



Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria

UJAT



Villahermosa, Tabasco, México.

Editores:
Jorge Martínez Herrera
Miguel Ángel Ramírez Guillermo
Julio Cámara-Córdova

10 de noviembre de 2016.

Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria

C O L E C C I Ó N
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópica Húmedo

Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria

Editores:

Jorge Martínez Herrera
Miguel Ángel Ramírez Guillermo
Julio Cámara-Córdova



**Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco**



**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

C.D. Arturo Díaz Saldaña
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M.A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Marina Moreno Tejero
Secretaria de Finanzas

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Luis Fernando Flores Lui
Director General

Dr. Raúl Gerardo Obando Rodríguez
Coord. de Investigación, Innovación y Vinculación

M.C. Jorge Fajardo Guel
Coord. de Planeación y Desarrollo

Mtro. Eduardo Francisco Berterame Barquin
Coord. de Administración y Sistemas

M.C. Sergio Alberto Curti Díaz
Director Regional del
Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria / editores: Jorge Martínez Herrera, Miguel Ángel Ramírez Guillermo, Julio Cámara-Córdova; prólogo C. Hernández Reyez. -- Primera edición. -- Villahermosa, Tabasco : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco : Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2016.

XVII, 564 páginas : Ilustraciones. -- (Colección: José N. Rovirosa. Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo).

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo e índice.

ISBN en trámite.

1. Agricultura – Ganadería – Manejo y Conservación de Recursos Naturales. I. Martínez Herrera, Jorge, editor. II. Ramírez Guillermo, Miguel Ángel, editor. III. Cámara-Córdova, Julio, editor. IV. Carlos Hernández Reyez, prologuista

L.C. TP368 I56 2016

Elaboró: Esmeralda Cobos Jiménez

Primera edición, 2016

D. R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura
Col. Magisterial, C. P. 86040
Villahermosa, Centro, Tabasco.
www.ujat.mx

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas, así como por el Consejo Divisional Editorial de Ciencias Agropecuarias de la UJAT. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la UJAT, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la UJAT los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la UJAT fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.

ISBN: En trámite

Revisión de la edición: Jorge Martínez H., Miguel A. Ramírez G. y Bertha Mejía J.

Responsable de la edición: Julio Cámara Córdova.

Diseño de portada: Oficinas Centrales INIFAP.

Compilado y hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

CONTENIDO

PRÓLOGO. Hernández Reyez C	i
RECONOCIMIENTOS	lii
INSTITUCIONES PROMOVENTES DEL LIBRO	iv
ÍNDICE DE AUTORES	viii

Sección Primera: Cultivos Anuales 1

DÉFICIT HÍDRICO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ. Villalobos González A, López Castañeda C, López Hernández MB, Medina Méndez J	2
ACUMULACIÓN DE BIOMASA, CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA Y ALCALOIDES TOTALES EN CHIPILÍN DURANTE SU CRECIMIENTO. Pérez-Cornelio BA, Lagunes-Espinoza LC, Villarreal-Ibarra EC, Bolio GI, Bolaños-Aguilar ED, Hernández-Villegas M	9
VIVERO DE ADAPTACIÓN Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO. Rodríguez Rodríguez JR, Ibarra Pérez FJ, Tosquy Valle OH y López Salinas E	14
RENDIMIENTO Y REACCIÓN A LA MUSTIA HILACHOSA DE GENOTIPOS DE FRIJOL EN EL NORTE DE VERACRUZ. Rodríguez Rodríguez JR, Tosquy Valle OH y López Salinas E	19
RENDIMIENTO DE MAÍZ H-520 CON DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACIÓN EN YUCATÁN, MÉXICO. Tun Dzul JC	24
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO DE CHIAPAS. Martínez-Sánchez J, Espinosa Paz N	28
ENSAYOS DE RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO EN EL ESTADO DE CAMPECHE. Hernández Pérez Mirna, Soto Rocha J. M, Medina Méndez J, Villalobos González A	35
RESPUESTA DEL CACAHUATE (<i>Arachis hypogaea</i>) A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN CHIAPAS, MÉXICO. Cruz Chávez FJ, Gómez Hernández VP, Garrido Ramírez ER	42
CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO Y NIVEL DE NITRÓGENO EN MAÍCES CRIOLLOS E HÍBRIDOS. Villalobos González A, López Castañeda C, López Hernández MB, Miranda Colín S, Medina Méndez J, Aguilar Rincón VH	46
VARIEDADES DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> L. (MOENCH)) DULCE PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL CULTIVADAS EN CHIAPAS. Espinosa Paz N, Montes García N, Ariza Flores R, Martínez Sánchez J	53
CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE VARIEDADES DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> L. (MOENCH)) DULCE CULTIVADAS EN CHIAPAS. Espinosa Paz N, Montes García N, Ariza Flores R, Martínez Sánchez J	57
EVALUACIÓN DE CINCO HÍBRIDOS DE SORGO EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO. Barrón Freyre S	61
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE MAÍZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN LA CHONTALPA, TABASCO. Barrón Freyre S, Rodríguez Montalvo FA	66

