrario, la incidencia en Yucatán es superior a la encontrada en huertas jóvenes de cítricos de la Florida con 10% (Sandler et al., 1989).

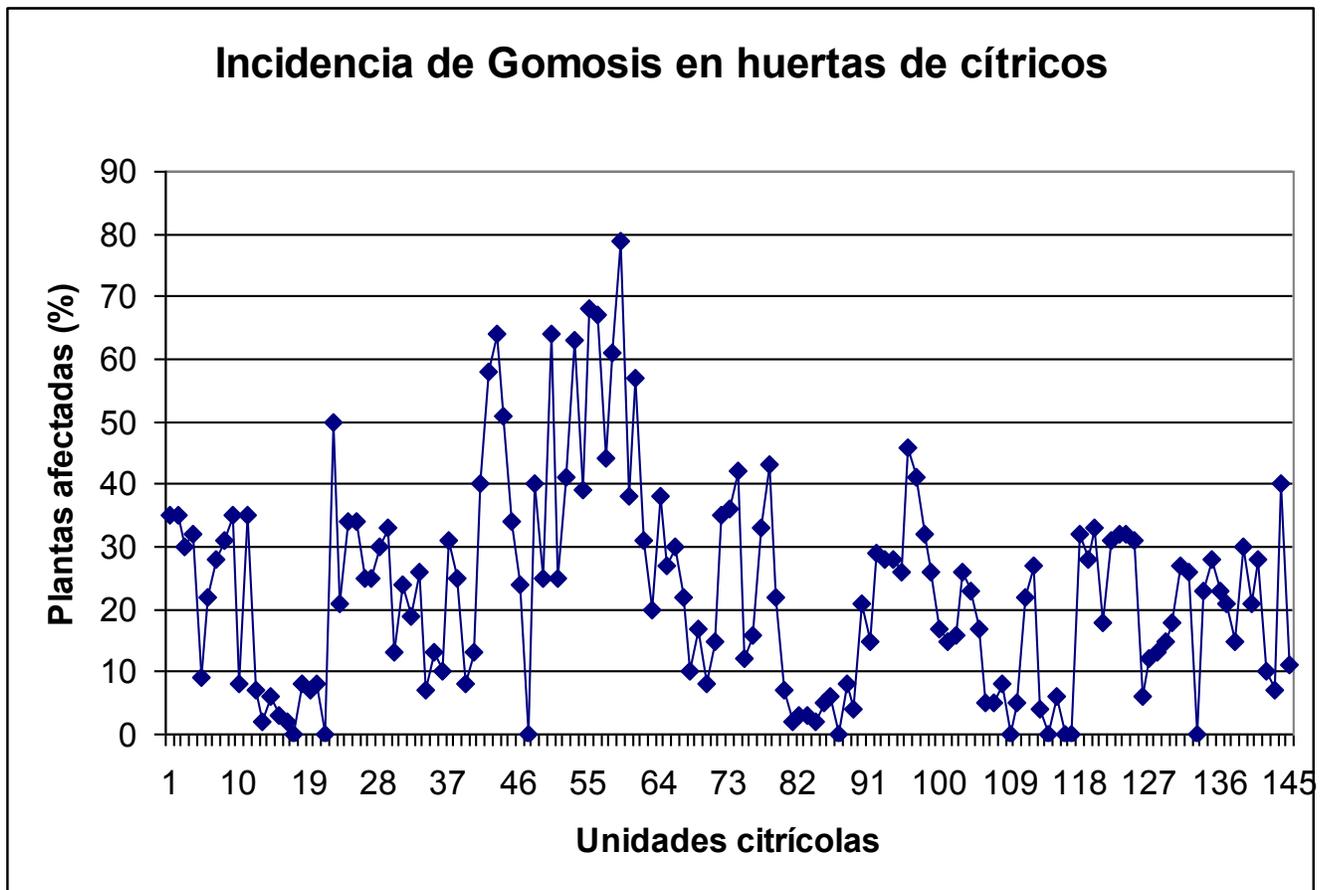


Figura 1. Incidencia de la gomosis en huertas comerciales de cítricos del estado de Yucatán.

De acuerdo a las observaciones realizadas al momento del muestreo, la incidencia de la enfermedad está probablemente relacionada con el portainjerto utilizado, la edad y el manejo de los huertos. Las huertas con los porcentajes más elevados de árboles enfermos estaban sobre patrón Volkameriana en tanto que las huertas con incidencias del 1 al 10% de árboles enfermos corresponden a las huertas más jóvenes (en desarrollo o en sus primeros años de producción). La poda tiene una gran influencia en la presencia de la enfermedad. En árboles con poda de formación y/o eliminación de chupones realizados en la época de lluvias, presentaron infección por gomosis asociada a los puntos de corte (Figura 2).



Figura 2. Presencia de goma en los puntos de corte realizados por la poda.

La distribución de la gomosis dentro de las huertas se puede apreciar en la Figura 3. La presencia de la enfermedad es completamente aleatoria, no muestra ningún patrón de agrupamiento que pudiera indicar un efecto del suelo. Los factores que influenciaron la presencia de la enfermedad fueron la poda (poda de formación y eliminación de chupones) realizada a la huerta en plena temporada de lluvias, en conjunto con la presencia del hongo.

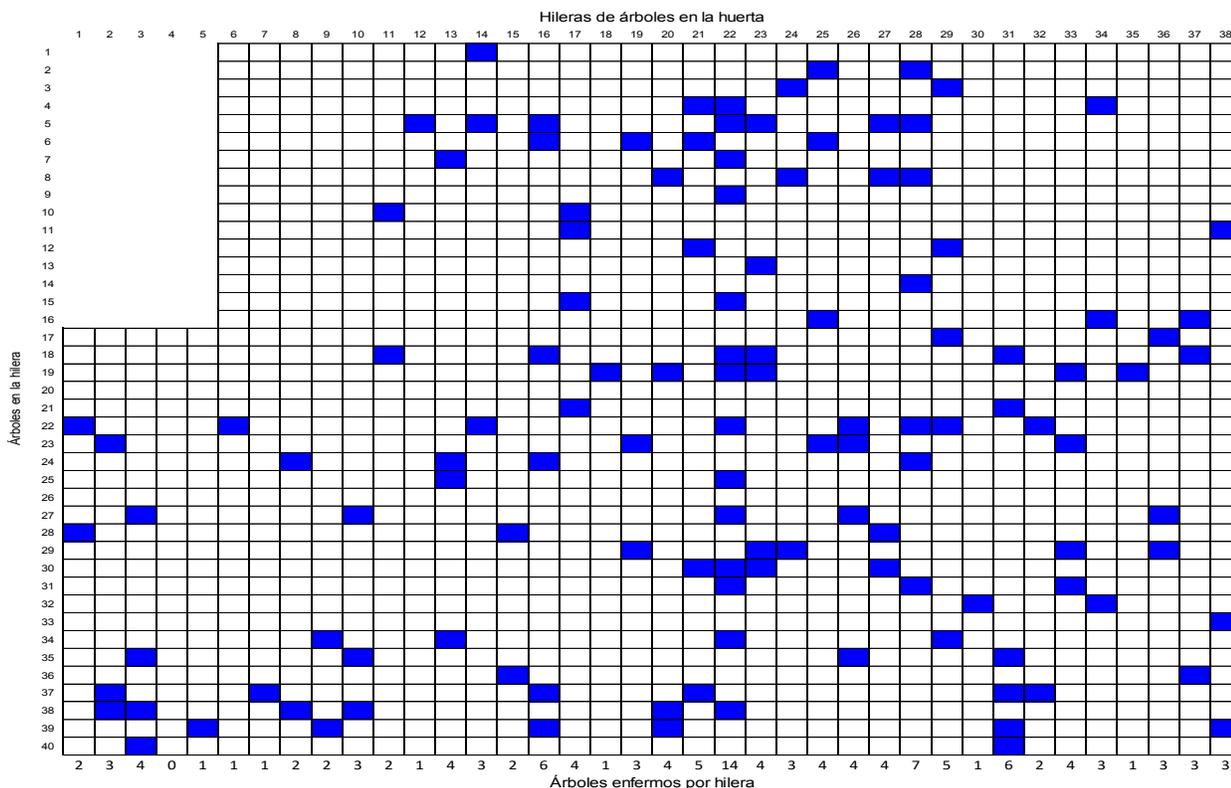


Figura 3. Distribución de la gomosis en toronja de 5 años de edad sobre patrón C-35.

Con respecto a la ubicación de las lesiones, se encontró que las lesiones se distribuyen en todos los lados de la planta, aunque el mayor porcentaje de plantas presenta las lesiones en el lado sur del árbol (35%) seguido por el lado poniente (27%) y después el lado norte (23%);

mientras que el lado oriente presenta el menor número de lesiones con solo un 15% de árboles. Un elevado porcentaje de árboles presentó niveles de infección muy elevados con una distribución de la enfermedad en toda la parte baja de las ramas principales.

Conclusiones

1. El porcentaje de huertas afectadas por la gomosis de los cítricos es muy elevada en el estado de Yucatán.
2. El manejo tiene una gran influencia en la presencia tan elevada de esta enfermedad en las huertas citrícolas.
3. El mal manejo de las huertas reduce y/o elimina el efecto benéfico de la utilización de portainjertos tolerantes a esta enfermedad.

Literatura citada

Acosta P. J. A., C. F. Ortíz G., J. M. Saldivar C., M. Rodríguez C., C. C. Bautista M. y C. De la Cruz Castillo A. 2012. Identificación del agente causal e importancia de la gomosis en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*. 28(3):245-258.

Alvarez, L. A., A. Vicent, E. De la Roca, J. Bascón, P. Abad-Campos and J. Armengol. 2008. Branch cankers on citrus trees in Spain caused by *Phytophthora citrophthora*. *Plant Pathol.* 57:84–91.

Bicici, M. and A. Cinar. 1990. A review of *Phytophthora* diseases of different Mediterranean crops in Turkey. *Bulletin OEPP/EPPO*. Bulletin 20, 101-105.

Bonawia E. 1988. Cultivated oranges and lemons etc. Of India and Ceylon with researches into their origin and derivation of their names, and other important information London Atlas. (reprinted by M/s Bishen Singh Mahendra Pal Singh and M/s Periodical Experts New Delhi Appendix 32; 1988. p. 276-77.

Das, A. K., S. Nerkar, A. Kumar and S. Bawage. 2015. Detection, identification and characterization of *Phytophthora* spp. infecting citrus in India. *Journal of Plant Pathology*. 98(1):55-69.

Fawcett, H. S. 1936. Citrus diseases and their control. Mac-Graw Hill Book Co. New York and London; 656 p.

- Feichtenberger, E. 2001. Doenças incitadas por Phytophthora em citros. In: Luz EDMN, Matsuoka K, Santos AF, Bezerra JL, editors. Doenças causadas por Phytophthora no Brasil. Campinas. Livraria Rural. p. 283-342.
- Graham, J.H., L. W. Timmer, D. L. Drouillard and T. L. Peever TL. 1998. Characterization of Phytophthora spp. causing outbreaks of citrus brown rot in Florida. Phytopathology. 88:724-729.
- Graham, J. H. and A. Menge J. 1999. Root health: Fungal diseases. In: Timmer LW, Duncan LW, editors. Citrus health management. St. Paul (MN): APS Press. p. 126-135.
- Graham, J. H. and A. Menge J. 2000. Phytophthora-induced diseases. In: Timmer LW, Garnsey SM, Graham JH, editors. Compendium of citrus diseases. St. Paul (MN): APS Press. p. 12-1
- Graham, J. and E. Feichtenberger. 2015. Citrus phytophthora diseases: Management challenges and successes. J Cit Pathol. iocv_journal citrus pathology_27203.
- Menge, J. A. 1993. Improved root rot control with mulches. California Citrograph. 79: 16-17.
- Muniz, M. F. S., M. Queiroz F. & M. Menezes. 2004. Caracterizacao de isolados de Phytophthora patogenicos a citrus sinensis no estado de alagoas. Fitopatologia Brasileira 29:201-204.
- Naqvi S. A. M. H. 2000. Distribution of Phytophthora spp. And mating types pathogenic to citrus in Vidarbha and marathwada region of Maharashtra and Northeastern states of India. In: Singh S, Gosh SP, editors. Proceeding of the "Hi-Tech Citrus management- Int. Symposium, citriculture, Nagpur india". p. 1073-80.
- Naqvi S. A. M. H. 2002a. Phytophthora diseases of Citrus in India and their integrated management. National symposium on Perspectives in integrated palnt disease management organized by Indian Soc. of plant pathologists, Ludhiana NRC for Citrus, Nagpur and CICR, Nagpur at NRC for Citrus, Nagpur. 13-14th Feb. 2002 (Abstract). p. 21-22.
- Naqvi S. A. M. H. 2002b. Fungal diseases of citrus-Diagnosis and management. Technical Bulletin 5, NRC for citrus Nagpur, India; p. 61.
- Orozco, S. M. 1995. Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México. Universidad Autonoma Chapingo. 150 p.
- Sandler, H.A, L. W. Timmer, J. H. Graham and S. E. Zitko. 1989. Effect of fungicide applications on populations of Phytophthora parasitica and on feeder root densities and fruit yields of citrus trees. Plant Dis. 73:902-906.

- Savita, G. S. V. and A. Nagpal. 2012. Citrus diseases caused by Phytophthora species. GEF Bulletin of Biosciences 3(1):18-27.
- Silva, V. S. 1984. Identificación de la especie predominante de Phytophthora de cítricos de Nuevo León y uso de metodología in vitro para seleccionar resistencia. Tesis de Biólogo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, Mexico. 44 p.
- Thind, S. K. and J. N. Sharma. 1996. Incidence and control of citrus gummosis in kinow mandarin. Indian Journal of Horticulture. 53(2):118-120.
- Vial, A., B. A. Latorre and J. Ortúzar. 2006. Characterization of Phytophthora citrophthora and P. inundata associated to foot and root rot of citrus trees in Chile. Cien. Inv. Agr. 33(3):205-216.
- Vidales, F. J. A. 1979. Principales enfermedades del limonero en el valle de Tecomán, Colima. In: Memorias del primer simposium sobre el cultivo del limón en el estado de Colima. Becerra, R.S., Valdeéz, V. J. Y Medina-U., V. M. (editores). SARH, INIA, CAETECO. Tecomán, Colima, México. P. 115-124.
- Zitko, S. E and L. W. Timmer. 1994. Competitive parasitic abilities of Phytophthora parasitica and P. palmivora on fibrous roots of citrus. Phytopathology. 84:1000-1004.

CONTROL DE LA GOMOSIS DE LOS CÍTRICOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

Juan Jasso Argumedo^{657*}, Wilson Avilés Baeza⁶⁵⁷ y Raúl Díaz Plaza⁶⁵⁷

Resumen

El control de la gomosis en sistemas tradicionales de producción se realiza a base de fosetil-Al, metalaxil o mefenoxam y fosfitos, mientras que en sistemas de producción ecológica, el control es básicamente preventivo y el número de productos disponibles es reducido, por lo que se requiere contar con un mayor número de opciones y con los mismos niveles de control de la enfermedad. Se realizaron tres experimentos con la evaluación de productos utilizados en sistemas tradicionales y productos de menor impacto ambiental aptos para sistemas de producción ecológica: 1. Ridomil (25 mL/L), 2. Fosfito Mg (20 mL/L), 3. Fosfito P + K (20 mL/L), 4. Ness-azufre (200 mL/L), 5. Sulfato de cobre pentahidratado + cal (1kg + 1 kg + agua), 6. Permanganato de Potasio al 2%, 7. Fuego con soplete, 8. Aliette (20 gr/árbol), 9. Anibac, en diferentes niveles de severidad. Los tratamientos de caldo bordelés, anibac, permanganato de potasio y ness constituyen una alternativa para el manejo de la gomosis, ya que tuvieron un efecto favorable sobre la enfermedad, en la que detuvieron el avance y redujeron la longitud de las heridas. El control de la enfermedad se da a niveles bajos de severidad y a medida que la severidad se incrementa, el control requiere de un mayor número de aplicaciones para lograr el control total. Los árboles responden de manera diferente al control de la enfermedad, árboles con niveles similares de infección tardan diferente tiempo en alcanzar el control total. La severidad de la enfermedad muestra niveles elevados de variabilidad en los árboles de una huerta, ya que en la primera infección y para una misma época de infección la severidad varía de los niveles 1 hasta el 3, el más elevado.

Palabras clave: Phytophthora, sistemas de producción, manejo, niveles de infección

⁶⁵⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental "Mocochá". *jasso.juan@inifap.gob.mx

Introducción

La gomosis o pudrición del pie causada por *Phytophthora*, es la enfermedad más importante de los cítricos en las diferentes regiones citrícolas del mundo (Graham y Feichtenberger, 2015; Savita et al., 2012). La gomosis causada por *Phytophthora* puede llegar a causar la muerte de los árboles si no es tratada apropiadamente. *Phytophthora* spp. se dispersa principalmente mediante el uso de plantas provenientes de viveros infestados (Naqvi, 2000a; Graham y Timmer, 1992; Naqvi, 2000b). Los mecanismos de dispersión de las especies de *Phytophthora*, fueron reportados por Ristaino y Gympertz (2000): i) la dispersión entre raíces en el suelo implica el crecimiento de las raíces en los inóculos, el movimiento del inóculo hacia las raíces o el contacto de raíz a raíz. (ii) Dispersión del inóculo en las aguas superficiales. (iii) Dispersión por salpicado del suelo hacia las partes aéreas de la planta. (iv) dispersión aérea por esporulación de las lesiones hacia las hojas, tallos, frutos u otras partes aéreas de la planta y (v) dispersión por actividades humanas o de invertebrados, incluido el movimiento del suelo, las plantas o los propágulos. Los factores ambientales también juegan un papel importante en el desarrollo de la enfermedad, la severidad, la dispersión y la sobrevivencia de *Phytophthora* en causar epidemias, (Govindarao, 1954; Chema, 1954). *Phytophthora* parasitica fue prevalente en el clima más cálido y seco a 30-32°C de temperatura y precipitaciones por debajo de 1,150-1,300 mm (Lele y Kapoor, 1982).