RENDIMIENTO DE GRANO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE SORGO EN CONDICIONES DE TEMPORAL. Hernández Pérez M, Villalobos González A, Medina Méndez J, Soto Rocha J, Orona Castro F	72
RENDIMIENTO E ÍNDICE DE COSECHA EN MAÍZ DE RIEGO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA EN LUVISOL RÓDICO DE YUCATÁN. Ramírez Silva JH, Tun Dzul JdelaC, Cano González A	78
LOS BIOFERTILIZANTES COMO TECNOLOGÍA POTENCIAL PARA ELEVAR LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) EN VERACRUZ, MÉXICO. Durán Prado A, Vásquez Hernández A, Meneses Márquez I, Aguirre Medina JF	83
BIOFERTILIZACIÓN: TECNOLOGÍA SUSTENTABLE PARA EL CULTIVO DE SORGO [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) MOENCH] EN EL CENTRO DE VERACRUZ. Durán Prado A, Vásquez Hernández A, Meneses Márquez I, Aguado Santacruz GA, Uribe Gómez S	90
EVALUACIÓN DE ENCAPSULADO DE GRANO DE MAÍZ CON DOSIS DE FERTILIZANTE EN LA MESETA COMITECA, CHIAPAS, MÉXICO. López Martínez J, Villar Sánchez B, Camas Gómez R, Reynoso Santos R, Cruz Chávez FJ, Grajales Solís M	95
USO DE DRONES EN LA AGRICULTURA: PRUEBA PILOTO EN EL SITIO EXPERIMENTAL UXMAL, YUCATÁN. Aguilar Duarte Y, Gijón Yescas G, Cano González A, Ramírez J, Ramírez G	100
MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO ASIMILABLE EN SUELOS DEDICADOS A COCOTERO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO. Ramírez Silva JH, Aguilar Duarte Y, Ramírez Jaramillo G, Oropeza Salím C, Cano González A	106
AVANCE ESPERADO PARA SELECCIÓN POR SINCRONÍA FLORAL EN MAÍZ PARA ADAPTACIÓN A CAMBIO CLIMÁTICO. Ramírez Mandujano CA, González Cortés JC, Granados García ME	112
ASOCIACIÓN GENÉTICA ENTRE CARACTERES DE PLÁNTULA EN INVERNADERO Y DE PLANTA EN CAMPO EN MAÍZ. Eduardo Damián García Martínez, Ramírez Mandujano CA, González Cortés JC, Granados García ME	116
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FITOQUÍMICO DE LOS FRUTOS Y SEMILLAS DE <i>Guazuma ulmifolia</i> . Alatorre Orozco KM, Jiménez Martínez C, Bautista Ramírez ME, Gómez y Gómez Y, Corzo Ríos LJ	120
CALIDAD DE GRANO Y FORRAJE EN NUEVOS HÍBRIDOS TROPICALES DE MAÍZ. Rodríguez Montalvo FA, Andrés Meza P, Sierra Macías M, Palafox Caballero A, Leyva Ovalle OR, Espinosa Calderón A, Tadeo Robledo M, Vázquez Carrillo MG, López Romero G, Pedro Zetina-Córdoba, Apolinar Hidalgo V	125
PRODUCCIÓN DE HUITLACOCHÉ <i>Ustilago maydis</i> (D.C.) CORDA, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN CINCO GENOTIPOS DE MAÍZ. Meza PA, García Martínez A, Sierra Macías M, Leyva Ovalle OR, Llaena Hernández RC, Barney Guillermo H, Rodríguez Montalvo FA, Palafox Caballero A, Espinosa Calderón A, Tadeo Robledo M, Vázquez Carrillo MG, Zetina- Córdoba P	132
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE ARROZ EN LA REGIÓN TROPICAL HÚMEDA DE MÉXICO. Jiménez Chong JA, Esqueda Esquivel VA, Ortega A R, López López R, Orona Castro F, Tavitas Fuentes L, Hernández Aragón L	139

Sección Segunda: Cultivos de Plantación y Forestales	148
MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN DE FUSTE TOTAL EN <i>Tectona grandis</i> EN PLANTACIONES DEL SURESTE DE MÉXICO. Tamarit Urias JC	149
COMPARACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE DOS TIPOS DE SUELOS EN EL CRECIMIENTO DE BANANO. Aguilar Arpaiz JC, Zacarías Hernández RD, Díaz Ramírez JE, Ramírez Sandoval G, Sánchez Hernández LA	154
ECUACIONES ALTURA-DIÁMETRO PARA <i>Pinus pseudostrobus</i> LINDL. Hernández-Ramos J, García-Magaña JJ, Hernández-Ramos A, García-Cuevas X, García-Espinoza GG, Muñoz-Flores HJ, Sáenz-Reyes JT	159
SISTEMA COMPATIBLE DE AHUSAMIENTO-VOLUMEN COMERCIAL PARA <i>Swietenia macrophylla</i> KING EN QUINTANA ROO, MÉXICO. Hernández-Ramos J, Hernández-Ramos A, García-Cuevas X, Martínez-Ángel L, Tamarit-Urias JC, García-Espinoza GG	164
CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MARCHITEZ EN PALMA KERPIS (<i>Veitchia merrillii</i>) EN LA CHONTALPA TABASCO. Sumano López D; Vidaña Adorno P; Ruiz Beltrán P; López López R; Rodríguez Cuevas M	169
PROCEDIMIENTO AGROCLIMÁTICO PARA DETERMINAR EL PERIODO ÓPTIMO DE ZAFRA. CASO: INGENIO PRESIDENTE BENITO JUÁREZ. Arguijo Portillo NV, González Arias G, Jiménez Méndez AJ, Juárez López JF, Arrieta Rivera A, Rivera Hernández B, Aceves Navarro LA	175
ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i> JACQ.), EN BASE A AL DÉFICIT HÍDRICO ANUAL. López Hernández O, Juárez López JF, Arrieta Rivera A, Rivera Hernández B, Aceves Navarro LA	180
ECUACIONES GENERALIZADAS DE ALTURA-DIÁMETRO PARA RODALES DE <i>Abies religiosa</i> (KUNTH SCHLTDL. ET CHAM.) EN TANCÍTARO, MICHOACÁN, MÉXICO. García-Cuevas X, González-Peralta A, Hernández-Ramos J, García-Magaña JJ	186
MODELOS DE EFECTOS MIXTOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE SITIO DE PLANTACIONES DE <i>Swietenia macrophylla</i> KING. EN QUINTANA ROO, MÉXICO. García-Cuevas X, Hernández-Ramos J, Tamarit-Urias JC, García Magaña JJ, Quiñonez-Barraza G	192
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Diaphorina citri</i> (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) EN LIMÓN PERSA (<i>Citrus latifolia</i> TANAKA) EN HUIMANGUILLO, TABASCO MÉXICO. Sumano López D, Arias López VH, Mendoza Mexicano M, López López R, Rodríguez Cuevas M	199
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE CHILE JALAPEÑO (<i>Capsicum annuum</i>) EN QUINTANA ROO. García Sandoval JA, Ramírez Meraz M	203
MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE <i>Pinus oocarpa</i> Y <i>Pinus pseudostrobus</i> EN CHIAPAS, MÉXICO. Reynoso Santos R, Pérez Hernández MJ, López Báez W, Reynoso Santos MD	208
EFFECTO DE LA HIDRATACIÓN PREVIA DE LA SEMILLA DE COCOTERO (<i>Cocos nucifera</i> L.) SOBRE LA GERMINACIÓN DEL CULTIVAR MALAYO ENANO AMARILLO. Cortazar Ríos M, Flórez Gómez DL	214
COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE PAPAYA PARA CONSUMO NACIONAL Y EXPORTACIÓN EN TABASCO. Mirafuentes Hernández F, Santamaría Basulto F, Vázquez Hernández M, Azpeitia Morales A, Rico Ponce H	218
HONGOS FITOPATÓGENOS IDENTIFICADOS EN <i>Jatropha curcas</i> L., VERACRUZ, MÉXICO. Quintas, Gabina S, Palacios-Wassenaar O, Soto-Estrada A, Pérez-Vázquez A, Valdés-Rodríguez O, Martínez-Herrera J	221

EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE PROGENIE DE CEDRO ROJO (<i>Cedrela odorata</i> L.) EN EL CAMPO EXPERIMENTAL "LA BANDERA" MPIO. ACTOPAN, VERACRUZ. Melchor Guzmán MR, Rodríguez Rivas G, Pérez Vásquez FX	228
CRECIMIENTO DE PLANTAS DE <i>Guadua aculeata</i> RUPR. EX FOURNIER EN VIVERO. Sánchez Monsalvo V, Ordoñez Prado C, Tamarit Urias JC, Hernández Zaragoza P, Álvarez Muñoz M	234
INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE MONILIASIS Y MANCHA NEGRA EN EL CULTIVO DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO. Hernández Gómez E, Garrido Ramírez ER, Solís Bonilla JL, Avendaño Arrazate CH, Ramírez-Guillermo MA, Nava Díaz C, Hernández Morales J	239
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE VOLÁTILES Y CARBONO FIJO EN CARBÓN DE MEZQUITE, ENCINO Y EUCALIPTO. Suárez Patlán EE, Ordoñez Prado C, Carrillo Ávila N, Fuentes López ME, Flores Velázquez R	242
COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN EL SUR DE YUCATÁN. Yerbes Vázquez JA, Santamaría Basulto F	247
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Brevipalpus</i> spp. (ACARI: TENUIPALPIDAE) EN NARANJA VALENCIA (<i>Citrus sinensis</i> OSBECK) EN TABASCO, MÉXICO. Sumano López D, Arias López VH, García Garduza D, López López R, Rodríguez Cuevas M	251
EFFECTOS DE LOS BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE JAMAICA (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.), EN LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO. Arias López VH, Sumano López D, García Garduza D, Ruiz Beltrán P, Rodríguez Cuevas M	255
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE AISLAMIENTOS DE <i>Moniliophthora roreri</i> COLECTADOS EN LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO. Ramírez-Guillermo MA, García-Ramírez LM, De los Santos Ricardez BL, Hernández Gómez E	259
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Persea schiedeana</i> NEES. Ramírez Guillermo MA, De los Santos Ricardez BL	265
CRECIMIENTO IN VITRO DE <i>Moniliophthora roreri</i> PATÓGENO DE <i>Theobroma cacao</i> L. Ramírez Guillermo MA, García Ramírez LM, De los Santos Ricardez BL, Solís Bonilla JL	271
RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS HÍBRIDAS DE COCOTERO, EN TABASCO, MÉXICO. Domínguez C E, Domínguez O SE, Domínguez O RF, Ramos R JDA	277
AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HÍBRIDOS DE CACAO TABASCOOB PARA RESISTENCIA A MONILIASIS. Azpeitia Morales A, Mora Avilés A, Mirafuentes Hernández, Peña López JL	282
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE UNA SELECCIÓN DE <i>Stevia rebaudiana</i> CRIOLLA (INIFAP-C01) ESTABLECIDA EN MUNA YUCATÁN. Moguel Ordóñez YB, Ramírez Jaramillo G, Tepal Chalé JA, Betancur Ancona DA	288
GERMINACIÓN DE SEMILLA ARTIFICIAL CP-54 DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA SIEMBRA MECANIZADA DE PRECISIÓN. Arias de la Cruz HL, Salgado García S, Córdova Sánchez S, García de la Cruz R, Ortiz Laurel H	292
CONTROL QUÍMICO DEL ÁCARO ROJO DE LAS PALMAS, <i>Raoiella indica</i> HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) EN COCOTERO HÍBRIDO. Correa-Méndez A, Osorio-Osorio R, Hernández-Hernández LU	299
RESPUESTA A ACARICIDAS DEL ÁCARO <i>Tetranychus urticae</i> DEL COGOLLO DEL PAPAYO. Rodríguez Escobar JG, Salas Reyes A	303
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE OCHO GENOTIPOS CRIOLLOS DE CACAO EN TABASCO, MÉXICO. Ramos Morales L. F, Azpeitia Morales A, Peña López JL, Abarca Córdova J	308

FERTILIZACIÓN DEL AGUACATE 'CARMEN HASS' CON KNO ₃ BAJO DOS CONDICIONES DE HUMEDAD. Guerrero Polanco F, Alejo Santiago G, Sánchez-Hernández R, Aburto González CA, Sánchez Monteon AL	315
IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO ASOCIADO CON LA MANCHA FOLIAR EN <i>Oryza sativa</i> . Ramírez-Guillermo MA, Jiménez Chong JA, López Domínguez I, García Ramírez LM, De los Santos Ricardez BL	319
EVALUACIÓN DE XUTA (<i>Jatropha curcas</i> L.) ASOCIADA CON OTROS CULTIVOS. Martínez-Herrera J, Argüello-García E, Zavala-Gasca R	324
POLÍMEROS PARA ELABORAR LA SEMILLA ARTIFICIAL CP-54 DE CAÑA DE AZÚCAR. Álvarez Sánchez GF, Salgado García S, Córdova Sánchez S, Castelán Estrada M, García de la Cruz R	329