La enfermedad se transmite desde el suelo, por lo tanto, el uso de plantas resistentes o tolerantes a *Phytophthora* es recomendado inicialmente para controlar la propagación de la enfermedad hacia las nuevas áreas de cultivo. Deben aplicarse estrictas medidas de cuarentena de las plantas para controlar el movimiento del material de propagación y el material de plantación contaminados en los nuevos sitios de plantación (Savita y Nagpal, 2012).

El manejo de las huertas jóvenes comprende: 1. Buena altura de la union patron injerto, 2. Al momento de la plantación se debe plantar por encima del suelo, la union patron injerto nunca debe estar al nivel o bajo el suelo (no enterrar demasiado los arboles) y 3 Proveer un nivel adecuado de drenaje del suelo (Feichtenberger, 2000; Feichtenberger et al., 2005; Graham et al., 2011; Graham y Menge, 1999). Si las prácticas culturales no son suficientes para controlar la gomosis, entonces se debe recurrir al control químico. La utilización de fungicidas como el Metalaxil y fungicidas conteniendo fosfitos en huertas jóvenes es determinado por: (a) la susceptibilidad del portainjerto, (b) la sanidad que traía del vivero y (3) la historia de *Phytophthora* en el sitio. Los tratamientos con fungicidas deben comenzar al observar las lesiones en el tronco. Los tratamientos de pintado del tronco y aspersion al tronco son más efectivos que la aspersion al follaje o al suelo cuando se trata de pudrición del pie. El programa de fungicidas debe ser utilizado por al menos una estación de crecimiento para

portainjertos tolerantes y debe continuar mas allá de la estación de crecimiento para portainjertos susceptibles. Tanto el metalaxil como los fosfitos son efectivos a las dosis recomendadas y el uso alternativo de estos para evitar la resistencia del patógeno a los fungicidas (Feichtenberger, 1990; Feichtenberger, 1997; Graham et al., 2011). El control químico de la gomosis en sistemas tradicionales de producción se realiza a base de fosetil-Al, metalaxil o mefenoxam y fosfitos, mientras que en sistemas de producción ecológica el control es básicamente preventivo y el numero de productos disponibles es reducido, por lo que se requiere contar con un mayor número de opciones y con los mismos niveles de control de la enfermedad. El objetivo del presente trabajo fue, determinar los productos y dosis para el control de la gomosis bajo un sistema de producción orgánica.

Materiales y Métodos

Los experimentos se establecieron en la localidad de Oxkutzcab. El primero, en una huerta de limón persa de 18 meses de edad injertada sobre patrón Volkameriana ($20^{\circ}14'40.46''N$ y $89^{\circ}32'49.50''O$). La huerta está compuesta de 137 árboles de limón persa plantada a distancias de 7 x 7 metros y en esta se intercala el cultivo de calabaza. El sistema de riego es por goteo. El segundo, en el rancho San Francisco ($20^{\circ}13'53.38'N$ y $89^{\circ}31'34.08''O$) del mismo municipio, el cual cuenta con una plantación de limón persa de 21 años de edad injertada sobre naranjo agrio y fue plantada a distancias de 7 metros entre hileras y 4.5 metros entre árboles. El tercero, en el mismo rancho San Francisco en un lote de toronja de 5 años de edad sobre patrón C-35.

Experimento 1. Evaluación de productos y dosis para el control de gomosis en niveles iniciales de infección. El presente trabajo consistió en la evaluación de nueve tratamientos: 1. Ridomil (25 mL/L); 2. Fosfito Mg (20 mL/L), 3. Fosfito P + K (20 mL/L), 4. Ness -azufre (200 mL/L), 5. Sulfato de cobre pentahidratado + cal (1kg + 1 kg + agua), 6. Permanganato de Potasio al 2%, 7. Fuego con soplete, 8. Aliette (20 gramos por árbol) y 9. Testigo sin aplicación. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con nueve tratamientos y cinco repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol por repetición.

Experimento 2. Evaluación de productos y dosis para el control de gomosis en niveles intermedios de infección. El trabajo consistió en la evaluación de nueve tratamientos: 1. Ridomil (25 mL/L); 2. Fosfito Mg (20 mL/L), 3. Fosfito P + K (20 mL/L), 4. Ness-azufre (200 mL/L), 5. Sulfato de cobre pentahidratado + cal (1kg + 1 kg + agua), 6. Permanganato de Potasio al 2%, 7. Fuego con soplete, 8. Aliette (20 gramos por árbol) y 9. Testigo sin aplicación. El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar con 9 tratamientos y

10 repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol por repetición. El cultivo fue limón persa de 21 años de edad.

Experimento 3. Evaluación de productos y dosis aplicados en Drench para el control de la gomosis a niveles de alta severidad. El trabajo consistió en la evaluación de cinco productos aplicados en forma de Drench. El trabajo se realizó en un lote de 15 hectáreas de toronja de 5 años de edad variedad Flame injertada sobre Citrange C-35. Durante el mes de mayo del 2017, se realizó la identificación de árboles enfermos, su ubicación y determinación del nivel de infección. Se realizó el mapeo del huerto y la distribución de los árboles enfermos. El nivel de incidencia de la gomosis en este lote fue de 9.17%. La aplicación de los tratamientos se realizó en 1 de junio del 2017. El trabajo consistió en la evaluación de seis tratamientos: 1. Anibac (50 mL/árbol), 2. Skud (100 mL/árbol), 3. Ridomil (50 mL/árbol), 4. Ness (100 mL/árbol), 5. Aliette y 6. Testigo sin aplicación. A cada árbol se aplicó la dosis dispuesta en 18 litros de agua por árbol. El diseño experimental usado fue el completamente al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol por repetición. Se evaluaron las variables de niveles de infección y niveles de control.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos en el experimento 1. Se indica la longitud de las lesiones por la enfermedad, previo a la aplicación de los tratamientos y la longitud de las lesiones a los 40 días después de la aplicación.

Los tratamientos 1, 4, 5, 6 y 8 tuvieron una menor longitud de las lesiones, lo cual nos muestra el efecto favorable de estos tratamientos frenando el desarrollo de la infección e incluso inhibiéndola. De los anteriores tratamientos el metalaxil y el fosetil-Al son los agroquímicos comerciales recomendados para esta enfermedad, mientras que el Ness, Pasta bordelesa y Permanganato de potasio representan una buena opción de control para sistemas de producción ecológica. El soplete y los fosfitos a las dosis aplicadas no tuvieron los resultados esperados ya que se indica que ejercen control sobre la enfermedad, lo cual no resultó así.

Cuadro 1. Evaluación de la infección por gomosis preaplicación de tratamientos.

No.	Tratamientos i.a.	Longitud de las lesiones (mm)	
		Pre-aplicación	Post-aplicación
1	Metalaxil	57.2	28.0
2	Fosfito Mg	23.5	32.0
3	Fosfito P+K	46.6	53.0
4	Azufre y micros	32.3	32.0
5	CuSO ₄ +Cal	58.7	24.0
6	Permanganato de potasio	43.3	39.0
7	Soplete	36.2	60.0
8	Fosetil Al	28.9	25.0
9	Testigo	28.2	30.0

La razón de que los fosfitos no tuvieran ningún control se debe tal vez a que hay que elegir una buena formulación de fosfitos para tener un mejor control. La aplicación de calor es muy riesgosa para evitar quemaduras a la hora de aplicar el calor y no causar daños por quemaduras, que pueden resultar en mayores niveles de daño que los que se pretende evitar. Quizás se deba tener una mayor habilidad en el manejo de estos artefactos para proporcionar el tratamiento adecuado en la dosis adecuada sin causar daños y tener una verdadera referencia del método.

En el experimento 2, los resultados no mostraron grandes diferencias entre los tratamientos, aunque se puede observar que hay una detención en la evolución de la enfermedad que al final es lo que se pretende (Cuadro 2).

Cuadro 2. Evaluación de la infección por gomosis pre y post aplicación de tratamientos.

No.	Tratamientos Ingrediente activo.	Longitud de las lesiones (cm)	
		Pre-aplicación	Post-aplicación
1	Metalaxil	3.7	3.6
2	Fosfito Mg	3.4	3.4
3	Fosfito P+K	3.1	2.9
4	Azufre y micros	3.9	3.9
5	Sulfato de cobre pent. + Cal	4.0	3.9
6	Permanganato de potasio	5.3	5.2
7	Fuego	3.8	3.8
8	Fosetil-Al	5.5	5.4
9	Testigo	7.7	7.9

En el experimento 3, se realizó la evaluación del efecto de los productos a los 30 días después de la aplicación. Los mejores tratamientos bajo la condición de Drench fueron el Ness y el Anibac, seguidos del Aliette y el Ridomil, aunque los resultados son similares para los cuatro tratamientos.

Cuadro 3. Evaluación de diferentes productos en Drench, para el control de la gomosis.

Tratamientos	Ing. activo	Dosis* mL/árbol	Repeticiones	Control	Calificación
1. Anibac	Cuaternario de amonio	50	10	Alto	3.0
2. Skud	Sulfato de cobre carboxílico	100	10	Medio a bajo	1.9
3. Ridomil	Mefexonam	50	10	Medio a alto	2.5
4. Ness	Azufre y nutrientes	100	10	Alto	3.0
5. Aliette	Fosetil-Al	50**	10	Alto	2.9

*Cantidad del producto comercial. **g/árbol.

Se pudo observar que todos los tratamientos tienen un buen efecto, pero cuando el árbol presenta un nivel alto de infección, la emisión de goma es más temprana en estos árboles, mientras que en los árboles con una baja infección permanecieron sin emisión de goma a los 30 días después del tratamiento. La aplicación del segundo tratamiento para mantener el nivel de control debe hacerse a partir de los 30 días después de cada aplicación.

Conclusiones

1. Los tratamientos de caldo bordelés, anibac permanganato de potasio y ness constituyen una alternativa para el manejo de la gomosis, ya que tuvieron un efecto favorable sobre la enfermedad, en la que detuvieron el avance y redujeron la longitud de las heridas.
2. El control de la enfermedad se da a niveles bajos de severidad y a medida que la severidad se incrementa, el control requiere de un mayor número de aplicaciones para lograr el control total.
3. Los árboles responden de manera diferente al control de la enfermedad, árboles con niveles similares de infección tardan diferente tiempo en alcanzar el control total.
4. La severidad de la enfermedad muestra niveles elevados de variabilidad en los árboles de una huerta, ya que en la primera infección y para una misma época de infección la severidad va desde nivel 1 de infección hasta nivel 3 de los más elevados.

Literatura citada

- Cheema, G.S., S. Bhat S. and C. Naik K. 1954. Commercial fruits of India. Macmillan and Co., Bombay, India.
- Feichtenberger, E. 1990. Control of phytophthora gummosis of citrus with systemic fungicides in Brazil. OEPP/EPPO Bulletin. 20:139-148.
- Feichtenberger, E. 1997. Effect of systemic fungicide applications on growth responses and fruit yields of sweet orange trees in Phytophthora infested soil. Proc Int Soc Citrus Nurserymen. 5:267-279.
- Feichtenberger, E. 2000. Manejo integrado das principais doenças dos citros no Brasil. Fitopatol Bras. 25:288-295.
- Feichtenberger, E., B. Bassanezi R., B. Spósito M., y J. Belasque Jr. 2005. Doenças dos citros. In: Kimati H, Amorim L, Filho A.B., Camargo L.E.A., Rezende J.A.M., (eds). Manual de fitopatología. 4th ed. São Paulo (BR): Editora Agronômica Ceres. p. 239-269. (Doenças das plantas cultivadas; vol. 2).
- Govindarao, P. 1954. Citrus diseases and their control in Andhra Pradesh. Andhra Agric J. 187-192.
- Graham, J. H., M. Dewdney M. and W. Timmer L. 2011. Phytophthora foot rot and root rot. In: Rogers, M.E., Dewdney M.M. and Spann T.M. (eds). Citrus pest management guide. Lake Alfred (FL): University of Florida, IFAS. p. 87-92.
- Graham, J.H., and W. Timmer L. 1992. Phytophthora diseases of Citrus. In: Kumar, J., Chaube H.S., Singh U.S. and Mukhopadhyay A.N. (eds). Plant diseases of international importance. New Jersey, Prentice-Hall Inc.; 1992. p. 250-69.
- Graham J, and E. Feichtenberger. 2015. Citrus phytophthora diseases: Management challenges and successes. J Cit Pathol. iocv_journal citrus pathology_27203.
- Graham, J. H. and A. Menge J. 1999. Root health: Fungal diseases. In: Timmer. L. W., and Duncan L.W. (eds). Citrus health management. St. Paul (MN): APS Press. p. 126-135.
- Lele, V.C. and N. Kapoor J. 1982. Phytophthora on Citrus in central and peninsular India. Indian Phytopathol. 35:407-10.
- Naqvi SAMH. 2000a. Managing Phytophthora diseases of Citrus. Indian Hort. 44(4):5-9.

Naqvi SAMH. 2000b. Recent trends in disease management in citrus. In: Singh S. and Ghosh S.P. (eds). Proceeding of Hi-Tech Citrus management-Int. Symp. Citriculture, Nagpur, India. p. 785-99.

Ristaino, J. B., and L. Gimpertz M. 2000. New frontiers in the study of dispersal and spatial analysis of epidemics caused by species of genus phytophthora. Ann Rev Phytopathology. 38:541-76.

Savita, G. S. V. and A. Nagpal. 2012. Citrus diseases caused by Phytophthora species. GEF Bulletin of Biosciences 3(1):18-27.

EFFECTO DE LA ASPERSIÓN REGIONAL DE ACEITE PARAFÍNICO CONTRA EL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS

Ulises Díaz Zorrilla^{658*} y José Isabel López Arroyo⁶⁵⁹

Resumen

En el ARCO (Área Regional de Control) 11 Cartago, Martínez de la Torre, Ver., México, se evaluó el efecto de la aspersión regional de aceite parafínico en dosis de 2.0 L·ha⁻¹ en huertos de limón Persa contra poblaciones del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Liviidae) en 12 huertos muestreados, ubicados 10 dentro y dos fuera del área regional de control; estos últimos fueron considerados testigos de referencia. La abundancia poblacional de *D. citri* se evaluó a intervalos semanales mediante trampas pegajosas, conteo directo de adultos en brotes y golpeteo en ramas, determinando densidad, dinámica poblacional y % de control de adultos. El efecto de la aplicación de aceite parafínico en el ARCO 11 Cartago, presentó una efectividad promedio de control en adultos de *D. citri* de 38.6% durante nueve semanas, con un registro máximo de 71% y mantuvo niveles de reducción poblacional superiores a 50% durante seis semanas. El conteo de adultos de *D. citri* en los brotes, fue el más indicado para determinar la abundancia poblacional del insecto en el ARCO 11.

Palabras clave: Insecticidas, efectividad biológica, ARCOs, *Diaphorina citri*, Huanglongbing

Introducción

El Huanglongbing es considerada la peor enfermedad que afecta a los cítricos en el mundo (Da Graca, 1991; Bové, 2006); esta afectación se encuentra asociada en México, a la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, la cual es transmitida y dispersada eficientemente por el psílido Asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Liviidae) (Trujillo, 2010).

⁶⁵⁸ INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco, *diaz.ulises@inifap.gob.mx).

⁶⁵⁹ INIFAP. Centro de investigación Regional Noreste. Campo Experimental General Terán, N.L., México.

Desde la primera detección del Huanglongbing en julio de 2009 en el estado de Yucatán, México, hasta la fecha se ha detectado dicha bacteria, en 444 municipios de 24 entidades de México, de los cuales, el 49% cuentan con cítricos, en los restantes se ha detectado la bacteria en áreas urbanas. Se estima que la superficie comercial con presencia de la enfermedad es del 15% de la superficie citrícola nacional (Padilla et al., 2017). Para contener al Huanglongbing, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), ha definido como estrategia realizar el control químico del insecto vector en Áreas Regionales de Control (ARCOs), acción que es coordinada entre los citricultores, los cuales forman bloques mayores a 1,000 hectáreas, donde se aplican en periodos estratégicos característicamente cortos y, en forma generalizada, los insecticidas determinados para épocas biológicamente justificadas, con un esquema de rotación de grupos toxicológicos, monitoreo quincenal regional y observación de un umbral de acción (SENASICA, 2017). También son consideradas para el manejo del vector en ARCOs, las siguientes razones técnicas: 1) La alta capacidad de dispersión de *D. citri* a larga distancia, 2) Constante migración de este insecto entre huertos o plantas de cítricos, y 3) Dificultad para evitar totalmente la infección primaria por el vector infectivo migrante con aplicaciones frecuentes de insecticidas (SENASICA, 2017).

Una de las interrogantes que se plantean durante todo el proceso de esta estrategia es la efectividad de la aspersión generalizada o regional que se realiza en las ARCOs, ya que existen una gran cantidad de factores que se involucran en su manejo como son: especie y variedad de cítricos, edad de los árboles, equipos de aplicación, cobertura, sincronía de la aspersión, fenología del cultivo, entre otros. Para contribuir a determinar el efecto de las aspersiones regionales contra el vector del Huanglongbing se definieron los objetivos siguientes: Determinar el impacto de las aspersiones regionales de insecticidas efectuadas en el ARCO de la zona norte de Veracruz, en huertos de limón Persa, contra poblaciones del vector; conocer la dinámica de sus reinfestaciones en el área y determinar el método de muestreo más adecuado para definir la abundancia del vector.