Sección Tercera: Ganadería

NIVELES DE IgA EN CORDEROS DE PELO EN SU PRIMERA INFECCIÓN NATURAL CON NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN TABASCO. González Garduño R, Zaragoza Vera M, Zaragoza Vera C, Arjona Jiménez G, Navarro Martínez F	335
FRACCIONAMIENTO DEL EXTRACTO HIDRO-ALCOHÓLICO DE <i>Acacia cochliacantha</i> Y SU EFECTO CONTRA HUEVOS DEL PARÁSITO NEMATODO <i>Haemonchus contortus</i> . Castillo Mitre GF, Zamilpa A, Rojo Rubio R, Cortázar González M, Reyes Guerrero DE, Mendoza de Gives P, López Arellano ME, Ramírez Vargas G, Olmedo Juárez A	336
CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTORES DE GANADO BOVINO EN EL CONTROL DE BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS EN EL MUNICIPIO DE RÍO LAGARTOS, YUCATÁN. Solís Calderón JJ	342
FERTILIZACIÓN Y FRECUENCIAS DE CORTE EN LA PRODUCCIÓN DEL CLON CUBANO OM-22 EN QUINTANA ROO, MÉXICO. Sosa Rubio EE, Pérez Rodríguez JD, Cabrera Torres JE	347
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE 20 MATERIALES DE <i>Moringa oleífera</i> , CULTIVADOS EN SUELO LUVISOL. López Herrera MA, Basulto Graniel J, Lozano Contreras MG	351
EFECTO DEL ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO Y ÁCIDO PALMÍTICO SOBRE EL CONSUMO DE FORRAJE DE VACAS EN LACTACIÓN. De la Cruz-Velázquez S, Granados-Rivera LD, Granados-Zurita L, Oliva-Hernández J, López-Noverola I, Quiroz-Valiente J	355
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LOS PASTOS ESTRELLA Y <i>Dictyoneura</i> CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO VS MANEJO TRADICIONAL, EN VERACRUZ. Enríquez Quiroz JF, Villanueva Avalos JF, Cab Jiménez FE, Montero Lagunes M	359
EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE <i>Stevia rebaudiana</i> VAR. BERTONI COMO ANTIHELMÍNTICO EN OVINOS DE PELO. Murguía Olmedo ML, Rojas Rodríguez O, Silva Erosa PG	365
PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO CUBA CT-115 (<i>Pennisetum purpureum</i>) EN TRES ÉPOCAS CLIMÁTICAS. De Dios León GE, Ramos Juárez JA, Osorio Arce MM, Hernández Mendo O, Meléndez Nava F	370
CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS CRUZADOS KATAHDIN CON PELIBUEY ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE FORRAJE Y CONCENTRADO. Cantón Castillo J, Alcaraz Romero A, Moguel Ordoñez Y, Piña CB, Betancourt Ancona D, Sainz RD	375
	381

Sección Cuarta: Biotecnología	386
CAMBIOS EN EL COLOR y CONTENIDO DE ASTAXANTINA EN CEFALOTÓRAX DE CAMARÓN TRATADOS CON ANTIOXIDANTES DURANTE SU SECADO SOLAR. Hernández Becerra JA, Ochoa Flores AA, Ventura Jiménez G, García Jiménez R, Ruiz Santiago FL, Valadez Villarreal A, Méndez Villegas R	387
DETERMINACIÓN DE CONDICIONES ÓPTIMAS PARA AUTOHIDRÓLISIS POR EXPLOSIÓN SÚBITA DE VAPOR DE RESIDUOS FORESTALES PARA OBTENCIÓN DE AZÚCARES PRECURSORES A XILITOL. Suárez Patlán EE, Esquivel Rosales ME, Sánchez Guerrero A, Blancas Hernández C, Carrillo Ávila N	394
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS PÉPTIDOS BIOACTIVOS DE LA HARINA DE FRIJOL (<i>P. vulgaris</i>). Cruz Castellanos M, Jiménez Martínez C, Dávila Ortiz G	400
COL MORADA (<i>Brassica oleracea</i> VAR. <i>CAPITATA</i> F. <i>RUBRA</i>) COMO INDICADOR DE pH. Solano-Doblado, L. G, Alamilla-Beltrán L, Jiménez-Martínez C	406
DETECCIÓN MEDIANTE PCR DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> EN TRES ESPECIES DE CÍTRICOS. Herbert-Doctor LA y Rodríguez-Quibarrera CG	410
PREDICCIÓN DE EPITOPOS DE LA PROTEÍNA ANTIGÉNICA B8Y674 PRESENTE EN LA MEMBRANA EXTERNA DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> . Rodríguez Quibarrera CG, Mendoza Herrera A, Segura Cabrera A, Herbert Doctor LA, Almeyda León IH, Álvarez Ojeda MJ	415
Sección Quinta: Tecnología de Alimentos	421
NANOEMULSIONES DE CURCUMINA ESTABILIZADAS CON FOSFATIDILCOLINA MODIFICADA. Ochoa Flores AA, Hernández Becerra JA, Cavazos Garduño A, García-Galindo HS	422
INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA DE TRES VARIEDADES DE QUESOS FRESCOS ELABORADOS EN QUESERÍAS DEL SURESTE DE TABASCO; MÉXICO. Custodio-Hernández J, Flores-Santos RA, Zaldívar-Cruz JM	428
QUESERÍA ARTESANAL TABASQUEÑA: ENCUESTA A EXPOSITORES DEL CUARTO FESTIVAL DEL QUESO ARTESANAL 2016, TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO. Cámara-Córdova J, Olivé-López R, Sala P A, Beauregard-Solís G	435
PRODUCTOS VEGETALES COMESTIBLES OFERTADOS EN UN MERCADO PÚBLICO DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO. Cámara-Córdova J, Beauregard-Solís G, Magaña Alejandro MA	439
EFFECTO DE LA COCCIÓN A PRESIÓN SOBRE LOS COMPUESTOS NO NUTRICIONALES EN LA SEMILLA DE GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i> L.). Sánchez Chino X., Jiménez Martínez C, Castillo Domínguez E, Abreu Sherrer J, Godínez García LM	444
Sección Sexta: Manejo y Conservación de Recursos Naturales	448
CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL TARDÍO EN MUNA, YUCATÁN. Burgos Díaz JA, Rangel Fajardo MA, Tucuch Haas JI	449

EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES MICROBIANOS SOBRE DESARROLLO DE PLANTAS DE <i>Stevia rebaudiana</i> (BERT.) VARIEDAD MORITA II. Cauich Cauich R, Lozano Contreras MG, Ramírez Jaramillo G	453
EVALUACIÓN DE LAS REFORESTACIONES EN ÁREAS AFECTADAS POR EL HURACÁN BÁRBARA EN CHIAPAS, MÉXICO. Reynoso Santos R, López Martínez J	457
VARIABILIDAD GENÉTICA Y ADAPTACIÓN DE HIGUERILLA (<i>Ricinus communis</i> L.) EN TUXTLA CHICO, CHIAPAS. Solís Bonilla JL, Muñoz Orozco A, Hernández Gómez E, Martínez Valencia BB, Escalante Estrada JAS, Zamarripa Colmenero A, Ramírez Guillermo MA	462
EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE COLECTAS DE MORINGA EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO. Basulto Graniel JA, Gamboa Antonio J, Góngora Gonzáles S, Reyes Chávez E	467
RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE MORINGA, EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO. Basulto Graniel JA, Burgos Díaz JA, Góngora Gonzales S, Gamboa Antonio J, Reyes Chávez E	472
ESTUDIO DETALLADO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN UN SITIO DEL ESTADO DE YUCATÁN. Ramírez-Jaramillo G. Ramírez-Silva JH, Cano-González A de J, Aguilar-Duarte Y, Uzcanga-Pérez NG	477
FECHAS DE TRASPLANTE Y PRODUCTIVIDAD DEL CHILE HABANERO <i>Capsicum chinense</i> Jacq. CON RIEGO POR GOTEÓ. López López R, Inzunza Ibarra MA, Fierro Álvarez A, Jiménez Chong JA	481
ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN LIMÓN PERSA INJERTADO EN DRAGÓN VOLADOR EN VERACRUZ. Hernández-Guerra C, Curti-Díaz SA, Pablo-Mendoza MC, Rodríguez-Quibrera CG	488

Sección Séptima: Socioeconomía y Desarrollo Rural 495

ÍNDICE SINTÉTICO PARA LA TIPIFICACIÓN DE MUNICIPIOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN SEGÚN SU CAPACIDAD PRODUCTIVA DE MAÍZ. Uzcanga-Pérez NG, Cano-González A de J, Uresti-Gil J, Ramírez-Jaramillo G, Ramírez-Silva JH	496
LOS PLANES DE NEGOCIOS; BASE DE LOS AGRONEGOCIOS Y LA VINCULACIÓN AL MERCADO DE LOS CAMPESINOS DE ZONAS DE ALTA Y MUY ALTA MARGINACIÓN. Cadena Iñiguez P, Salinas Cruz E, Rodríguez Hernández RF, Rendón Medel R	503
ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE MORINGA (<i>Moringa oleífera</i>) EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO. Góngora González SF, Basulto Graniel JA, Rodríguez Hernández RF	508
RENTABILIDAD DE UNA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE SEMILLAS DE MORINGA (<i>Moringa oleífera</i>). Góngora González SF, Rodríguez Hernández RF, Basulto Graniel JA, Reyes Reyes AL	512
SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN TABASCO. López-López R, Rodríguez Cuevas M, Sumano López D, Fierro-Álvarez A, Jiménez-Chong JA	517
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CELULOSA DE LA PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR. López Velázquez LY, Salgado García S, Bolio López GI, Castañeda Ceja R, Córdova Sánchez S, Lagunes Espinoza LdelC	524

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS MICRO Y PEQUEÑAS UNIDADES PRODUCTIVAS DEL SECTOR DE TRASFORMACIÓN DE BIENES FINALES DE MADERA DEL MUNICIPIO DE SAN IGNACIO DE VELASCO DE LA REGIÓN CHIQUITANA, SANTA CRUZ- BOLIVIA. Correas Bulegio R	531
SEMBLANZA DE LOS EDITORES	537

PRÓLOGO

La innovación de las actividades productivas, es primordial para aumentar su eficiencia, que permita satisfacer las necesidades de alimentación de una población en rápido crecimiento, alcanzar la seguridad alimentaria, fundamental para México, aumentar la inserción en los mercados internacionales, así como preservar los recursos naturales.

México cuenta con el respaldo de años de investigación agropecuaria, que ha permitido generar conocimientos científicos y tecnológicos, realizados por instituciones comprometidas con la innovación de los procesos productivos, para impulsar el desarrollo.

Actualmente, se enfrentan nuevos retos para alcanzar las expectativas de crecimiento proyectadas, algunos sustentados en los energéticos depreciados hoy en día, con la consecuente disminución de la actividad petrolera y pérdida de empleos, que inquietan el panorama económico mundial.

Esta situación, abre ventanas de oportunidad al sector agroalimentario, que permitan sostener y fortalecer la economía nacional, con datos alentadores, en el crecimiento de las exportaciones agroalimentarias en el presente año.

De igual manera, en 2015 el sector agroalimentario mexicano obtuvo por primera vez en 20 años, un superávit comercial por más de dos mil millones de dólares con sus principales socios comerciales, Estados Unidos y Canadá.

Los desafíos para el sector agroalimentario, significan mayor productividad, con la oferta de productos que compitan en calidad, inocuidad y precios, para permanecer en la preferencia de los mercados.

En este contexto, elevar la productividad del sector agroalimentario, constituye a la vez, un reto y oportunidad, como pilar del desarrollo económico y social de la nación y es donde están las principales fortalezas, para encaminar el mayor esfuerzo.

Por ello es necesario, continuar generando nuevos conocimientos científicos, orientados a la productividad agroalimentaria, así como a la reconversión hacia alternativas rentables, que coadyuven a mejorar las actividades de los productores, a través de los procesos de transferencia y adopción de las innovaciones tecnológicas.

Esto obliga a concebir la agenda de innovación, en términos de sostenibilidad de los recursos naturales, considerando que el aumento en la productividad agropecuaria, no implique daños a los ecosistemas, sino que sea amigable con su entorno, privilegiando garantizar la subsistencia de los recursos acuíferos, la biodiversidad y las áreas de cultivo, así como evitar la contaminación.

Es decir, la innovación tecnológica, la sustentabilidad y la producción agropecuaria, deben estar íntimamente ligadas, para generar crecimiento económico y bienestar de los productores.