Materiales y Métodos

Se evaluó el efecto del aceite parafínico y otras aplicaciones de insecticidas, en poblaciones de *D. citri* en huertos de limón Persa, en el ARCO 11 del ejido de Cartago (latitud 20°02'67" y longitud 97°02'47"), Municipio de Martínez de la Torre, Ver., ubicado en el área de influencia del Campo Experimental Ixtacuaco, Veracruz, durante los meses de junio y julio del 2017. El experimento se instaló el 18 de junio de 2017, con el geoposicionamiento de huertos, árboles y trampas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de huertos de limón Persa donde se realizó la evaluación del efecto de aceite parafínico en poblaciones de adultos de *Diaphorina citri* en el ARCO 11 Cartago, Martínez de la Torre, Veracruz.

Nombre del productor	Longitud	Latitud	Edad de la plantación (años)	Superficie (ha)
Leobardo Hernández Barbosa	20.021	-97.03063	10	4
Evaristo Sánchez Sayago	20.02907	-97.02813	10	2
Ángel Cortes Luna	20.04285	-97.0177	12	1.5
Mauricio Mancilla Arteaga	20.01453	-97.02814	11	5
Eloy Manterola Rojas	20.021	-97.03063	9	15
Martha Manterola Rumilla	20.0397	-97.03447	9	15
Ramón Olivares Peralta	20.0362	-97.0227	10	2
Francisco Tinoco Gómez	20.03741	-97.03018	12	3.7
Gumercindo López Romero	20.02937	-97.01819	9	2
Gumercindo López Romero	20.02802	-97.02283	9	2
Cleotilde Melgarejo Luna*	20.04462	-97.02092	1	2
Enrique Pánfilo*	20.0397	-97.03447	2	5

Testigo de referencia (TR).

Dentro del ARCO se evaluaron 10 huertos, cinco donde se aplicó aceite parafínico (2.0 L·ha⁻¹) durante la primera semana (24 de junio al 01 de julio) y cinco más durante la segunda (01 al 08 julio); además se seleccionó un huerto durante cada semana de aplicación, ubicado fuera del ARCO, los cuales se usaron como testigos de referencia; con lo cual se contaron en total con 12 puntos de muestreo. Cada sitio de muestreo/monitoreo, estuvo separado por 700 m, al menos (Figura 1). El impacto de las aplicaciones del aceite parafínico, en el comportamiento de *D. citri*, se evaluó en forma semanal durante el período del 25 de junio al 20 de agosto (nueve muestreos). La incidencia del vector se determinó de la manera siguiente: a) En trampas pegajosas. En cada parcela se utilizaron 30 trampas pegajosas, una por árbol, 20 colocadas en línea en la periferia del huerto, sobre ésta, cinco parten del punto de la trampa seis y cinco más de la trampa 15, estas últimas orientadas al centro de la parcela para formar una “T” (Figura 2). Las trampas se colocaron en árboles alternos en cada fila y en los 30 árboles se registró la presencia de adultos de *D. citri* en trampas; b) En brotes. Se determinó la densidad poblacional de *D. citri* en forma visual, contando adultos en cuatro brotes tiernos de los 30 árboles (un brote por punto cardinal); los brotes medían 2-5 cm de longitud; c) Por golpeteo. En los treinta árboles antes mencionados se llevó a cabo un golpe con un mazo de 50 cm en las ramas correspondientes al lado sur del árbol a 1.70 m de altura. Al momento de realizar el golpeteo se coloca una tabla con clip de plástico y una hoja

blanca donde caen y se contabilizan los adultos de *D. citri*. Estos tres métodos se realizaron, antes y después del efecto agudo y residual del aceite parafínico.

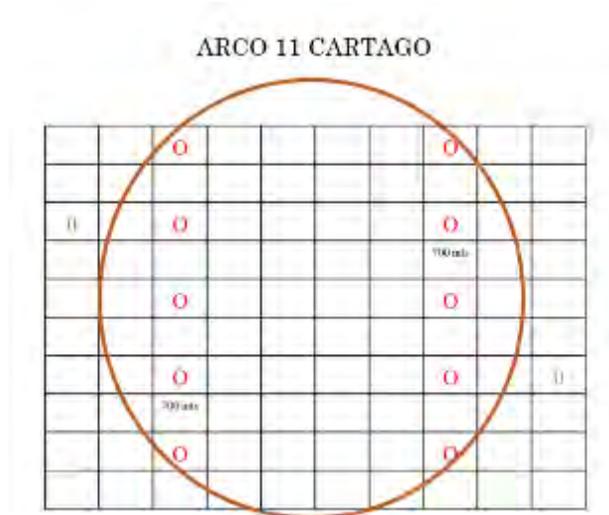


Figura 1. Distribución de huertos para muestreo/monitoreo de *D. citri* en el ARCO 11 del ejido de Cartago, Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. O = Sitio de muestreo dentro de ARCO y O = Sitio de muestreo fuera de ARCO (testigo).

Siete días después de la aplicación del aceite parafínico se determinó la efectividad del insecticida, repitiendo el procedimiento ya indicado. Se realizaron nueve muestreos posteriores a cada aplicación de insecticida dentro y fuera del ARCO 11, a intervalos de siete días o hasta que no se observara efecto residual, comparando la cantidad de ejemplares de *D. citri* en los árboles tratados con aceite parafínico con respecto a los testigos de referencia. Con las evaluaciones del número de adultos en brotes vegetativos, se determinaron los porcentajes de infestación mediante la fórmula de Abbott, con los cuales se estableció la eficacia de cada tratamiento evaluado.

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{(IT-it) * 100}{IT}$$

Donde: IT= infestación en el testigo absoluto. it= infestación en el tratamiento.

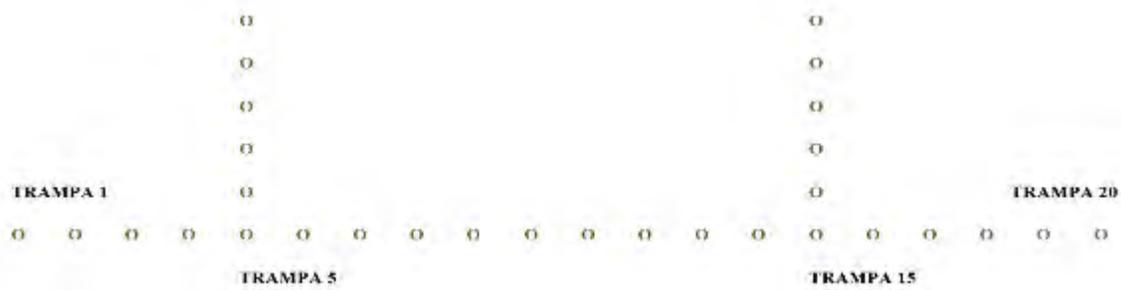


Figura 2. Distribución de trampas pegajosas en “T” en cada huerto, para muestreo/monitoreo de D. citri.

Los datos del muestreo previo y posterior se concentraron para definir la variabilidad de la población en adultos de D. citri, en el ARCO 11, ésta se realizó mediante inferencia estadística en figuras de barras de error con un intervalo de confianza ($\alpha=0.05\%$) para obtener la media de cada dato muestreado en trampas, brotes y golpeteo en ramas.

Resultados y Discusión

La estrategia de Áreas Regionales de Control (ARCOs) del psílido asiático de los cítricos fue efectiva en el área de estudio, dado que redujo la población de D. citri de 3.63 insectos por brote en los árboles que sirvieron de testigo de referencia, a 1.87 insectos por brote, registrados en los árboles dentro del ARCO 11 de Cartago (Cuadro 2 y Figura 3).

Cuadro 2. Efecto y eficacia de aceite parafínico aplicado al follaje en la abundancia de D. citri en brotes de limón Persa en el ARCO 11 Cartago, municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. (2017).

Muestreos	Tratamientos		% reducción
	Testigo de referencia	Aceite parafínico/Arco 11	
Diaphorina citri/brote			
1	2.81	1.08	61.56
2	5.52	2.50	54.71
3	2.50	1.02	59.2
4	4.48	1.31	70.75
5	4.32	2.10	51.38
6	5.20	2.41	53.65
7	1.87	2.25	-38.00
8	2.34	2.33	1.00
9	2.96	2.00	32.43
Promedio	3.63	1.87	38.59

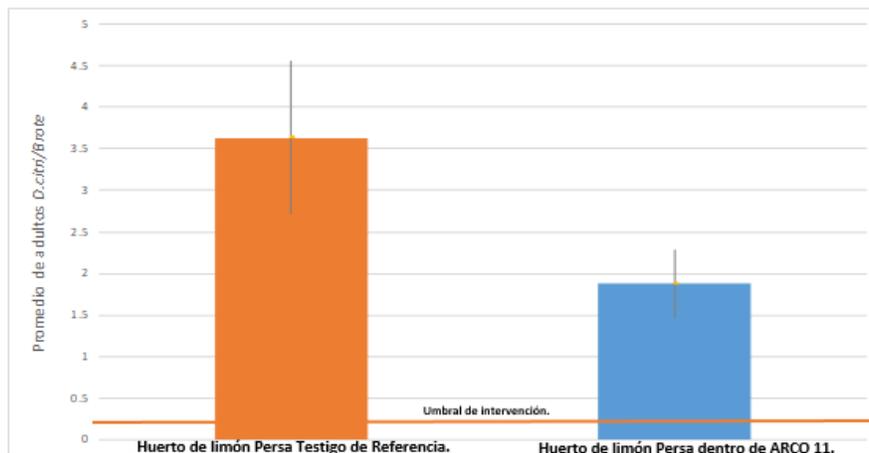


Figura 3. Abundancia de *Diaphorina citri* en árboles de limón Persa en respuesta a la aplicación del aceite parafínico dentro del ARCO 11 y en los testigos de referencia (fuera del ARCO). Cartago, Martínez de la Torre, Veracruz. 2017.

En las Figuras 4 y 5 se presenta la abundancia del vector en los diferentes huertos. Debido al manejo del cultivo, en huertos dentro del ARCO 11 es evidente que predomina el número de huertos con poblaciones menores al umbral de intervención (0.2 adultos); sin embargo, con el método de muestreo utilizado (uso de trampas pegajosas) las huertas que se encuentran fuera del ARCO también presentan una densidad similar. No obstante, al analizar las poblaciones en brotes de adultos de *D. citri* en los brotes, es notoria la diferencia de abundancia del insecto en las áreas bajo control en el ARCO 11 en comparación con las que se encuentran fuera de dicha estrategia de manejo del vector (Figuras 4, 5, 6 y 7).

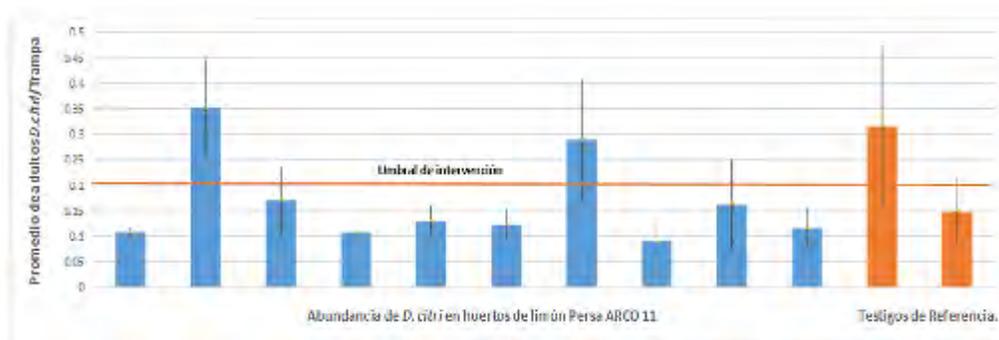


Figura 4. Abundancia de *Diaphorina citri* en huertos de limón Persa con aplicación de aceite parafínico en el ARCO 11 y dos huertos testigo de referencia (sin aplicación de aceite), determinada mediante uso de trampas pegajosas. Cartago, Martínez de la Torre, Veracruz. 2017.

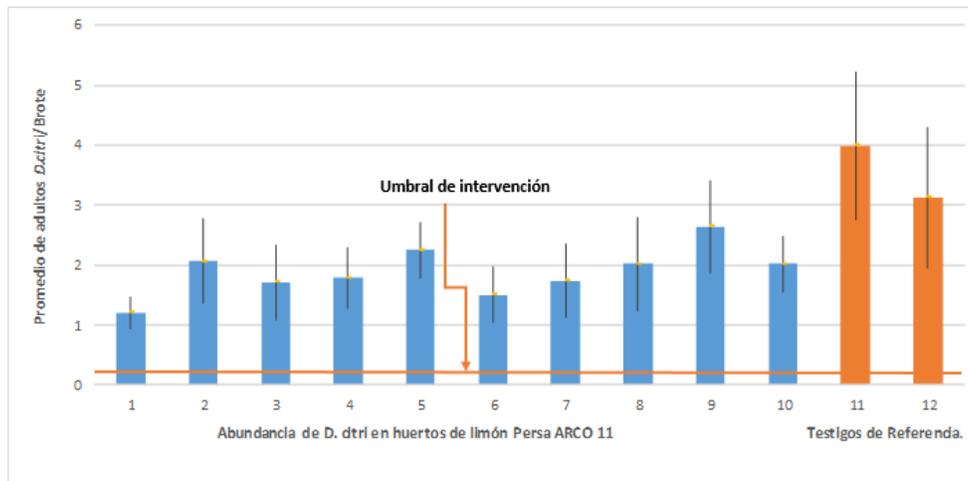


Figura 5. Abundancia de *Diaphorina citri* en huertos de limón Persa con aplicación de aceite parafínico en el ARCO 11 y dos huertos testigo de referencia (sin aplicación de aceite), determinada mediante revisión directa de brotes Cartago, Martínez de la Torre, Veracruz. 2017.

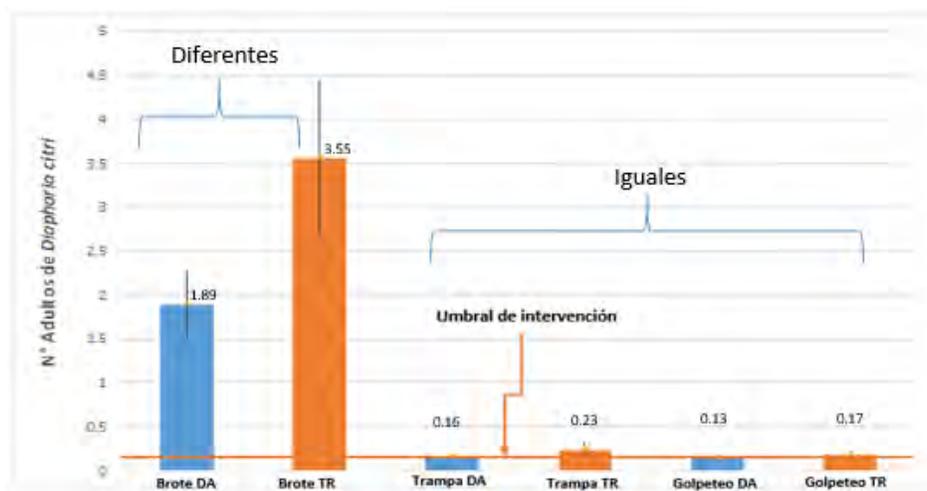


Figura 6. Abundancia de *Diaphorina citri* en huertos de limón Persa con aspersión generalizada de aceite Parafínico en el ARCO 11 Cartago, Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, determinada con tres diferentes técnicas de muestreo. DA= Dentro del ARCO. TR= Testigo de Referencia

En la Figura 7 se muestra el desarrollo temporal de las poblaciones para los diferentes métodos de muestreo (conteo en brotes), trampas y golpeteo); en éstas resalta la densidad correspondiente a las poblaciones en brotes de adultos de *D. citri*, donde es notoria la diferencia estadística de abundancia del insecto en los árboles considerados como testigos de referencia en los cuales es notable la presencia del insecto con máximos de hasta 5.5 adultos/brote. En contraste, en huertos que recibieron la aspersión generalizada del aceite parafínico en el ARCO 11, registraron menor población (2.5 adultos/brote), registros que también es posible que estén asociados al manejo particular de dichos huertos.

En la variable número de adultos de *D. citri* presentes por árbol existieron diferencias significativas (Figura 3, 5 y 6) ya que se aprecia un menor número de adultos donde se aplicó el aceite parafínico, contabilizando de 1.02 a 2.5 adultos/brote (Cuadro 2), poblaciones que fueron superadas en cantidad en los árboles del testigo de referencia, que registró 5.52 adultos/brote (Cuadro 2). Los datos indican una eficiencia de control para adultos de *D. citri* de 38.59% en promedio, con un máximo de 70.75% y decreciendo en el tiempo hasta un 32.43%. La reducción poblacional de *D. citri* se mantuvo durante seis semanas en valores superiores a 50% (Cuadro 2).

La eficiencia de control en los brotes de adultos de *D. citri* fue de 38.59% con el aceite parafínico en el ARCO 11, resultados que coinciden con los obtenidos con Pérez y colaboradores (2016), quienes indican que el aceite parafínico controló *D. citri* en un 39.4%; resultados también muy parecidos a los expuestos por Fontes et al. (2012) mencionando que los extractos y/o aceite parafínico en adultos producen un control bajo (20%) e indican que los productos evaluados funcionaron solamente sobre ninfas.