Transformar en actividades rentables el quehacer del sector agroalimentario, es el principal desafío que enfrentan los productores e instancias que tienen la responsabilidad de brindarles los conocimientos innovadores, incentivos productivos y extensionismo, que hagan posible producir más, con calidad e inocuidad, esto es, en menor superficie y ofertar productos saludables a la población.

En Tabasco se tiene un camino recorrido, en la generación de conocimientos innovadores, que hoy permiten contar con tecnologías que pueden ser utilizadas directamente por los productores agropecuarios, sumados al potencial productivo y ventajas comparativas para responder a las oportunidades que brinda el contexto internacional, para generar alimentos, materias primas y a la par favorecer el desarrollo sostenible de la economía, que genere empleo y bienestar social.

La construcción de espacios que hagan posible la interrelación de productores, investigadores, técnicos y extensionistas, facilitadores de los procesos de transferencia de la innovación tecnológica, para su adopción en las actividades productivas, así como de las instancias responsables de aplicar las políticas públicas, es tarea obligada y compromiso de todos los que participan en el quehacer del sector agroalimentario.

Los materiales que se presentan a continuación, muestran los frutos del trabajo comprometido de productores, técnicos, profesionistas e investigadores del sector. Fueron todos ellos realizados en sus unidades de producción, centros de investigación, empresas e Instituciones de Educación Agrícola Superior, con el propósito de aportar innovaciones tecnológicas para la Seguridad Alimentaria y a favor de la productividad, como objetivo primordial de las políticas públicas del Gobierno de la República.

MVZ Carlos Hernández Reyez
Delegado de la SAGARPA en Tabasco
Villahermosa, Tabasco, México.
10 de noviembre de 2016.

RECONOCIMIENTOS

Al Lic. Arturo Núñez Jiménez, Gobernador Constitucional del estado de Tabasco, por su apoyo e interés en la investigación y desarrollo científico y tecnológico, actividades prioritarias para la seguridad alimentaria del presente siglo.

A la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en Tabasco y a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero (SEDAFOP), instituciones que siempre han mostrado interés en la generación de conocimientos científicos en el área agropecuaria y forestal y en la difusión de estos conocimientos en el agro tabasqueño.

A la Fundación Produce Tabasco, A.C., y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET), por los apoyos que han brindado a los proyectos de investigación de las diferentes instituciones dedicadas a esta actividad y que hoy presentan muchos de sus resultados en este libro.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por su participación activa y entusiasta en el comité promotor de este libro.

A las demás Instituciones Promotoras del libro: Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Tecnológica de Tabasco, Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Fundación Produce Tabasco A.C., Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco, Universidad Popular de la Chontalpa, Colegio de la Frontera Sur, Instituto Tecnológico de Villahermosa, Universidad Politécnica Mesoamericana.

Al Comité promotor del libro: MVZ. Carlos Hernández Reytez, Dr. Jorge Martínez Herrera, Lic. Pedro Jiménez León, M.C. Miguel Ángel Ramírez Guillermo, Lic. Carlos Arce, M.C. Lilia Fraire Sierra, Dr. Saúl Sánchez Soto, Lic. Berenice Lacroix Macosay, M.C. Alfonso Sala Pavón, Dr. Roberto Antonio Cantú Garza, Ph.D. Julio Cámara Córdova, Ph.D: Roberto Antonio Cantú Garza, MA Alfonso Sala Pavón, Dra. Rosa Margarita Hernández Vélez, Mtro. Ricardo Amado Moheno Barrueta. Dra. Ma. Luisa Martínez Gutiérrez, M.C. María Reyna Ramos Hernández.

Los editores.

INSTITUCIONES PROMOVENTES DEL LIBRO

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

José Eduardo Calzada Rovirosa
Secretario
Jorge Armando Narváez Narváez
Subsecretario de Agricultura
Mely Romeros Celis
Subsecretaria de Desarrollo Rural
Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad
Carlos Hernández Reyez
Delegado Estatal Tabasco

Gobierno del Estado de Tabasco

Arturo Núñez Jiménez
Gobernador Constitucional
Pedro Jiménez León
Secretario de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca
Víctor Manuel López Cruz
Secretario de Educación

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Luis Fernando Flores Lui
Director General
Raúl Gerardo Obando Rodríguez
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación
Jorge Fajardo Guel
Coordinador de Planeación y Desarrollo
Eduardo Francisco Berterame Barquin
Coordinador de Administración y Sistemas

Centro de Investigación Regional del Golfo Centro

Sergio Alberto Curti Díaz
Director Regional
Julio César Vinay Vadillo
Director de Investigación
Francisco González Naranjo
Director de Administración
Jorge Martínez Herrera
Director de Coordinación y Vinculación en Tabasco

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco

Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Directora General
Tilo Tosca Chablé
Director de Vinculación Investigación y Desarrollo
Aurora Hidalgo Castillo
Directora de Formación de Recursos y Apoyo a Investigadores

Fundación Produce Tabasco, A. C.

Heberto Ramón Cabrera Jasso
Presidente
Carlos Mario Cornelio Arce
Gerente

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector
Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos
Arturo Díaz Saldaña
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación
Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos
Marina Moreno Tejero
Secretaria de Finanzas

División Académica de Ciencias Agropecuarias

Roberto Flores Bello
Director
Julio Cámara Córdova
Coordinador de Investigación y Posgrado
Edith Miranda Cruz
Coordinadora de Docencia
José Nava Ayala
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión
María Esther Pavón Jiménez
Coordinadora Administrativa

Universidad Tecnológica de Tabasco

Fernando Calzada Falcón
Rector

Sergio Octavio Valle Mijangos
Secretario Académico

Ricardo Amado Moheno Barrueta
Secretario de Vinculación

Universidad Popular de La Chontalpa

Querubín Fernández Quintana
Rector

Francisco José Pedrero Morales
Secretario Académico

Luz Adriana Ficachi Vera
Secretario de Vinculación

Instituto Tecnológico de Villahermosa

Humberto José Cervera Brito
Director

José Antonio Canto Esquivel
Subdirector Académico

José Luis Madrigal Eliseo
Subdirector de Planeación y Vinculación

Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca

José Javier Peralta Cosgaya
Director

Salomón Hernández Hernández
Encargado de la Subdirección de Planeación y Vinculación