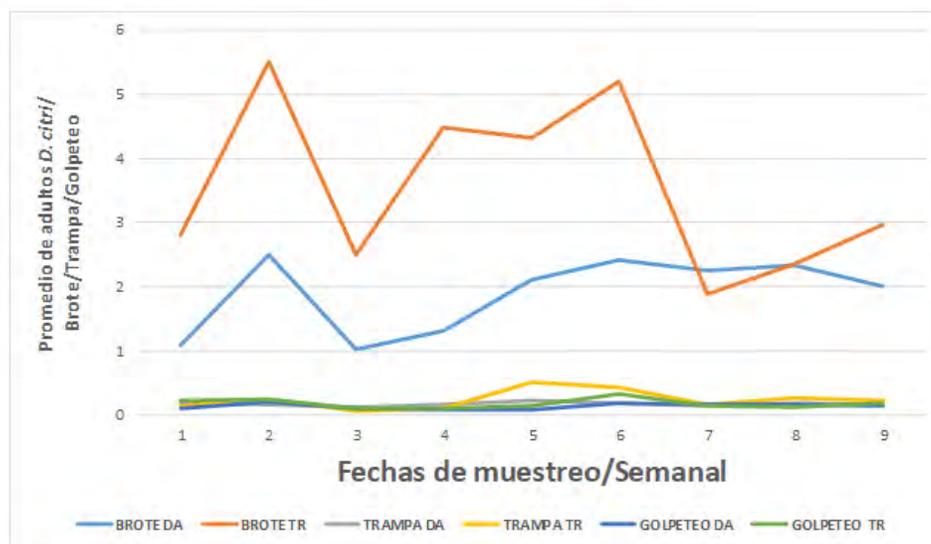


Figura 7. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri*, en árboles de limón Persa en el ARCO 11 Cartago, Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. (2017), determinada con tres diferentes métodos de muestreo. DA= Dentro del ARCO. TR= Testigo de referencia.

Conclusiones

La aplicación de aceite parafínico en el ARCO 11 Cartago, Martínez de la Torre, Veracruz, presentó una efectividad promedio de reducción poblacional en adultos de *D. citri* de 38.59% durante nueve semanas. El conteo de adultos de *Diaphorina citri* en brotes fue el más adecuado para determinar la abundancia poblacional del insecto en el ARCO 11.

Agradecimientos

Al SENASICA-DGSV, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas, y al INIFAP por los recursos otorgados para realizar el estudio.

Literatura citada

Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88:7-37.

Da Graca, J.V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29:109-136.

Fontes, P. A. A., A. A. Fu C. y J. I. López A. 2012. Eficacia de productos orgánicos foliares para el control de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Volumen, Sonora, México.* XIV 2:26-31.

Padilla, S. J. A., C. Ramírez M., N. E. García H. y P. Sánchez A. 2017. Séptimo Informe Mensual Nacional Huanglongbing de los Cítricos. SAGARPA. SENASICA. SANIDAD VEGETAL. Ciudad de México, México. 6p.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/247205/7InformenacionHLBjulio2017040817CPN.pdf>

Pérez, Z. L. A., F. Osorio A., J. A. Villanueva J., L. D. Ortega A. y R.G. Chiquito C. 2016. Efectividad del aceite parafínico contra *Diaphorina citri* Kuwayama en ARCOS en Veracruz. In: *Memorias XXIX de la reunión científica y tecnológica forestal y agropecuaria Veracruz.* AGRI-21.

SENASICA. 2017. Huanglongbing de los cítricos. SAGARPA.SENASICA.SANIDAD VEGETAL. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/huanglongbing-de-los-citricos-110925>.

Trujillo, A. J. 2010. Situación actual, regulación y manejo del HLB en México, pp. 1-2 In: *Proceedings 2° International Workshop on Citrus Huanglongbing and the Asian Citrus Psyllid.* July 19-23 2010. Mérida, Yucatán, Mexico.

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS EN POSCOSECHA EN NARANJA *Citrus sinensis* (L.) OSBECK VAR. VALENCIA

Aurelio Santes González⁶⁶⁰, Julio César González Cárdenas^{660*}, Raúl Allende Molar⁶⁶⁰, Pablo Elorza Martínez⁶⁶⁰ y Alfredo González Castro⁶⁶⁰

Resumen

La citricultura se realiza en 28 estados de la República Mexicana y destaca Veracruz por la superficie plantada. Los cítricos son atacados por hongos fitopatógenos en la fase de poscosecha que provocan pérdidas económicas considerables, manifestando signos y síntomas de deterioro cuando el patógeno comienza a desarrollarse activamente. Estos microorganismos producen depreciación del producto, que en algunos casos no se puede comercializar. Se analizaron frutos de naranja *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Valencia almacenados a temperatura ambiente recolectados en las empacadoras cooperantes de la zona norte del estado de Veracruz, con el objetivo de identificar a los hongos fitopatógenos causantes de enfermedades durante su almacenamiento. Se aislaron e identificaron morfológicamente dos hongos del género *Penicillium* sp. y *Geotrichum* sp., en los cuales se compararon con claves de identificación características micromorfológicas y macromorfológicas como desarrollo del hongo, coloración del micelio, y tipo de conidióforos. Las pruebas de patogenicidad comprobaron que *Penicillium* sp. es causante de la pudrición verde y *Geotrichum* sp., de la pudrición ácida en poscosecha en cítricos.

Palabras clave: Citricultura, patogenicidad, *Penicillium*, *Geotrichum*

Introducción

La citricultura es una de las actividades agrícolas de mayor relevancia en el mundo, superando en volumen a cultivos como plátano, uva y manzana (FAO, 2006). *Citrus* sp. (Rutaceae) son las frutas más producidas en el mundo, con producción global que superó los 123 millones de toneladas en 2013. La lista de los países productores es liderada por China, Brasil, Estados Unidos, India, México y España. La producción de frutas es principalmente

⁶⁶⁰ Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. *juliogonzalez@uv.mx.

dedicada a la extracción de jugo, pero una proporción considerable se comercializa como fruta fresca para el consumo directo (FAO, 2013).

En México, la citricultura se realiza en 28 estados, Veracruz destaca por la superficie y producción obtenida (FAO, 2012).

En México, la naranja Valencia es la especie con mayor superficie y producción a nivel nacional, la producción se destina al mercado en fresco. El 25% de la producción de naranja se exporta como jugo congelado y concentrado (Schwentenius y Gómez, 2005). Las enfermedades de los cítricos ocasionadas por hongos provocan pérdidas económicas en todo el mundo y en algunos casos alcanzan hasta 50% de la producción total. La aplicación de fungicidas reduce las pérdidas significativamente, pero éstas aún se ubican entre 5-10% de la producción total (Ismail y Zhang, 2004).

Las enfermedades poscosecha constituyen el factor limitante en el almacenamiento de frutas y hortalizas; los estudios sobre éstas a nivel mundial sugieren que el problema es diferente en cada región, tanto por el tipo de manejo, como condiciones de suelo, clima y variedad (El Ghaouth y Wilson, 1995). Por lo tanto, no es correcto generalizar la incidencia de las enfermedades ni control o tratamiento, por lo cual es necesario caracterizar cada caso. Para ello, la identificación precisa de los hongos fitopatógenos que se presentan en un huerto o bodega determinado posibilita la generación de información y rol ecológico de una especie determinada, así como las posibles consecuencias que potencialmente se pueden presentar y la manera de combatirlos (Seifert et al., 2007). En consecuencia, el objetivo del presente trabajo fue Identificar morfológicamente los principales hongos fitopatógenos en poscosecha en naranja *Citrus sinensis* (L) Osbeck var. Valencia.

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Parasitología Agrícola de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, carretera Tuxpan-Tampico, km. 7.5, Tuxpan, Veracruz.

Material vegetal

Los frutos de naranja, *Citrus sinensis* (L) Osbeck var. Valencia se colectó en empacadoras cooperantes de la zona norte del estado de Veracruz.

Colecta de muestras

Se tomaron 40 frutos de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Valencia, obtenidos de forma aleatoria. Cada una de las muestras se colocó en cajas plásticas estériles para transportarlas

al laboratorio. Se tomaron muestras de frutos en los contenedores que se encontraban a temperatura ambiente.

En el laboratorio, los frutos se lavaron con cloro (NaClO, hipoclorito de sodio) al 2%, y posteriormente con agua destilada estéril para retirar restos de cloro, fueron secados con papel absorbente para retirar la humedad. Este proceso se realizó con cada una de las muestras con la finalidad de eliminar microorganismos saprófitos presentes en el flavedo (Yao et al., 2004).

Una vez realizada la desinfección, 20 frutos fueron almacenados en un recipiente plástico de 30 x 15 x 50 cm con una película plástica de nylon para crear una cámara húmeda y 20 frutos en otro recipiente sin cubierta plástica. Ninguna de las muestras colectadas había pasado por un proceso de selección o tratamiento poscosecha.

Las muestras se almacenaron durante 30 días para observar la presencia de infecciones fungosas en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas promedio de 25°C a 30°C para continuar con el desarrollo de los microorganismos patógenos y tomar una muestra de estos. Durante este periodo se colectaron diferentes muestras de pudriciones en frutos.

Aislamiento del hongo

De los patógenos colectados, con bisturí estéril y medidas asépticas se tomó una porción del flavedo con síntomas de pudrición, realizando cortes paralelos cuidadosamente con medidas aproximadas de 4 x 4 mm, obteniendo una porción media sana e infectada (crecimiento activo del hongo sobre tejido vegetal). Este material también fue desinfectado con hipoclorito de sodio al 2% dejándolo sumergido durante 1 min y después en agua estéril por 1 min. La humedad se retiró con papel absorbente y se realizaron cortes del tejido en medidas aproximadas de 1 x 2 mm. El tejido vegetal en crecimiento activo se depositó en cajas Petri con medio de cultivo a base de Papa-Dextrosa-Agar (39g/L-1, PDA, Difco®), con tres repeticiones por muestra obtenida. Las cajas Petri fueron incubadas a temperatura ambiente promedio de 28°C, por 7 días.

Una vez que se desarrollaron los microorganismos a partir del tejido colocado en PDA, se realizaron transferencias cuando se observaron características distintas entre ellos, esto con la finalidad de separar los diferentes microorganismos y purificarlos.

Purificación de hongos

Se obtuvieron dos aislados diferentes, podredumbre verde *Penicillium* sp. (aislado No.1), y podredumbre ácida *Geotrichum* sp. (aislado No. 2). Los aislados fueron purificados mediante la técnica de transferencia en cajas Petri plásticas con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (39g/L-1, PDA, Difco®) durante siete días, con temperatura ambiente promedio de 25°C a 30°C.

Pruebas de patogenicidad.

Se realizaron pruebas de patogenicidad, con la finalidad de conocer que los organismos aislados fueran responsables de las infecciones observadas en los frutos.

Inoculación de los aislados

Se tomó del aislado con siete días de crecimiento activo para inoculación. Se utilizaron para la inoculación 20 frutos de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Valencia sanas traídas de campo, de corte inmediato. Los frutos se desinfectaron previamente con cloro 2% y agua destilada estéril.

Una vez desinfectada la superficie del fruto, se realizó la inoculación del aislado, con jeringa estéril de 1 mL de capacidad, se extrajo 0.1 mL (100 μ l) de solución a concentración de 2.3×10^6 esporas/mL para el aislado No. 1 y 1.7×10^6 esporas/mL para el aislado No. 2, se provocaron tres heridas transversales en la zona del pedúnculo con distancia de 3 x 3 x 3 cm aproximadamente y 0.2 cm de longitud de herida. Se realizaron veinte repeticiones. Con un hematocitómetro (American Optical Co.) y un microscopio biológico compuesto, se realizó el conteo de esporas.

Los frutos inoculados fueron colocados en recipientes plásticos de 30 x 15 x 50 cm sobre papel absorbente, donde se humedecieron con agua destilada estéril, además de cubrirla con película plástica de nylon para crear cámaras húmedas y así otorgarle las condiciones de humedad y temperatura para desarrollo de los microorganismos.

Para el caso del testigo se utilizó el mismo número de frutos, donde se inóculo únicamente 0.1 ml de agua estéril (100 μ l), con una herida transversal en el pedúnculo de 0.2 cm de longitud y 3 x 3 x 3 cm de distancia.

Reaislamiento del hongo inoculado en frutos

Una vez desarrollada la infección de cada aislado, éste se reaisló depositando pequeñas porciones de tejido infectado en cajas Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar con 7 días de incubación a una temperatura promedio de 28°C para su posterior identificación.

Identificación

Los hongos que causaron infección se reaislaron e identificaron. Se observaron características macromorfológicas como coloración del micelio, crecimiento y desarrollo del hongo. Para las características micromorfológicas se observó el tipo de micelio, tipo de esporas, coloración de las esporas, estructuras de reproducción. Estas características fueron utilizadas y comparadas con claves de identificación de hongos (Barnett y Hunter, 1987; Domsch et al., 1993).

Resultados y Discusión

Aislamiento de los patógenos

En los frutos de naranja colectados en empaques de la zona de Tuxpan se observaron dos enfermedades. La primera consistía en una mancha circular color blanco en el punto de infección que se hace más grande y torna a cambiar de blanco a verde-oliva y cinco a ocho días queda cubierto completamente de micelio verde; este progreso de infección lleva a la descomposición interna del fruto, y la segunda consistía en un pequeño círculo de infección blanda de color crema que conforme crece forma una masa podrida en el fruto de olor agrio. Los hongos aislados en PDA mostraron en el aislado 1 (*Penicillium* sp.) apariencia con micelio blanco al inicio del desarrollo que torna a cambiar a verde-oliva, a medida que se acerca a la periferia disminuye a blanco con aspecto polvoriento y compacto, lo que concuerda con Timmer et al. (2002), quien describe el desarrollo de *Penicillium* sp. con la aparición de un punto de humedad de 2-4 cm de diámetro en 24 h, a 24°C, después de 36 h aparece micelio blanco que torna a convertirse en verde oliva característico, además que el área de esporulación está rodeada de micelio blanco hasta cubrir el fruto completamente. En el aislado 2 (*Geotrichum* sp.), presentó micelio de apariencia compacta, seca y harinosa, de color blanco de igual intensidad durante todo su desarrollo, lo cual concuerda con lo reportado por Pérez et al. (2014).

Pruebas de patogenicidad

En los frutos inoculados con el aislado No.1 (*Penicillium* sp.), a temperatura ambiente promedio de 25°C, se observaron síntomas al día dos, y al día ocho después de la inoculación (DI), se observó 100% de frutos infectados. A concentración 2.3×10^6 /esporas/mL al día dos (48 h) DI, se observó micelio blanco que comienza a cubrir el fruto en la zona donde se realizó la inoculación, lo que concuerda con Timmer et al. (2002), quien plantea que la infección de hongos del género *Penicillium* sp., tiene desarrollo óptimo a 24 °C y más lenta a temperaturas por encima de 30°C, y por debajo de 10°C, a 1°C queda prácticamente inhibida.

En el caso del aislado No. 2 (*Geotrichum* sp.) a una concentración 1.7×10^6 /esporas/mL, al día cinco (120 h) después de la inoculación, a una temperatura ambiente promedio de 25°C comienza a mostrarse síntomas de infección de podredumbre ácida sobre la superficie del tejido vegetal, crecimiento relativamente lento al paso de los días cinco y ocho, lo que es corroborado por Latorre (1992), quien sostiene que la pudrición ácida ocurre en fruta sobremadura, infectada durante la cosecha.

Identificación de los hongos postcosecha en cítricos

Características aislado No. 1. (*Penicillium* sp.)

En el aislado No. 1 (*Penicillium* sp.) la característica general de la cepa es verde-oliva en el centro de la infección y blanco en la periferia que complementa su ciclo de reproducción en 48 h, en relación con lo que describe Mangione (2016) que estos hongos completan su ciclo de reproducción entre 24 a 48 h a temperatura media de 20 a 25°C con alta humedad. En cuanto a los resultados obtenidos en su micromorfología, se observaron hifas cilíndricas y los conidióforos forman ramas irregulares tabicadas, lo que concuerda con Webster (1986) quien dice que este género de hongos tiene la característica de formar conidióforos ramificados parecidos a un pincel que terminan en células conidiogénicas llamadas fiálides, lo mismo sucede con las claves de identificación morfológica de Barnett y Hunter (1987) y Domsch et al. (1993), quienes describen que los conidióforos surgen del micelio, ramificado cerca del ápice, penicilado, que termina en un grupo de fiálides; conidios (fialosporas) hialinos o de color brillante en masa, en su mayoría globosa u ovoide, en cadenas basipétalas secas.

Características aislado No. 2 (*Geotrichum* sp.)

El aislado No. 2 (*Geotrichum* sp.) presentó crecimiento lento a temperatura ambiente, lo que concuerda con lo planteado por Pazakova et al. (2003), quienes determinaron que este hongo crece entre 5 y 38°C además de ser, de apariencia seca y harinosa, color blanco de igual intensidad, lo que concuerda con Barnett y Hunter (1987) y Domsch et al. (1993), quienes describen al género *Geotrichum* sp., con características de micelio blanco.

En cuanto a su micromorfología se observaron hifas hialinas tabicadas, gruesas que se fragmentan para formar artroconidios que se disponen en cadenas, lo que concuerda con las claves de identificación morfológica de Barnett y Hunter (1987) y Domsch et al. (1993), quienes describen al género *Geotrichum* sp. con características de micelio septado; conidióforos ausentes, conidios (artrosporas) hialinos, cilíndricos cortos con extremos truncados, formados por segmentación de hifas.

Conclusiones

1. Los hongos aislados resultaron con patogenicidad positiva, *Penicillium* sp., causante de la pudrición verde en poscosecha de los cítricos y *Geotrichum* sp., de la pudrición ácida en *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Valencia.
2. Las principales características morfológicas que identifican a *Penicillium* sp., son: micelio blanco al inicio de desarrollo, que se torna a verde-oliva; presenta conidióforos ramificados parecidos a un pincel que terminan en células conidiogénicas llamadas fiálides, en las cuales se producen los conidios.
3. Las características morfológicas de *Geotrichum* sp. son: micelio blanco, estructura compacta y de crecimiento lento, micelio septado; conidióforos ausentes; conidios

(artrosporas) hialinos, cilíndricos cortos con extremos truncados, formados por segmentación de hifas.