Carlos Mario Marín Valenzuela
Subdirector Académico

El Colegio de la Frontera Sur *Unidad Villahermosa*

Johannes Cornelis Van Der Wal
Director

Ramiro Robles Jardón
Unidad de Gestión y Servicios Tecnológicos

María Luisa Martínez Gutiérrez
Coordinadora de Vinculación

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas
Campus Tabasco

José Francisco Juárez López
Director

Mepivoseth Castelán Estrada
Subdirector de Educación

Saúl Sánchez Soto
Subdirector de Investigación

Ángel Martínez Becerra
Subdirector de Vinculación

INDICE DE AUTORES

A

Ariza Flores R	53, 57
Abarca Córdova J	308
Abreu Sherrer J	444
Aburto González CA	315
Aceves Navarro LA	175, 180
Aguado Santacruz GA	90
Aguilar Arpaiz JC	154
Aguilar Duarte Y	100, 106
Aguilar Rincón VH	46
Aguilar-Duarte Y	477
Aguirre Medina JF	83
Alamilla-Beltrán L	406
Alatorre Orozco KM	120
Alcaraz Romero A	381
Alejo Santiago G	315
Almeyda León IH	415
Álvarez Muñoz M	234
Álvarez Ojeda MJ	415
Álvarez Sánchez GF	329
Andrés Meza P	125, 132
Apolinar Hidalgo V	125
Argüello-García E	324
Arguijo Portillo NV	175
Arias de la Cruz HL	292
Arias López VH	199, 251, 255
Arjona Jiménez G	336
Arrieta Rivera A	175, 180
Avendaño Arrazate CH	239
Azpeitia Morales A	218, 282, 308

B

Barney Guillermo H	132
Barrón Freyre S	61, 66
Basulto Graniel J	355
Basulto Graniel JA	467, 472, 508, 512
Bautista Ramírez ME	120
Beauregard-Solis G	435, 439
Betancourt Ancona D	381
Betancur Ancona DA	288
Blancas Hernández C	394
Bolaños-Aguilar ED	9
Bolio López GI	9, 524
Burgos Díaz JA	472, 499

C

Cab Jiménez FE	365
Cabrera Torres JE	347
Cadena Iñiguez P	503
Cámara-Córdova J	435, 439
Camas Gómez R	95
Cano González A	78, 100, 106
Cano-González AdeJ	477, 496
Cantón Castillo J	381
Carrillo Ávila N	242, 394
Castañeda Ceja Raúl	524
Castelán Estrada M	329
Castillo Domínguez E	444
Castillo Mitre GF	342

Cauich Cauich R	457
Cavazos Garduño A	422
Córdova Sánchez S	292, 329, 524
Correa-Méndez A	299
Correas Bulegio R	531
Cortázar González M	342
Cortazar Ríos M	214
Corzo Ríos LJ	120
Cruz Castellanos M	400
Cruz Chávez FJ	42, 95
Curti-Díaz SA	488
Custodio-Hernández J	428

D

Dávila Ortiz G	400
De Dios León GE	375
De la Cruz-Velázquez S	359
De los Santos Ricardez BL	259, 265, 271, 319
Díaz Ramírez JE	154
Domínguez CE	277
Domínguez O RF	277
Domínguez O SE	277
Durán Prado A	83, 90

E

Enríquez Quiroz JF	365
Escalante Estrada JAS	462
Espinosa Calderón A	125, 132
Espinosa Paz N	28, 53, 57
Esqueda Esquivel VA	139
Esquivel Rosales ME	394

F

Fierro Álvarez A	481, 517
Flores Velázquez R	242
Flores-Santos R A	428
Flórez Gómez DL	214
Fuentes López ME	242

G

Gamboa Antonio J	467, 472
García de la Cruz R	292, 329
García Garduza D	251, 255
García Jiménez R	387
García Magaña JJ	192
García Martínez A	132
García Martínez ED	116
García Ramírez LM	319
García Sandoval JA	203
García-Cuevas X	159, 164, 186, 192
García-Espinoza GG	159, 164
García-Galindo HS	422
García-Magaña JJ	159, 186
Garrido Ramírez ER	42, 239
Gijón Yescas G	100
Godínez García LM	444
Gómez Hernández VP	42
Gómez y Gómez Y	120
Góngora Gonzales S	467, 472
Góngora González SF	508, 512
González Arias G	175
González Cortés JC	112, 116
González Garduño R	336

González-Peralta A	186
Grajales Solís M	95
Granados García ME	112, 116
Granados-Rivera LD	359
Granados-Zurita L	359
Guerrero Polanco F	315

H

Herbert Doctor LA	410, 415
Hernández Aragón L	139
Hernández Becerra JA	387
Hernández Becerra JA	422
Hernández Gómez E	239, 259, 462
Hernández Mendo O	375
Hernández Morales J	239
Hernández Pérez M	35, 72
Hernández Zaragoza P	234
Hernández-Guerra C	488
-Hernández-Hernández LU	299
Hernández-Ramos A	159, 154
Hernández-Ramos J	159, 164, 186, 192
Hernández-Villegas M	9

I

Ibarra Pérez FJ	14
Inzunza Ibarra MA	481

J

Jiménez Chong JA	139, 319, 481

Jiménez Martínez C	120, 400, 444
Jiménez Méndez AJ	175
Jiménez-Chong JA	517
Jiménez-Martínez C	406
Juárez López JF	175, 180

L

Lagunes Espinoza LdelC	524
Lagunes-Espinoza LC	9
Leyva Ovalle OR	125, 132
Llarena Hernández RC	132
López Arellano ME	342
López Báez Walter	208
López Castañeda C	2,46
López Domínguez I	319
López Hernández MB	2,46
López Hernández O	180
López Herrera MA	355
López López R	139, 169, 199, 251, 481
López Martínez J	95,457
López Romero G	125
López Salinas E	14,19
López Velázquez LY	524
López-López R	517
López-Noverola I	359
Lozano Contreras MG	355
Lozano Contreras MG	457

M

Magaña Alejandro MA	439
Martínez Sánchez J	53,57
Martínez Valencia BB	462
Martínez-Ángel L	164