Literatura citada

Barnett, H. L., and B. Hunter B. 1987. Iustrated Genera of Imperfect Fungi. 4th Edition, Macnuilian Publishing Co., New York. 320 pp.

Domsch, K. H, W. Gams and H. Anderson T. 1993. Compendium of Soil Fungi. Academic Press, London. 860 pp.

El Ghaouth and C. Wilson. 1995. Biologically-based technologies for the control of postharvest diseases. Postharvest News Inform. 6:5-11.

FAO. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimento en el mundo- Alcance, causas y prevención. Roma. 2-3 pp.

FAO. 2006. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas anuales.

FAO. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Statistical Yearbook.

Ismail, M. and J. Zhang. 2004. Post-harvest citrus diseases and their control. Outlooks Pest Management 15:29-35.

Latorre, B. 1992. Enfermedades de las plantas cultivadas. 3 ed. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile. 628 pp.

Mangione, J. L. 2016. Sanidad Vegetal Laboratorio de Fitopatología Poscosecha en Cítricos. Enfermedades y daños. Buenos Aires, Argentina. 19 pp.

Pazakova, J., M. Pipova, J. Nagy and P. Turek. 2003. The growth of Geotrichum candidum at different temperatures and sodium chloride concentration. Veterinaria. 212-214.

Pérez, E, O. Blanco, P. Alves, C. Román, M. Rial, A. Rodríguez et al. 2014. Guía Para la Identificación de Patógenos de Poscosecha en Frutos de Arandano. Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias. Ed. Salto. Salto– Uruguay. 150 pp.

Schwentesius, R. y M. Gómez. 2005. Limón Persa. Tendencia en el Mercado. Universidad Autónoma Chapingo. México. 150 pp.

Seifert K. A. A. Samson R., A. deWaard R., J. Houbraken, A. Lévesque C., M. Moncalvo J. et al. 2007. Prospects for fungus identification using CO1 DNA barcodes, with *Penicillium* as a test case. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:391-396.

Timmer, L. W, M. Garnsey S. and H. Graham J. 2002. "Plagas y enfermedades de los cítricos". Podredumbres causadas por *Penicillium*. *The American Phytopathological Society*. Madrid, Barcelona. 42-43.

Webster, J. 1986. *Introduction to Fungi*. 2^o ed. Cambridge University Press.

Yao, H., S. Tian and Y. Wang. 2004. Sodium bicarbonate enhances biocontrol of blue and gray mould diseases of pear fruit by integration of antagonistic yeas with salicylic acid. *International*.

DIVERSIDAD VEGETAL PARA LA CONSERVACIÓN E INCREMENTACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE *Unaspis citri* EN VERACRUZ, MÉXICO

Julio César González Cárdenas⁶⁶¹, Ignacio Esteban Castellanos Sturemark⁶⁶², Raúl Allende Molar⁶⁶¹, Carlos Rigoberto Vera Hernández⁶⁶¹, Roberto Alejandro Mateos Rocha⁶⁶¹, Pablo Elorza Martínez⁶⁶¹

Resumen

La escama de nieve *Unaspis citri* (Comstock) es una plaga distribuida ampliamente en diferentes zonas citrícolas en el mundo, su importancia se debe en parte a que es una especie polífaga, ataca a plantas de 12 diferentes géneros de 9 familia. La importancia de la escama de nieve radica en que sus poblaciones se han incrementado recientemente y ocasiona daños de importancia económica. Debido a lo anterior, se planteó llevar a cabo un manejo de la diversidad vegetal para conservar e incrementar la presencia de enemigos naturales de *U. citri* en Tuxpan, Veracruz. El trabajo se realizó en un huerto de cítricos de la variedad valencia temprana (*Citrus sinensis*) en el ejido de la Laja de Coloman, municipio de Tuxpan, Veracruz, México. Se observó que el parasitoide *Arrhenophagus chionaspis* Aurivillius (Hymenoptera: Encyrtidae) ataca a *U. citri* y su abundancia es mayor en parcelas con mayor densidad y biomasa de plantas arvenses. El número de parasitoides difirió significativamente en tres tratamientos evaluados. Se hallaron cuatro especies de maleza en los tratamientos (arvenses total y por hileras), de las cuales las más abundantes fueron *Melanpodium divaricatum* y *Bidens pilosa*. Los resultados obtenidos proporcionan a los productores citrícolas una táctica de control para integrarlas dentro de un manejo integrado de plagas.

Palabras clave: Control biológico, arvenses, *Citrus sinensis*

Introducción

La importancia de plagas como los insectos escama en México es muy alta, especialmente en los huertos frutales, como los cítricos (Peralta et al., 2010). Sin embargo, se han realizado

⁶⁶¹Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. * juliogonzalez@uv.mx.

⁶⁶²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas.

pocos estudios relacionados con el control biológico de estos insectos y la importancia que éste puede tener como un medio de control alternativo. Últimamente se ha desarrollado un creciente interés por investigar formas de controles alternativos en campos agrícolas, con un detallado conocimiento de las relaciones tritróficas (planta-plaga-enemigo natural). Particularmente, en los cultivos de cítricos en México, se ha comenzado a evaluar la importancia de las especies nativas de plantas arvenses en el incremento tanto de la abundancia como de la eficiencia de los enemigos naturales de los insectos escama.

Cuando la diversidad vegetal es manipulada en un agroecosistema, puede proveer a los enemigos naturales de presas u hospederos alternos, además de proporcionar fuentes de alimento como el polen o el néctar de las mismas; también son refugios a las condiciones adversas como la aplicación de insecticidas o demás productos químicos, teniendo de esta manera un microclima favorable para su sobrevivencia (Landis et al., 2005). Al aumentar la diversidad vegetal en los agroecosistemas, muchos depredadores y parasitoides de plagas responden aumentando sus poblaciones logrando un mejor control de las poblaciones de insectos plaga (Pywell et al., 2005).

El empleo de las plantas arvenses para conservar y aumentar el control biológico de los insectos escama ha sido empleado en diversos países. Por ejemplo, Olkowski y Zhang (1998) utilizaron a la especie *Ageratum conyzoides* L., como cobertura vegetal para conservar y aumentar el control biológico de la escama roja *Panonychus citri* en China, demostrando que esta planta provee de fuentes de polen, refugio, humedad y temperatura que benefician a las arañas depredadoras. Por otra parte, Silva et al. (2010) estudiaron en Portugal la abundancia y la diversidad de artrópodos benéficos en un huerto de cítricos en los cuales algunos árboles tenían vegetación en el suelo y otros se encontraban en suelo desnudo. Estos autores encontraron una mayor presencia de artrópodos benéficos en parcelas que tenían cobertura, sobresaliendo la presencia de las arañas y las avispas parasitoides. Tomando en consideración lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la importancia de diferentes plantas arvenses sobre la riqueza y abundancia de insectos benéficos (parasitoides) de la escama *Unaspis citri* (Comstock), una plaga de cítricos en Tuxpan, Veracruz.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio. La investigación se realizó en un huerto de naranja valencia temprana (*C. sinensis*) en el ejido de la Laja de Coloman, municipio de Tuxpan, Veracruz, México, ubicado en las coordenadas de 21° 02'34.9" N y 97° 26'36.9" W, con una temperatura anual máxima de 40.8°C y una mínima de 15.6°C y una precipitación máxima de

1868 mm y una mínima de 780 mm (Gobierno del Estado de Veracruz, 2016). El huerto tiene una superficie de tres hectáreas y cuenta con árboles de ocho años sembrados a una distancia de 7 x 7 m en un sistema de siembra marco real con un total de 204 plantas por hectárea. Durante el estudio se realizaron las prácticas culturales en toda la huerta, como lo son podas, la aplicación de jabones comerciales y de extractos vegetales para el control del psílido asiático *Diaphorina citri* cuando fue necesario.

Tratamientos. Se establecieron tres parcelas con dimensiones de 5000 m², siete hileras de árboles cada una, con un total de 102 plantas por cada uno de los tratamientos. En el mes de febrero del 2014 se realizó un rastreo en las tres parcelas con la finalidad de remover todas las arvenses presentes y que las que emergieran tuvieran una edad y desarrollo homogéneo. Los tratamientos a evaluar fueron: 1. Parcela con arvenses cubriendo la totalidad de la parcela, 2. Parcela con arvenses únicamente en las calles y 3. Parcela con suelo desnudo. Una vez que las arvenses emergieron, para el caso del tratamiento 3 (suelo desnudo se aplicó el herbicida 2,4-D AMINA (1.5 L/ha) y glifosato (1.5 L/ha) para el control de las arvenses presentes. En el tratamiento 2 (arvenses en hileras), se aplicó el herbicida 2,4-D AMINA (1.5 L/ha) y glifosato (1.5 L/ha) en las franjas de los árboles.

Muestreo de enemigos naturales. Para cuantificar la riqueza y abundancia de parasitoides de *U. citri* se muestrearon 25 árboles de cada tratamiento seleccionados al azar. La frecuencia de muestreo fue cada dos semanas, del mes de julio al mes de septiembre del 2014. Se seleccionaron al azar cuatro hojas con presencia de ninfas de *U. citri* de cada árbol a una altura de 1.20 m por arriba del nivel del suelo, siguiendo la técnica utilizada por Silva et al. (2010). Todas las hojas seleccionadas tenían más de 40 ninfas de *U. citri*.

Las hojas obtenidas en los muestreos se colocaron en bolsas de papel, se etiquetaron y fueron trasladadas al laboratorio de control biológico de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, para procesar las muestras. En el laboratorio, las hojas fueron colocadas en frascos de plástico para coleccionar los parasitoides que emergieron. Los parasitoides fueron colocados en frascos con alcohol etílico al 70% para su preservación. Tanto la plaga como los enemigos naturales fueron identificados por la doctora Myartseva Svetlana (taxónoma especialista en himenópteros parasíticos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas).

Medición de la estructura vegetal. Se midió la composición vegetal, densidad y biomasa de plantas presentes en los tratamientos de parcela con arvenses total y con arvenses en hileras utilizando cuadrantes. En cada sitio (parcela con arvenses total y parcela con arvenses en hileras) durante julio, agosto y septiembre del año 2014, se cortó con tijeras al ras del suelo

todo el material vegetal en el interior de cuatro cuadros de 1 m² (Ferrucho, 2007). Las muestras se guardaron en bolsas de papel; en el laboratorio se obtuvo su peso fresco y las plantas fueron identificadas y contadas. La identificación de las especies de arvenses se realizó empleando las fichas de Malezas de México de la CONABIO (2011). Se reportan promedios \pm 1 error estándar de la composición vegetal, densidad y biomasa de plantas.

Análisis Estadísticos. Los datos de abundancia de parasitoides se analizaron mensualmente. Para cada mes se obtuvo el promedio del número de parasitoides emergidos de las ocho hojas colectadas de cada uno de los árboles muestreados. Para cada mes se comparó el número de parasitoides emergidos en los tres tratamientos, utilizando un análisis de varianza de una vía (ANDEVA). En los casos en los cuales los datos no cumplieron con los supuestos del ANDEVA, éstos fueron transformados con $\log_{10}(\text{dato}+1)$ o mediante un análisis de varianza no paramétrica Kruskal-Wallis cuando los datos, aun transformados, no cumplieron con los supuestos (Sokal y Rohlf, 1995). Posteriormente se realizaron comparaciones múltiples mediante pruebas de Tukey. Los análisis estadísticos y la verificación de sus supuestos se realizaron con el paquete estadístico Sigma Stat versión 3.5.

Resultados y discusión

Identificación y abundancia de enemigos naturales. De las muestras colectadas entre julio y septiembre del 2011 emergieron 2.084 parasitoides de *U. citri*, todos pertenecientes a la especie *Arrhenophagus chionaspis* Aurivillius (Hymenoptera: Encyrtidae). El parasitoide *A. chionaspis* encontrado en Tuxpan, Veracruz atacando a *U. citri* coincide con el reportado por Coronado y Ruíz (1992) y González y Woolley (2001), quienes encontraron al mismo parasitoide atacando a especies de Coccidae y Diaspididae reportados para los estados de Michoacán, Tamaulipas y Veracruz. De igual forma Ruiz et al. (2006) reportaron a esta misma especie atacando a *U. citri* en el estado de Tamaulipas. Por otra parte, León (2005) realizó un listado de enemigos naturales de depredadores y parasitoides de las principales plagas de los cítricos en Colombia reportando también a *A. chionaspis* como parasitoide de *U. citri*.

Los especímenes de *A. chionaspis* utilizados para la identificación de este parasitoide se encuentra depositado en la Colección de Hymenoptera de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en Ciudad Victoria, Tamaulipas y en el Laboratorio de Control Biológico de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana en Tuxpan, Veracruz, México.

Con relación al número de parasitoides que emergió de *U. citri*, este difirió significativamente entre tratamientos para cada uno de los tres meses analizados (Fig. 1).

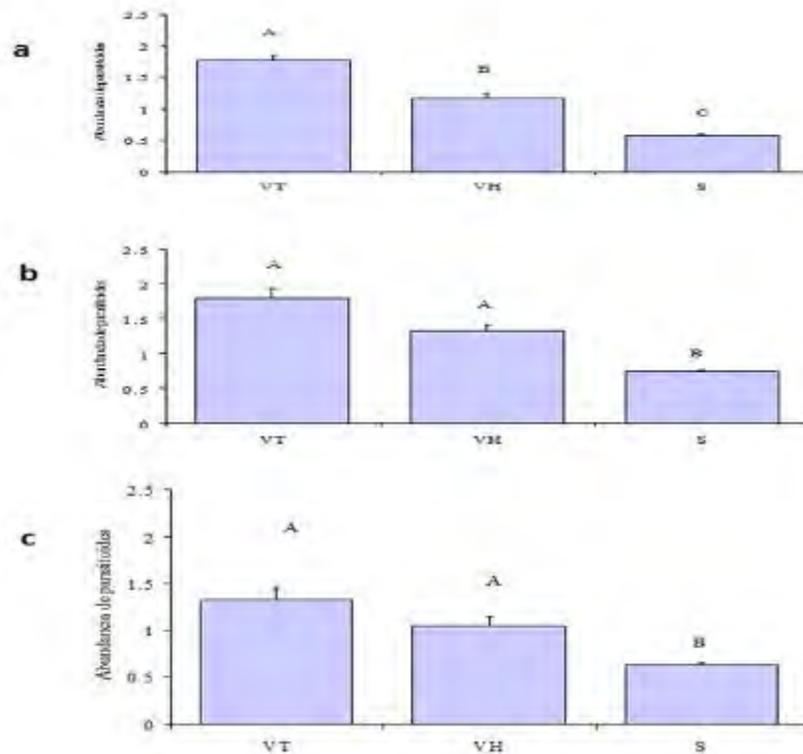


Figura 1. Abundancia promedio mensual (a: julio, b: agosto, c: septiembre) de *A. chionaspis* Aurivillius emergidos de *U. citri* en un huerto de cítricos en la comunidad de la Laja de Coloman, Tuxpan, Veracruz, México. VT: árboles en parcelas con arvenses total, VH: árboles en parcelas con arvenses en hileras, S: árboles en parcelas con suelo desnudo. Las barras representan promedios \pm error estándar.

Los promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). En el mes de julio se encontró que los tres tratamientos difirieron significativamente; la mayor abundancia se encontró en el tratamiento con arvenses total, seguida de la abundancia en árboles con arvenses en hileras y por último en árboles en parcelas con suelo desnudo y estas difirieron significativamente Fig. 1a). Para el mes de agosto, se encontró que la abundancia de parasitoides emergidos de *U. citri* provenientes de árboles en parcelas con arvenses total y de árboles con arvenses en hileras fue significativamente mayor (Fig. 1b) que la abundancia de parasitoides en árboles con suelo desnudo, mientras que las abundancias de parasitoides emergidos en árboles en parcelas con arvenses total y en árboles con arvenses en hileras no difirieron significativamente entre sí ($P > 0.05$). Por último, para el mes de septiembre los resultados fueron similares a agosto, la abundancia de parasitoides emergidos de *U. citri* provenientes de árboles en parcelas con arvenses total y de árboles con arvenses en hileras fue significativamente mayor que la abundancia de parasitoides en árboles con suelo

desnudo (Fig. 1c), y no se encontró que la abundancia de parasitoides emergidos en árboles en parcelas con arvenses total difiriera significativamente de la abundancia en árboles con arvenses en hileras ($P > 0.05$).

Andow (1991) ha demostrado que cuando se tiene una mayor diversidad de especies vegetales entre los cultivos pueden incrementar las poblaciones de los enemigos naturales (hasta 53% en algunos casos). Este incremento en abundancia de enemigos naturales que resulta de la manipulación de la cobertura vegetal dentro de un sistema de cultivo, se le ha atribuido a que la cobertura vegetal provee alimentos suplementarios a los enemigos naturales, como son hospederos alternos, presas, polen y néctar, además les proporcionan microclimas favorables o refugios de condiciones adversas causados por prácticas agrícolas (Jonsson et al., 2008).

En particular, los parasitoides requieren fuentes alimenticias que las flores les proporcionan para su sobrevivencia como altos contenidos de azúcares por día para iniciar su parasitismo (Siekmann et al., 2001). En el presente trabajo se observó que la abundancia del parasitoide *A. chionaspis* fue mayor cuando las arvenses estuvieron en la etapa de floración (datos no incluidos), lo cual sugiere que éstos fueron beneficiados por la floración de las plantas.

Varios autores como Barbosa (1998), Smith y McSorley (2000) y Tschamtkke (2000) han reportado que los huertos en donde existen coberturas vegetales la incidencia de insectos plaga es significativamente menor que en huertos limpios de vegetación, esto debido principalmente a la mayor abundancia y eficiencia de depredadores y parasitoides. Por lo tanto, es probable que en el presente estudio la incidencia de *U. citri* también haya sido menor en las parcelas en las que estaban presentes las arvenses.

Medición de estructura vegetal. Se encontraron cuatro especies de malezas presentes en los tratamientos de arvenses total y de arvenses en hileras en los meses de julio, agosto y septiembre de 2014. La presencia de las plantas arvenses diferenció en abundancia y especies predominantes entre los tratamientos arvense total y arvenses en hileras como se observa en la Figura 2.

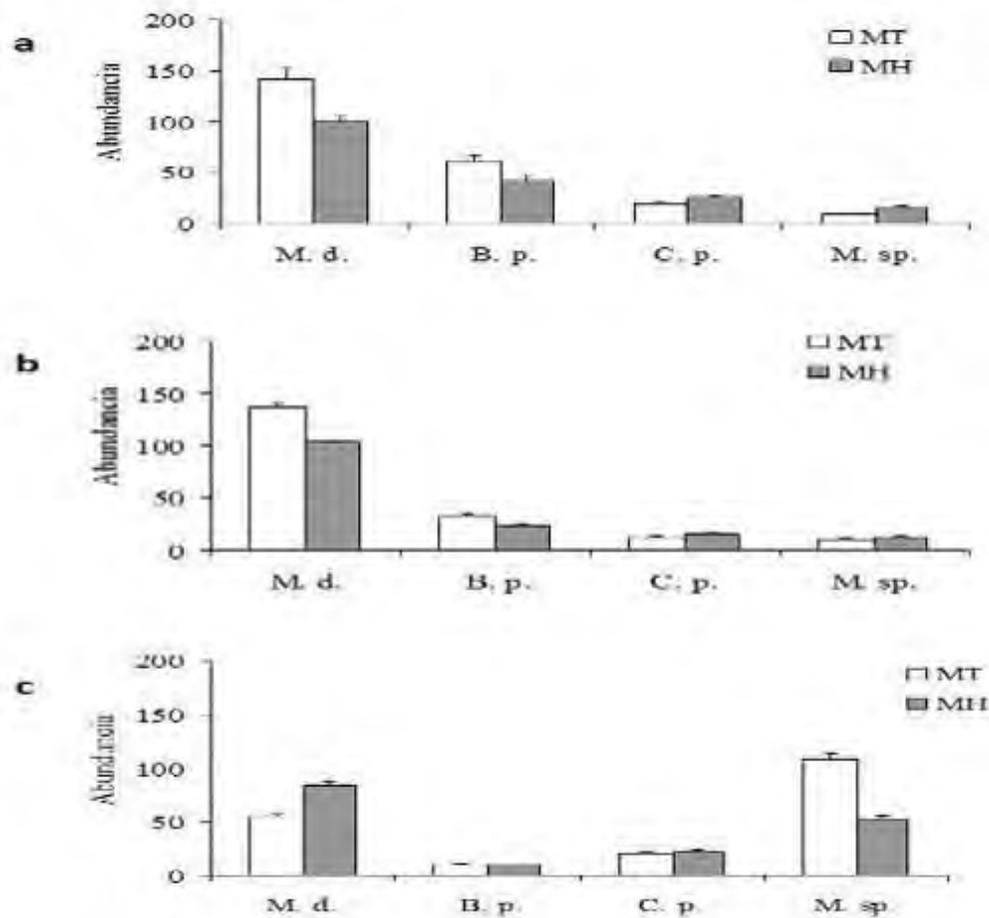


Figura 2. Abundancia promedio mensual (a: julio, b: agosto, c: septiembre) por metro cuadrado de especies de arvenses (M.d.: *Melanpodium divaricatum* (L. C. Rich.) DC., B.p.: *Bidens pilosa* L., C.p.: *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. y M.sp.: *Malva* sp. L) en un huerto de cítricos en la comunidad de la Laja de Coloman, Tuxpan, Veracruz, México. MT: parcelas con maleza total, MH: parcelas con maleza en hileras. Las barras representan promedios \pm error estándar.

Las arvenses más abundantes en los tratamientos de arvense total y arvenses en hileras en el mes de julio y agosto fueron *M. divaricatum* (L. C. Rich.) DC y *B. pilosa* L. Durante estos dos meses florecieron las dos especies (datos no incluidos). Debido a que se detectó una mayor abundancia de parasitoides durante estos dos meses en las parcelas de arvense total y arvenses en hileras, es probable que estas dos especies de plantas, además de proporcionar a *A. chionaspis* Aurivillius sitios de refugio, también le proporcionan recursos alimenticios como néctar y polen de las flores, tal como lo mencionan Landis et al. (2000) y Loreau et al. (2002) en donde encontraron que en los hábitats con mayor número de plantas con flor, también hubo más parasitoides.

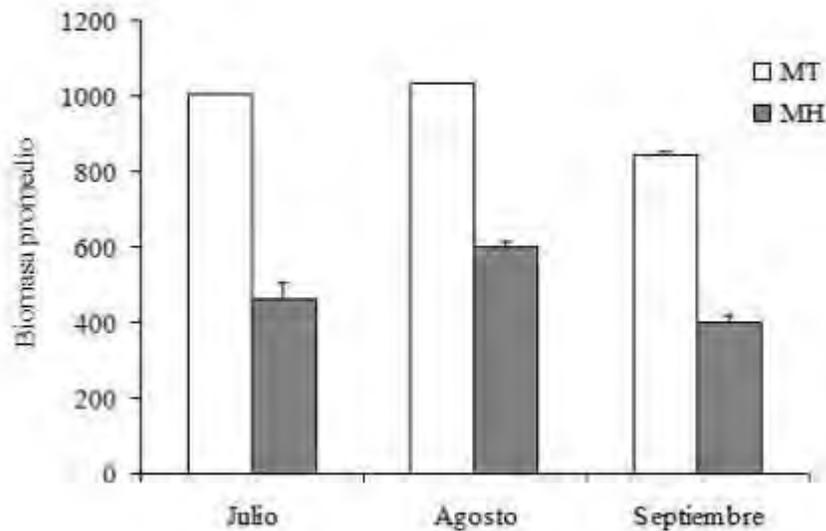


Figura 3. Biomasa promedio mensual (kilogramos de peso fresco/m²) de arvenses en un huerto de cítricos en la comunidad de la Laja de Coloman, Tuxpan, Veracruz, México. MT: parcelas con maleza total, MH: parcelas con maleza en hileras. Las barras representan promedios \pm error estándar.

Brose (2003) encontró que la complejidad de la estructura de las plantas tiene una relación directa con el número de enemigos naturales. Debido a que *M. divaricatum* (L. C. Rich.) DC. presenta una arquitectura compleja comparada con las demás arvenses identificadas (datos no incluidos), es probable que los individuos de *A. chionaspis* Aurivillius fueron más abundantes cuando se encontró una mayor densidad y biomasa de esta. De forma similar, Marino y Landis (1996) al evaluar el efecto que tiene la vegetación sobre la comunidad de los parasitoides generalistas de la plaga *Pseudaletia unipuncta* (Haworth) encontraron que en fragmentos con vegetación de mayor diversidad, el parasitismo es más alto. Menalled et al. (2003) realizaron un estudio similar encontrando resultados similares de patrones de alto parasitismo en fragmentos con vegetación compleja, no encontrando diferencias significativas entre fragmentos simples.

Conclusiones

1. *Arrhenophagus chionaspis* Aurivillius (Hymenoptera: Encyrtidae) fue el parasitoide de *Unaspis citri* en Tuxpan, Veracruz.
2. En julio, agosto y septiembre se encontraron las especies de arvenses: *Melanpodium divaricatum* (L. C. Rich.) DC, *Bidens pilosa* L, *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. y *Malva* sp., las cuales promovieron mayor abundancia del parasitoide obtenido, sobre todo las dos primeras.

Literatura citada

- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586.
- Barbosa, P. 1998. *Conservation Biological Control*. Academic Press, New York. 396 p.
- Brose, U. 2003. Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands; mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* 135: 407-403.
- CONABIO, 2011. <http://conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/bidens-pilosa/fichas/ficha.htm>. Referencias. Heike Vibrans (ed.), 2011. *Maleza de México*. [Consultado 04 de noviembre 2013].
- Coronado, B. J. M y E. Ruíz C. 1992. Enemigos naturales de *Unaspis* spp. In: *Memoria del XV Congreso Nacional de Control Biológico*. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. UNAM. Cuautitlán, Izcalli, Estado de México, México.
- Ferrucho, E. 2007. Estimación de la diversidad vegetal en la reserva San Thomas del municipio de Melgar, Colombia. Universidad del Bosque. Carrera de Biología. Facultad de Ciencias. In: <http://es.scribd.com/doc/90287/Estimacion-de-la-Biodiversidad-Vegetal>. [Consultado 10 de junio de 2012].
- Gobierno del Estado de Veracruz. 2016. *Enciclopedia municipal veracruzana*. Tuxpan. Secretaría Técnica. p. 28-29.
- González, H. A. y J. B. Woolley. 2001. Identificación y distribución de los géneros de Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en México. UANL. Monterrey, México.
- Jonsson, M., S. D. Wratten, D. A. Landis y G. M. Gurr. 2008. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control* 45:172-175.
- Landis D. A., S. D. Wratten and G. M. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pest in agriculture. *Annul. Review Entomology* 45:175-201.
- Landis, D. A., F. D. Menalled, A. C. Costamagna and T. K. Wilkinson. 2005. Manipulating planta resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science* 53(6):902-908.
- León, M. G. A. 2005. La diversidad de insectos en cítricos y su importancia en los programas de Manejo Integrado de Plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Costa Rica. 74:85-93.

- Loreau, M., S. Naeem and P. Inchausti. 2002. Biodiversity and ecosystems functioning. Oxford. University. Press.
- Marino, P. C. and D. A. Landis. 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecology*. *Applicate* 6:276-284.
- Menalled, F. D., A. C. Costamagna, P. C. Marino and D. A. Landis. 2003. Temporal variation in the response of parasitoids to agricultural landscape structure. *Agric. Ecosystems Environment* 96:29-35.
- Olkowski, W. y A. Zhang. 1998. Habitat management for biological control, examples from China. Pp. 255-270. In: Pichett, C. H. y R. L. Bugg (eds). *Enhancing Biological Control. Habitat Management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pest*. Berkeley, CA, USA. University of California Press.
- Peralta, G. M. S., N. Myartseva, A. González H., J. A. Villanueva J., S. Sánchez S. y C. F. Ortiz G. 2010. Avispas parasíticas (Hymenoptera:Chalcidoidea) de Aleyrodidae y Diaspididae (Hemiptera:Sternorrhyncha) en plantaciones de naranja (*Citrus sinensis* L.) de la Chontalpa, Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 26:229-231.
- Pywell, R. F., E. A. Warman and C. Carvel. 2005. Providing foraging resources for bumble bees in intensively farmed landscape. *Biology. Conservation* 121:479-94.
- Ruiz, C. E., J. M. A. Coronado B. y S. N. Myartseva. 2006. Situación actual del manejo de las plagas de los cítricos en Tamaulipas, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 78:94-100.
- Siekmann, G., B. Tenhumberg and M. A Keller. 2001. Feeding and survival in parasitic wasps: sugar concentration and timing matter. *Oikos* 95:425-430.
- Silva, E. B., J. C. Franco, T. Vasconcelos and M. Branco. 2010. Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. *Bulletin of Entomological Research* 100:489-499.
- Smith, H. A. and R. McSorley. 2000. Intercropping and pest management: a review of major concepts. *American Entomologist* 46:154-161.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry*. W H Freeman and Company, Nueva York.
- Tscharntke, T. 2000. Parasitoid populations in the agricultural landscape. Pages 235-253 In: Hochberg, M.E and Ives, A.R. (eds). *Parasitoids Population Biology*. Princeton, NJ. Princeton University Press.

AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE ASPERSIONES REGIONALES DE INSECTICIDAS CONTRA *Diaphorina citri* KUWAYAMA EN EL ARCO DE GENERAL TERÁN, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Santos Díaz Martínez⁶⁶³, José Isabel López Arroyo⁶⁶⁴, Edgardo Cortez Mondaca⁶⁶⁵ y Rosa M. De
León⁶⁶⁶

Humildemente dedicado a la memoria del Dr. Jesús Loera Gallardo (1945-2017).
Colega INIFAP, excelente entomólogo, gran amigo, persona excepcional.

Resumen

Actualmente en México, el manejo del vector del patógeno asociado al Huanglongbing, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) se realiza mediante la aspersión regional de insecticidas en las Áreas Regionales de Control (ARCOs). Hasta el momento se desconoce la efectividad de esta medida para reducir el nivel poblacional del vector o sus infestaciones, ya que en los informes de monitoreo poblacional del insecto, es difícil notar cuantitativamente dichos efectos. El presente estudio se realiza en la citricultura del estado de Nuevo León, con el objetivo de evaluar el impacto de las aspersiones regionales de insecticidas en el ARCO General Terán, para determinar los alcances de la campaña en la reducción del nivel poblacional e infestaciones de *D. citri* y contribuir en la valoración del programa y su posible mejoramiento. Para esto, en forma semanal se efectúan muestreos de la población de *D. citri* mediante el uso de trampas pegajosas y revisión directa de brotes vegetativos en 30 árboles de 10 huertas que se encuentran bajo manejo en el ARCO y dos más fuera de éste que son considerados los testigos de referencia. Los avances de resultados obtenidos muestran que las poblaciones del vector en huertas con árboles maduros en producción, se encuentran en niveles mínimos comparados con los registros existentes efectuados en el período 2008-2011, con densidades que permanecen por abajo del umbral de intervención de 0.2 insectos/trampa. En el caso de los árboles jóvenes de cítricos en el área, las poblaciones son abundantes y permanecen sin cambios con respecto al período arriba indicado. En forma

⁶⁶³ Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Montecillo.

⁶⁶⁴ INIFAP, Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental General Terán.

*lopez.jose@inifap.gob.mx

⁶⁶⁵ INIFAP, Centro de Investigación Regional Noroeste. Campo Experimental Valle del Fuerte.

⁶⁶⁶ Universidad Autónoma de Nuevo León. Unidad Mederos.

preliminar se sugiere contemplar una estrategia concentrada en la eliminación del insecto en árboles jóvenes de cítricos, los cuales constituyen hasta el momento severos focos de infestación.

Palabras Claves: Área Regional de Control, Huanglongbing, psílido asiático de los cítricos, manejo

Introducción

Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), el psílido asiático de los cítricos (PAC), constituye actualmente uno de los insectos de mayor importancia económica para el país, esto debido a que es el principal vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, patógeno asociado a la enfermedad catastrófica de los cítricos conocida como huanglongbing (HLB); ésta es actualmente la amenaza fitosanitaria más importante para la actividad citrícola a nivel mundial, debido principalmente a la complejidad del manejo tanto de la bacteria asociada, como del vector, y por las múltiples implicaciones sociales y económicas involucradas (da Graca, 1991; da Graca y Korsten, 2004; Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006). La estrategia de manejo del HLB a escala internacional, se basa en: 1. La eliminación de fuentes de inóculo por medio de la erradicación de los árboles enfermos, 2. Producción de plantas en ambiente protegido, y 3. El control del vector (da Graca y Korsten, 2004; Bové, 2006; National Research Council, 2010); el propósito de esto es reducir al máximo las poblaciones de *D. citri*, para disminuir y retrasar la presencia y diseminación del HLB (Bassanezi et al., 2013; Stansly et al., 2013).

Se han planteado algunas estrategias que fundamentan el control regional de *D. citri* versus el control parcelario, siendo el planteamiento de Bassanezi (2012), Bassanezi et al. (2013) el más completo al demostrar el efecto en la reducción epidémica; sin embargo, limitado al carecer de criterios para definir la dimensión del área regional para optimizar el manejo (Flores et al., 2017). Con base en lo anterior y con el objetivo de coadyuvar a optimizar los recursos federales de SAGARPA-SENASICA disponibles para el control de *D. citri*, en 2013 se aplicó la investigación epidemiológica desarrollada en el contexto del proyecto nacional FONSEC SAGARPA-CONACYT 2009-108591 (Resp.: J.I. López-Arroyo) y se concretó la estrategia metodológica para determinar el número, tamaño y localización de Áreas Regionales de Control del PAC (ARCOs) en 24 estados citrícolas de México. La base fundamental de su desarrollo es la necesidad de operar de manera coordinada en áreas extensivas para aplicar medidas de control que impacten significativamente poblaciones del vector y evitar principalmente el escape o migración a áreas vecinas fuera de manejo,

además de contribuir a facilitar la toma de decisiones en los diferentes niveles (Mora-Aguilera et al., 2013, 2014). Las acciones para el control de poblaciones del vector del huanglongbing en las ARCOs se han derivado de las investigaciones realizadas en el proyecto arriba indicado, las cuales se efectúan considerando la dinámica de poblaciones del insecto, así como su fenología y la de la planta. Estratégicamente, dentro de los ARCOs se realizan aplicaciones de plaguicidas regidos por un esquema de control químico del vector para la citricultura convencional y orgánica en el país, característicamente integrado por insecticidas convencionales y alternativos aprobados por SAGARPA, armonizados para constituir un programa sustentable de manejo de la resistencia a insecticidas, para su recomendación y uso a nivel nacional (Cortez et al., 2013); dicho programa enfatiza la rotación de los diferentes grupos toxicológicos para el manejo de la resistencia del insecto (López et al., 2010). Las aplicaciones de los productos son de manera regional, generalizada y coordinada para que todas las huertas del ARCO sean protegidas en un periodo menor a 15 días, para así impactar a la población adulta del vector y disminuir la densidad poblacional de la generación subsecuente. Hasta el momento se han realizado inversiones de recursos financieros significativos para controlar al insecto en los ARCOs programados anualmente, donde se realizan dos aspersiones regionales de plaguicidas consideradas estratégicas para reducir poblaciones del vector (www.senasica.gob.mx). Hasta el momento, se carece de certidumbre en cuanto a los posibles alcances de dicha estrategia, por lo que el objetivo de este estudio es la evaluación precisa de los efectos para valorar su aportación para resolver esta problemática nacional que afecta la citricultura desde el año 2009.

Materiales y Métodos

En la región citrícola de N.L., hasta la fecha existe un período de cuatro años consecutivos de aplicación regional de insecticidas dentro de la estrategia de manejo del vector del patógeno asociado al huanglongbing, durante el cual se han efectuado dos aspersiones regionales anualmente que estuvieron basadas en los insecticidas imidacloprid+betaciflutrina, y aceite mineral (2013); aceite mineral (2014); imidacloprid (2015); abamectina, e imidacloprid+aceite mineral (2016) (información proporcionada por SENASICA). Para determinar el impacto de lo anterior en poblaciones de *D. citri*, los estudios se desarrollan en 10 huertas citrícolas participantes en el ARCO de General Terán, N.L., y en dos más fuera de su área de influencia consideradas como testigos de referencia; las huertas están ubicados en los municipios de Gral. Terán, y Montemorelos, N.L., Méx. De éstas tres son de plantas jóvenes de naranja Valencia, una de Marrs y una de mandarina Tango; dos huertas son de árboles adultos de naranja Valencia, dos de toronja Rio Red, una de limón italiano Eureka y

los testigos son de naranja Valencia. Para la evaluación del impacto de las aspersiones regionales de insecticidas en ARCOs, se realizan semanalmente muestreos para definir la densidad y dinámica poblacional del PAC, además de la infestación de la plaga en la brotación vegetativa de los árboles en los huertos seleccionados. Se contabilizaron adultos de *D. citri* y con la ayuda de una lupa entomológica de 20X se registraron ninfas chicas (ninfas de primero a tercer instar) y ninfas grandes (de cuarto a quinto instar), en un brote tierno por árbol en 30 árboles, distribuidos por el margen de la huerta (en la parte sureste de la misma) y dos hileras de cinco árboles ubicadas en las líneas 7 y 15 de dicho lado del huerto. Los árboles fueron seleccionados en forma alternada, con un árbol de separación entre ellos. Los brotes tiernos de 2 a 5 cm de longitud se tomaron en el lado sur de cada árbol muestreado. Antes de tocar el brote tierno a inspeccionar se cuantificaron adultos presentes y posteriormente se procedió a contabilizar y registrar ninfas chicas, y grandes. En cada uno de éstos árboles también se colocaron trampas pegajosas para la captura de adultos de *D. citri*. Estas fueron instaladas entre 1.5-2.0 m de altura con respecto al suelo, en el lado sur o libre de la copa del árbol. Las trampas son de cartón plastificado, rectangulares de tamaño 15 x 22 cm y con la coloración del patrón INIFAP que simula un moteado verde-amarillento. Después de la instalación se descubrieron los dos lados de la trampa; cada una de éstas fue revisada semanalmente para contabilizar especímenes capturados. Todas las trampas fueron removidas dos semanas después de su instalación y fueron reemplazadas por nuevas. Los datos obtenidos a través de los diferentes métodos de muestreo fueron analizados para determinar estadísticas descriptivas y son presentados gráficamente con intervalos de confianza al 95% de probabilidad.

Resultados y Discusión

Al igual que en años anteriores, fue difícil percibir los efectos de la aspersión general de insecticidas en el ARCO establecido, en el presente año 2017 también se ha observado lo anterior (Figura 1A), abundancia del insecto mayor a la existente en huertas fuera del ARCO; sin embargo, al analizar la posible causa de lo anterior --la diversidad de especies y variedades cultivadas, y manejo--, el diseño del estudio en marcha permitió separar las huertas por edad (Figuras 1B, y 2). Con lo anterior fue posible observar que en donde existen árboles adultos o maduros se presentan poblaciones reducidas del vector que mostraron intervalos de confianza para la media diferentes a los existentes en los huertos fuera de la estrategia de aspersiones generalizadas en el ARCO; incluso dichas densidades poblacionales son menores al umbral de intervención utilizado en América (0.2 insectos) (Monzo et al., 2015; Monzo y Stansly, 2017).

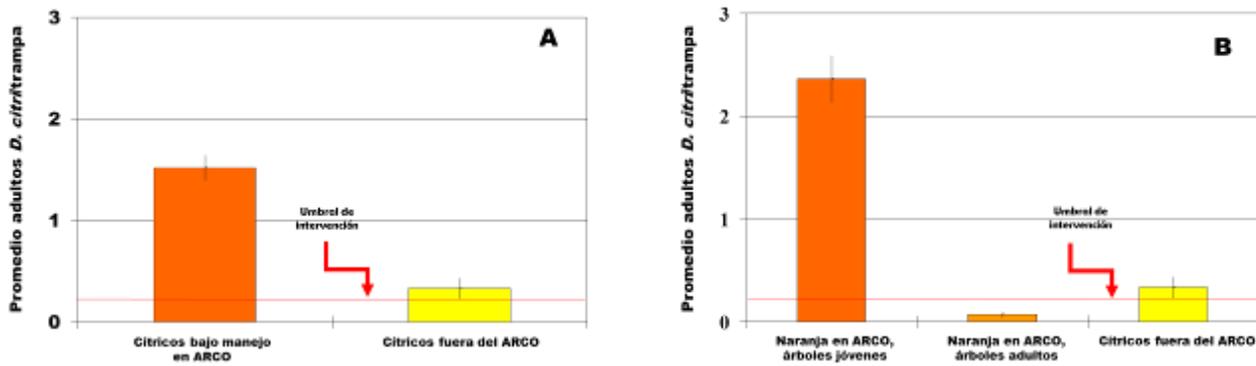


Figura 1. **A.** Abundancia poblacional de *Diaphorina citri* en huertos de cítricos bajo manejo en el ARCO General Terán, y fuera del área de control. **B.** Abundancia poblacional de *D. citri* en árboles jóvenes y adultos de naranja Valencia bajo manejo en el ARCO, y fuera del área de control. General Terán, Nuevo León (2017).

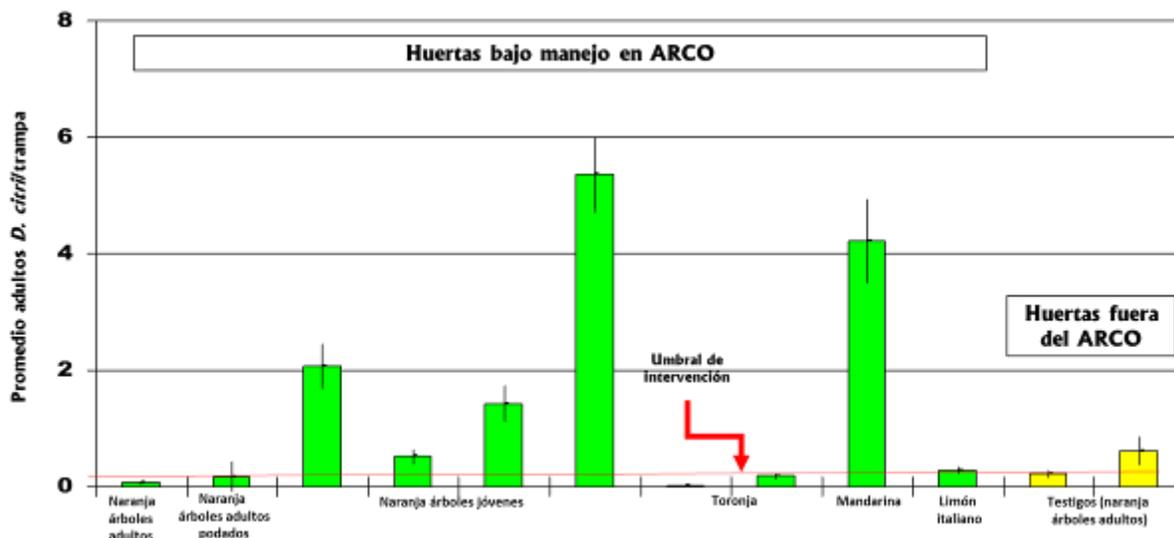


Figura 2. Abundancia poblacional de *Diaphorina citri* en huertos de cítricos bajo manejo en el ARCO General Terán, y fuera del área de control. General Terán, Nuevo León (2017).

En las Figuras 2 y 3, también se observa lo anterior, y resalta el efecto en los árboles adultos de naranja Valencia (Figura 3), en cuya huerta se registró presencia mínima del insecto e incluso es difícil notar que superen al umbral observado. Esta abundancia contrasta con la existente en estudios previos en el mismo huerto, ya que en el período de 2008-2011 se presentaba abundancia alta del insecto hasta tener registros promedios de 2-4 insectos por trampa (López et al., 2011).

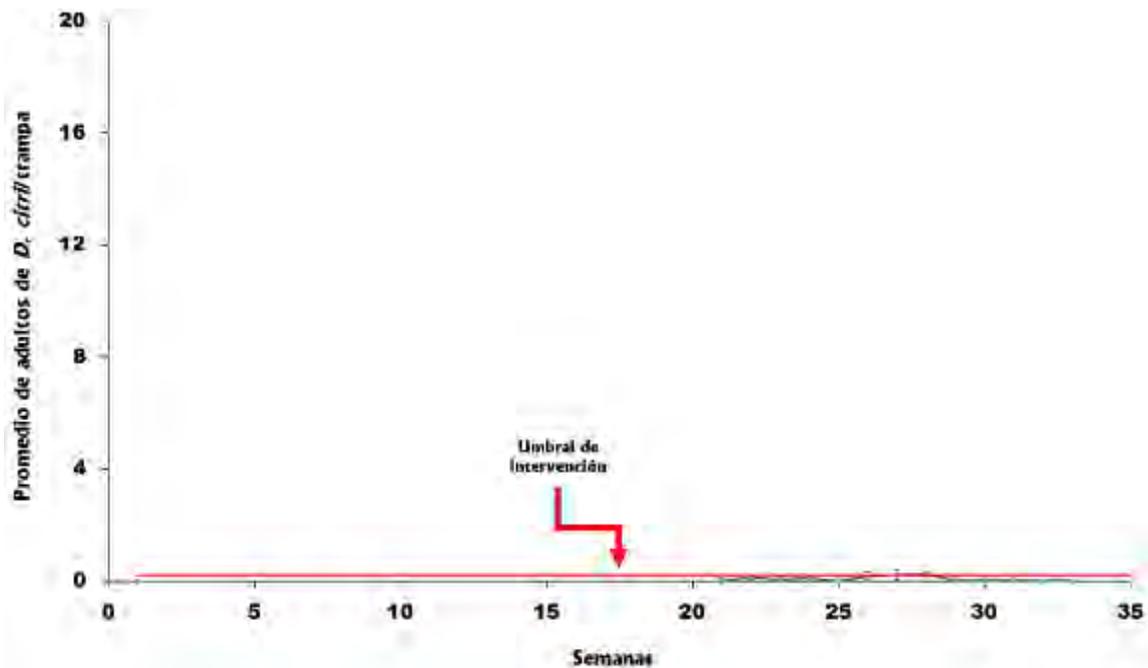


Figura 3. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri*, el psílido asiático de los cítricos en árboles jóvenes de toronja Rio Red (5 años) en el ARCO General Terán, en el estado de Nuevo León (2017).

En la Figura 4 se muestra el desarrollo temporal de las poblaciones en árboles jóvenes de mandarina los cuales contaban con un año de edad; en éstos resalta la densidad poblacional alcanzada por *D. citri* y en los cuales es notable la abundancia del insecto con máximos de hasta 18 adultos/trampa, cantidad que se mantiene similar a los registros en el período 2008-2011 (López et al., 2011). En contraste, en naranja Valencia, toronja y limón italiano se registraron también mínimos poblacionales (Figuras 2 y 3), los cuales es posible que estén asociados al manejo particular de dichos huertos. Lo anterior fue estimado con el uso de trampas pegajosas; en el método de muestreo de revisión directa de brotes vegetativos (Cuadro 1), el 50% de las huertas bajo el ARCO mostraron una declinación en el número de ninfas chicas a grandes, y un 70% de ellas registraron un promedio de adultos de *D. citri* menor al umbral de 0.2 especímenes (Monzo et al., 2015; Monzo y Stansly, 2017), el cual fue superado en las dos huertas consideradas como testigos de referencia (Cuadro 1). Dichos decrementos en abundancia de ninfas y adultos, posiblemente estuvieron asociados a factores como la actividad de enemigos naturales, ya que, en las fechas de estudio, los huertos carecieron de la aplicación de control químico de plagas.

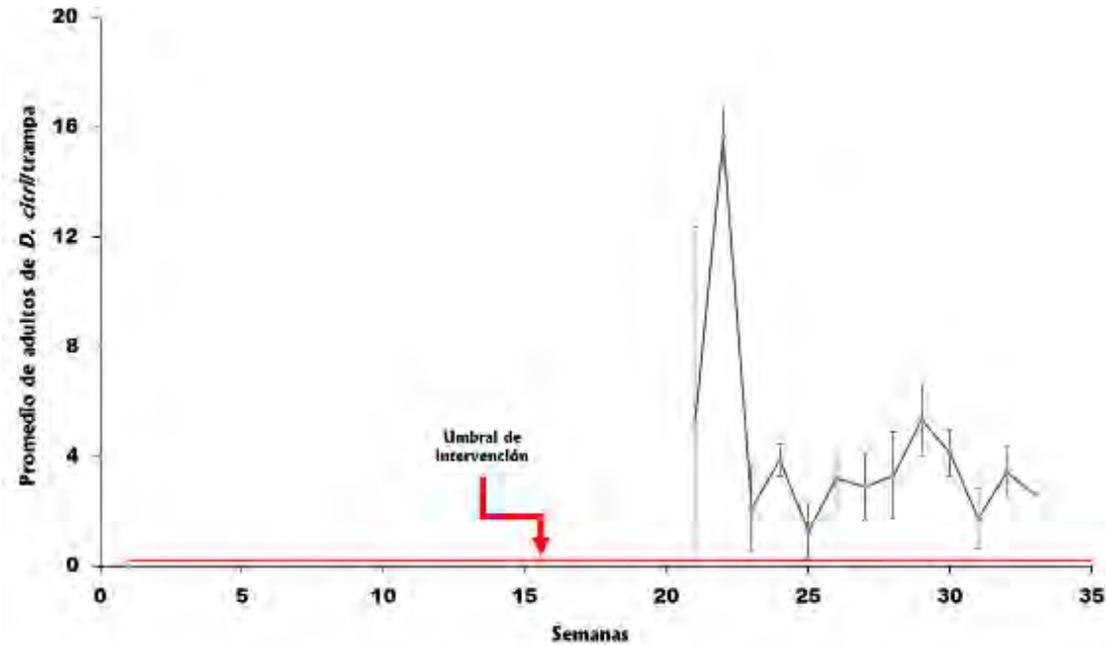


Figura 4. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri*, el psílido asiático de los cítricos en árboles jóvenes de mandarina (1 año) en el ARCO General Terán, en el estado de Nuevo León (2017).

Cuadro 1. Abundancia de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* en las huertas de cítricos bajo manejo en el ARCO y fuera de éste.

Promedio \pm Intervalo de confianza al 95% (n=30)				
Huerta	Especie	Especímenes de <i>D. citri</i> /brote vegetativo		
		Ninfas chicas	Ninfas grandes	Adultos
Manejo dentro del ARCO				
La Palma	Naranja joven	0.44 \pm 0.25	0.35 \pm 0.28	0.55 \pm 0.23
Santo Tomás 3	Naranja joven	1.46 \pm 0.59	0.32 \pm 0.16	0.18 \pm 0.06
Laureles de la cabaña	Naranja joven	0.68 \pm 0.63	0.84 \pm 0.72	0.01 \pm 0.01
De Rosa	Naranja joven	0.62 \pm 0.58	1.30 \pm 0.49	0.14 \pm 0.06
CEGET	Naranja adulta	0.03 \pm 0.04	0.06 \pm 0.10	0.02 \pm 0.01
Santo Tomás 1	Naranja adulta	0.73 \pm 0.54	0.15 \pm 0.15	1.05 \pm 0.15
Don Mario	Toronja	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	0.10 \pm 0.03
María Auxiliadora	Toronja	1.49 \pm 0.99	0.73 \pm 0.53	0.12 \pm 0.05
Santo Tomás 2	Mandarina	1.67 \pm 0.35	2.07 \pm 0.96	0.64 \pm 0.12
Soledad de la Mora	Limón italiano	1.69 \pm 0.69	0.23 \pm 0.12	0.00 \pm 0.00
Manejo fuera del ARCO				
La Isca	Naranja adulta	0.25 \pm 0.20	0.47 \pm 0.32	0.33 \pm 0.16
Las Parcelas	Naranja adulta	0.76 \pm 0.47	0.87 \pm 0.85	1.42 \pm 0.29

Datos de monitoreo del 23-05-17 al 23-08-17.

Conclusiones

En forma preliminar se ha observado que las aspersiones regionales de insecticidas bajo la estrategia ARCOs, han afectado notoriamente poblaciones de *D. citri* en huertos con árboles maduros de cítricos en producción; mientras que, en forma diferencial, se mantienen infestaciones altas en huertas con plantas jóvenes, para lo cual se sugiere replantear una estrategia para su manejo.

Agradecimientos

Al SENASICA-DGSV, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas, y al INIFAP por la información y los recursos otorgados para realizar el estudio. A los auxiliares de campo por la ayuda en la obtención de la información en los diferentes experimentos.

Literatura Citada

Bassanezi, R.B. 2012. Epidemiology of Huanglongbing in Citrus. IV Simposio Nacional y III Internacional sobre Bacterias Fitopatógenas. Guadalajara, Jalisco, México.

Bassanezi, R. B., L.H. Montesino, N. Gimenes F., P.T. Yamamoto, T.R. Gottwald, L. Amorim, and A. Bergamin Filho. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. *Plant Dis.* 97:789-796.

Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88:7-37.

Cortéz, M. E; J. Loera G., L. Hernández F., J. Barrera G., A. Fontes P., U. Díaz Z. et al. 2013. Manual para el uso de insecticidas convencionales y alternativos en el manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos, en México. Folleto Técnico No. 36. INIFAP.

da Graca, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29:109-136.

da Graca, J. V. and L. Korsten. 2004. Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies, pp. 229-245. In: S.A.M.H. Naqvi (ed.) *Diseases of fruits and vegetables*, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

Flores, S. J. L., G. Mora A., E. Loeza K., J. I. López A., M. A. Gutiérrez E., J. J. Velázquez M. et al. 2017. Diffusion model for describing the regional spread Huanglongbing from first-reported outbreaks and basing an area-wide disease management strategy. *Plant Disease* 101:1119-1127.

Halbert, S. E. and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Fla. Entomol.* 87(3):401-402.

López, A. J. I., U. Díaz Z., L. M. Hernández F., E. Cortez M., M. M. Robles G., J. A. Villanueva J. et al. 2010. Control químico del psílido asiático de los cítricos en México: selección de insecticidas y épocas de aplicación, pp. 449-461. In: J.I. López-Arroyo y V.W. González-Lauck (Comp.) *Memorias del Primer Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México.* SAGARPA, CONACYT, INIFAP, SENASICA. 8-9 diciembre de 2010. Monterrey, N.L., México. ISBN 978-607-425-472-3. 478 p.

López, A. J. I., M. A. Reyes R., E. Cortez M., R. Torres A., G. Díaz P. y J. Loera G. 2011. Respuesta poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) a factores físicos catastróficos. Implicaciones para el manejo regional, pp. 64. In: López Arroyo, J.I., González Lauck, V.W. (Comp.). 2° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, Montecillo, Edo. de México, México, 5 y 6 de diciembre, 2011. Centro Regional de Investigación del Noreste (CIRNE), Campo Experimental General Terán. CD-ROM. Memoria Científica. ISBN 978-607-425-680-2. 424 p.

Monzo, C., H. A. Arevalo, M. M. Jones, P. Vanaclocha, S. D. Croxton, J. A. Qureshi, and P. A. Stansly. 2015. Sampling methods for detection and monitoring of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Environ. Entomol.* 44(3):780-788.

Monzo, C., and P. A. Stansly. 2017. Economic injury levels for Asian citrus psyllid control in process oranges from mature trees with high incidence of huanglongbing. *PLoS ONE* 12(4): e0175333.

Mora, A. G., P. Robles, R. González, J. Flores, G. Acevedo y S. Domínguez. 2013. Criterios epidemiológicos para priorizar zonas de establecimiento de ARCOS. In: *Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal.* México, D.F. 16-19 abril 2013. SENASICA. México.

Mora, A. G., P. Robles G., J. I. López A., J. Flores S., G. Acevedo S., S. Domínguez M. et al. 2014. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Rev. Mex. Fitopatología* 32(2):108-119.

National Research Council. 2010. *Strategic planning for the Florida citrus industry: Addressing citrus greening disease.* Washington, DC: The National Academies Press.

Stansly, P. A., H. A. Arevalo, J. A. Qureshi, M. M. Jones, K. Hendricks, P. D. Roberts et al. 2013. Vector control and foliar nutrition to maintain economic sustainability of bearing citrus in Florida groves affected by huanglongbing. *Pest Management Science.* DOI 10.1002/ps.3577.

Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático

Año 1, Núm. 1, noviembre de 2017

CRÉDITOS EDITORIALES

COORDINADORES GENERALES

M.C. Sergio Alberto Curti Díaz

Dr. Julio César Vinay Vadillo

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Marcos Ventura Vázquez Hernández, M.C. Oscar Hugo Tosquy Valle, Dr. Valentín A. Esqueda Esquivel, Dr. Ángel Ríos Utrera, Dr. Rigoberto Zetina Lezama, Dr. Juan P. Zárate Martínez, Dr. Javier F. Enríquez Quiroz, Dra. Ana Lid del Ángel Pérez, Dra. Martha E. Fuentes López, Dr. Juan C. Tamarit Urias, Dr. José A. Honorato Salazar, M.C. Melchor Rodríguez Acosta, Mtra. Claudia Perdomo Montes, M.C. Jorge V. Rosete Fernández, M.C. Roberto Omar Castañeda Arriola, Dr. Joaquín Murguía González, M.C. David Rosas Calleja, Dr. Hipólito Ortiz Laurel, Dr. Otto Leyva Ovalle, Dr. Pablo Andrés Meza, Dr. Braulio Valles de la Mora†, M.C. José Antonio Torres Rivera, Dra. Ma. del Carmen Álvarez Ávila, Dra. Katia A. Figueroa Rodríguez, Dr. Luis Antonio López Escobar, Dr. Juan Díaz Vela, Dra. Jacel Adame García, Dr. José Orlando Rojas, Dr. Oscar Andrés del Ángel Coronel, Dra. Liliana Armida Alcudia, Dr. Cesáreo Landeros Sánchez, Dr. Rafael A. Muñoz Márquez Trujillo, Dr. Carlos Olgún Palacios†, Dr. Francisco Hernández Rosas, Dra. Verónica Lango Reynoso y Dra. Itzel Galaviz Villa.

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Sergio Uribe Gómez, Dr. Francisco Javier Ibarra Pérez, Dr. Francisco Osorio Acosta, Dra. Ma. de Jesús Martínez Hernández, Dr. Juan P. Zárate Martínez, Dra. Ana Lid del Ángel Pérez, Dr. Ángel Ríos Utrera, M.C. Oscar Hugo Tosquy Valle, Dr. Valentín A. Esqueda Esquivel, Dr. Marcos Ventura Vázquez Hernández, M.C. Antonio Torres Rivera, Dr. Jesús Jarillo Rodríguez, Dra. Olga Santiago Trinidad, Dr. Carlos R. Monroy Rivera, M.C. Guillermo Rodríguez Rivas, Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola, Dra. María del Refugio Castañeda Chávez, Dr. José de Jesús Montoya Mendoza, Dra. Fabiola Lango Reynoso, Dra. María del Carmen Álvarez Ávila, Dr. Felipe Gallardo López, Dr. Jaime Rangel Quintos, Ing. Francisco J. Ugalde Acosta, Dr. Pablo Andrés Meza, M.C. Carmen Aridai Hernández Estrada, Dra. Nadia

Sánchez Coello, Dr. Oscar Andrés del Ángel Coronel, Dr. Luis Antonio López Escobar, Dra. Jacel Adame García, Dr. Mario Ramírez Lepe, Dra. Liliana Armida Alcudia, Dr. Cesáreo Landeros Sánchez.

COMITÉ TÉCNICO EVALUADOR

Abraham Fragoso Islas, Adán Cabal Prieto, Adán Guillermo Ramírez García, Adrián Juárez López, Adrián Sánchez Gómez, Adriana Elena Rivera Meza, Agustín Fernández Salas, Aixchel Maya Martínez, Alberto Asiain Hoyos, Alejandra Ramírez Martínez, Alejandra Soto Estrada, Alejandra Vélez Izquierdo, Alejandro Salinas Castro, Alma Yadira Martínez Rendón, Álvaro Enrique de Jesús Peniche Cardeña, Ana Isabel Suárez Guerrero, Ana Laura López Escamilla, Ana Lid del Ángel Pérez, Andrés Rebolledo Martínez, Andrés Vásquez Hernández, Ángel Juárez Zárate, Ángel Morán Silva, Ángel Ríos Utrera, Antonio Hernández Beltrán, Armando Guerrero Peña, Arturo Durán Prado, Arturo García Saldaña, Arturo Pérez Vázquez, Benigno Rodríguez Padrón, Benjamín Fuente Martínez, Bernardo Beristaín Ruiz, Braulio Valles de La Mora†, Carlos A. Tinoco Alfaro, Carlos Fernández Gómez, Carlos G. García García, Carlos Nahín Castro José, Carlos Olgún Palacios†, Carlos R. Monroy Rivera, Carlos Ramón Bautista Garfias, Carmen Aridai Hernández Estrada, Celia Cecilia Acosta Hernández, César Gabriel Meiners Mandujano, César Josué Chiquito Contreras, César Viveros Colorado, Cesáreo Landeros Sánchez, Claudia Lorena Fernández López, Cristina Elizabeth Zúñiga Castañeda, Cynthia Cruz Carrasco, Daniel Alejandro Lara Rodríguez, Daniel Arturo Rodríguez Lagunes, David I. Martínez Herrera, Diego Estaban Platas Rosado, Doris Guadalupe Castillo Rocha, Dulce Ma. Murrieta Hernández, Edgar Guevara Avendaño, Edith Hernández Nataren, Edna Elena Suárez Patlán, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar, Elías Ortiz Cervantes, Eliseo García Pérez, Elizabeth León García, Elke Von Son De Fernex, Elvia López Pérez, Enrique Noé Becerra Leor, Enriqueta López Vázquez, Epigmenio Castillo Gallegos, Érika María Gasperín García, Ernestina Paz Gamboa, Ernesto López Salinas, Esteban Escamilla Prado, Esteban Valtierra Pacheco, Eusebio Ortega Jiménez, Ezequiel Arvizu Barrón, Fabiola Lango Reynoso, Felipe Gallardo López, Felipe Roberto Flores de La Rosa, Felipe Rodríguez Almeida, Félix David Murillo Cuevas, Fernando Arturo Gómez Díaz, Fernando Hernández Baz, Francisco Alejandro Castrejón Pineda, Francisco Indalecio Juárez Lagunes, Francisco Javier Ibarra Pérez, Francisco Javier Ugalde Acosta, Francisco Osorio Acosta, Francisco Xavier Pérez Vásquez, Fredy Morales Trejo, Gabriel Díaz Padilla, Gabycarmen Navarrete Rodríguez, Gerardo Alvarado Castillo, Gerardo B. Torres Cantú, Gerardo Montiel Vicencio, Gerónimo Quiñonez Barraza, Gilber Vela Gutiérrez, Guillermo Rodríguez Rivas, Gustavo C. Ortiz Ceballos, Héctor Cabrera Mireles, Héctor Viveros Viveros, Humberto González Ríos, Isaac Meneses Márquez, Isabel Alemán Chávez, Isaías López Guerrero, Isalia Morales Palacios, Isidro Fernández González, Itzel Galaviz Villa, Ivette Rubio Gutiérrez, J. Cruz García Albarado, Jacel Adame García, Jaime Negrín Ruiz, Jaime Rangel Quintos, Javier de La Cruz Medina, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Jeremías Nataren Velázquez, Jesús Herrera Alarcón, Jesús Jácome Rincón, Jesús Jarillo Rodríguez, Jesús

Montoya Mendoza, Jesús Uresti Gil, Joaquín Murguía González, Joel Velasco Velasco, Jorge Ariel Vivas Rodríguez, Jorge Eduardo Vieyra Durán, Jorge Gustavo Rodríguez Escobar, Jorge López Collado, Jorge Ricaño Rodríguez, Josafat Alberto Hernández Becerra, José Abraham Obrador Sánchez, José Amador Honorato Salazar, José Antonio Fernández Viveros, José Antonio Serrano Casillas, José Antonio Torres Rivera, José Armando Partida de La Peña, José Francisco Morales Álvarez, José López Collado, José Luis Martínez Rodríguez, José Orlando Rojas Reyes, José Villarreal Escalón, Juan Alba Landa, Juan Carlos Moreno Seceña, Juan Carlos Tamarit Urías, Juan Díaz Vela, Juan Guillermo Cruz Castillo, Juan José Baeza Rodríguez, Juan José Vargas Magaña, Juan Lorenzo Reta Mendiola, Juan Manuel Hernández Pérez, Juan Manuel Padilla Flores, Juan Manuel Pinos Rodríguez, Juan P. Zárate Martínez, Juan Valente Megchún García, Juan Antonio Villanueva Jiménez, Julián Tapia Herrera, Julio Vicente Figueroa Millán, Karina Patricia Bañuelos Hernández, Katia Angélica Figueroa Rodríguez, Laura Patricia Olgún Santos, Laureano Rebolledo Martínez, Lázaro Gabriel Trujillo Juárez, Lilia del Carmen Mendizábal Hernández, Liliana Armida Alcudia, Liliana Lara Capistrán, Luis Alberto Lara Pérez, Luis Antonio López Escobar, Luis Corona Gochi, Luis G. Hernández Montiel, Magdalena Jiménez Hernández, Manuel Alejandro Vargas Ortiz, Manuel Villarruel Fuentes, Marco Tulio Solano de la Cruz, María Ariadna Escalante Rebolledo, María de Jesús Martínez Hernández, María de Lourdes Villarruel López, María del Carmen Álvarez Ávila, María del Carmen Núñez Camargo, María del Refugio Castañeda Chávez, María Elena Galindo Tovar, María Margarita González de La Tijera, Mariano Morales Guerra, Maribel Montero Lagunes, Mario Garduño Lugo, Martha Elena Fuentes López, Martha Elena Nava Tablada, Mauricio Luna Rodríguez, Maurilio Mendoza Mexicano, Mauro Sierra Macías, Melchor Rodríguez Acosta, Miguel Ángel Alonso Díaz, Miguel Arcángel Rodríguez Chessani, Miguel Cebada Merino, Mónica Vargas Mendoza, Nadia Guadalupe Sánchez Coello, Nancy Domínguez González, Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez, Noemí Nava Valente, Numa Pompilio González Castro, Octavio Ruíz Rosado, Odette Pérez Izquierdo, Olga Santiago Trinidad, Olivia Márquez Fernández, Oscar Andrés del Ángel Coronel, Otto Raúl Leyva Ovalle, Pablo Andrés Meza, Pablo Díaz Rivera, Patricia Rivas Valencia, Pedro Cisneros Sanguilán, Pedro Zetina Córdoba, Ponciano Hernández Pérez, Rafael Arturo Muñoz Márquez Trujillo, Régulo Carlos Llarena Hernández, Remedios Hernández Martínez, René C. Calderón Robles, Ricardo García Barojas, Ricardo Serna Lagunes, Rigoberto Zetina Lezama, Roberto Gregorio Chiquito Contreras, Roberto Omar Castañeda Arriola, Rogelio Miranda Marini, Romeo Ruiz Bello, Rómulo Chávez Morales, Rosa Amelia Pedraza Pérez, Rosa Laura Rebolledo García, Rosalía Núñez Pastrana, Rosalío López Morgado, Rubén Loeza Limón, Rutilo López López, Salomón López Serrano, Salvador Partida Sedas, Sandra Luz Hernández Valladolid, Sara Márquez Bueno Galván, Sara Olazarán Jenkins, Saúl Castañeda Díaz, Sergio M. Jácome Maldonado, Sergio Muñoz Melgarejo, Sergio Orozco Cirilo, Sergio Uribe Gómez, Silvia Devars Ramos, Sorelly Ramírez Romero, Teresa Aguas Rendón, Teresa Romero Cortes, Thalia I. Ramírez Reyes, Valentín A. Esqueda Esquivel, Vania Cruz Palacios, Verónica Lango Reynoso, Vianey del Rocío Torres Pelayo, Vicente E. Vega Murillo, Vicente Sánchez Monsalvo, Víctor Hugo Cruz Escalona, Víctor Manuel Cisneros Solano, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Virginia Rebolledo

Camacho, Wendy Sangabriel Conde, Xóchitl Rosas González, Yadeneyro de La Cruz Elizondo, Zoylo Morales Romero y Zulema Guadalupe Huicab Pech.

COMITÉ DEL III CONGRESO DE MEXICANO DE INVESTIGACIÓN EN CÍTRICOS 2017

PRESIDENTE: M.C. Sergio Alberto Curti Díaz.

REVISORES TÉCNICOS: Dr. Ángel Villegas Monter, M.C. Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, M.C. Sergio Alberto Curti Díaz, M.C. Reyna Xochitl Loredo Salazar, M.C. Rogelio Miranda Marini, M.G. Rafael Alberto Guajardo Panes, Dr. Juan A. Villanueva Jiménez, Dr. Víctor Manuel Medina Urrutia, M.C. Gerardo Montiel Vicencio, M.C. Juan Eutiquio Padrón Chávez, M.C. Juan Jasso Argumedo, Dra. Lochy Batista Le Riverend, Dr. Edgardo Cortez Mondaca, M.C. Ulises Asrrael Díaz Zorrilla.

COMITÉ EVALUADOR DE CARTELES

Dr. Héctor Cabrera Mireles
Dr. Rigoberto Zetina Lezama
Dr. Isaac Meneses Márquez
M.C. Carmen Aridai Hernández Estrada
Ing. Maurilio Mendoza Mexicano

COMPILADORES

Dr. Julio César Vinay Vadillo
Dr. Valentín Alberto Esqueda Esquivel
M.C. Oscar Hugo Tosquy Valle
Dr. Ángel Ríos Utrera
Mtra. Claudia Perdomo Montes
Dr. Marcos Ventura Vázquez Hernández

FORMACIÓN Y DISEÑO

Mtra. Claudia Perdomo Montes
Dr. Marcos Ventura Vázquez Hernández
C. David Emilio Perdomo Montes



Avances en Investigación
Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuicola,
Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología,
Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio Climático