Martínez-Herrera J	221,324
Martínez-Sánchez J	28
Medina Méndez J	2, 35, 46, 72
Melchor Guzmán MR	228
Meléndez Nava F	375
Méndez Villegas R	387
Mendoza de Gives P	342
Mendoza Herrera A	415
Mendoza Mexicano M	199
Meneses Márquez I	83, 90
Mirafuentes Hernández	218, 282
Miranda Colín S	46
Moguel Ordoñez Y	381
Moguel Ordóñez YB	288
Montero Lagunes M	365
Montes García N	53, 57
Mora Avilés A	282
Muñoz Orozco A	462
Muñoz-Flores HJ	159
Murguía Olmedo ML	370

N

Nava Díaz C	239
Navarro Martínez F	336

O

Ochoa Flores AA	387, 422
Oliva-Hernández J	359
Olivé-López R	435
Olmedo Juárez A	342
Ordoñez Prado C	234, 242
Orona Castro F	72, 139
Oropeza Salím C	106

Ortega AR	139
Ortiz Laurel H	292
Osorio Arce MM	375
Osorio-Osorio R	299

P

Pablo-Mendoza MC,	488
Palacios-Wassenaar O	221
Palafox Caballero A	125,132
Peña López JL	282, 308
Pérez Hernández MJ	208
Pérez Rodríguez JD	347
Pérez Vásquez FX	228
Pérez-Cornelio BA	9
Pérez-Vázquez A	221
Piña C B	381

Q

Quintas GS	221
Quiñonez-Barraza G	192
Quiroz-Valiente J	359

R

Ramírez G	100
Ramírez Guillermo MA	259, 291, 271, 462
Ramírez J	100
Ramírez Jaramillo G	106, 288, 457
Ramírez Mandujano CA	112, 116
Ramírez Meraz M	203
Ramírez Sandoval G	154
Ramírez Silva JH	78, 106
Ramírez Vargas G	342
Ramírez-Guillermo MA	239, 319

Ramírez-Jaramillo G	477, 496
Ramírez-Silva JH	477, 496
Ramos Juárez JA	375
Ramos Morales L F	308
Ramos R JDA	277
Rangel Fajardo MA	449
Rendón Medel R	503
Reyes Chávez E	467, 472
Reyes Guerrero DE	342
Reyes Reyes AL	512
Reynoso Santos R	95, 208, 457
Reynoso Santos MD	208
Rico Ponce HR	218
Rivera Hernández B	175, 180
Rodríguez Cuevas M	169, 199, 251, 255, 517
Rodríguez Escobar JG	303
Rodríguez Hernández RF	503, 508, 512
Rodríguez Montalvo FA	66, 125, 132
Rodríguez Quibrera CG	415
Rodríguez Rivas G	228
Rodríguez Rodríguez JR	14,19
Rodríguez-Quibrera CG	415, 488
Rojas Rodríguez O	370
Rojo Rubio R	342
Ruiz Beltrán P	169, 255
Ruiz Santiago FL	387

S

Sáenz-Reyes JT	159
Sainz RD	381

Sala P A	435
Salas Reyes A	303
Salgado García S	292, 329, 524
Salinas Cruz E	503
Sánchez Chino X	444
Sánchez Guerrero A	394
Sánchez Hernández LA	154
Sánchez Monsalvo V	234
Sánchez Monteon AL	315
Sánchez-Hernández R	315
Santamaría Basulto F	218, 247
Segura Cabrera A	415
Sierra Macías M	125, 132
Silva Erosa PG	370
Solano-Doblado L G	406
Solís Bonilla JL	239, 271, 462
Solís Calderón JJ	347
Sosa Rubio EE	347
Soto Rocha J	2
Soto Rocha JM	35
Soto-Estrada A	221
Suárez Patlán EE	242, 394
Sumano López D	169, 199, 251, 255, 517

T

Tadeo Robledo M	125,132
Tamarit Urias JC	149, 164, 192, 234
Tavitas Fuentes L	139
Tepal Chalé JA	288
Tosquy Valle OH	14, 19

Tucuch Haas JI	449
Tun Dzul JC	24
Tun Dzul JdelaC	78

U

Uresti-Gil J	496
Uribe Gómez S	90
Uzcanga-Pérez NG	477, 496

V

Valadez Villarreal A	387
Valdés-Rodríguez O	221
Vásquez Hernández A	83, 90
Vázquez Carrillo MG	125, 132
Vázquez Hernández M	218
Ventura Jiménez G	387
Vidaña Adorno P;	169

Villalobos González A	2, 35, 46, 72

Villanueva Avalos JF	365
Villar Sánchez B	95
Villarreal-Ibarra EC	9

Y

Yerbes Vázquez JA	247

Z

Zacarías Hernández RD	154
Zaldívar-Cruz J M	428
Zamarripa Colmenero A	462
Zamilpa A	342
Zaragoza Vera CV	336
Zaragoza Vera M	336
Zavala-Gasca R	324
Zetina-Córdoba P	125, 132

Sección Primera:
Cultivos Anuales

DÉFICIT HÍDRICO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ.

WATER DEFICIT AND NITROGEN FERTILIZATION IN MAIZE.

¹Villalobos González A, ²López Castañeda C, ²López Hernández MB, ¹Medina Méndez J

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Edzná. Carretera Campeche-Tixmucuy Km 15.5 Campeche, Camp. C.P. 24529.
²Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.

Autor para correspondencia: villalobos.antonio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la respuesta de un grupo de maíces híbridos y criollos en el desarrollo del área foliar y rendimiento de grano, en condiciones de riego, sequía (S) y deficiencias de nitrógeno en condiciones de invernadero. La siembra se realizó en Mayo de 2013 en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; bajo un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4 x 2, con dos repeticiones. Los tratamientos fueron: T1= riego (R) que consistió en mantener la HE cercana a capacidad de campo (CC) hasta la madurez; T2= sequía 1 (S₁) sin R por 10 días (d) cuando las plantas tuvieron 30 d después de la siembra (dds); T3= sequía 2 (S₂) sin R por 20 d cuando las plantas tenían 50 dds, y T4= sequía 3 (S₃) sin R por 30 d para plantas con 70 dds. También se evaluaron tratamientos de fertilización nitrogenada que se aplicaron al momento de la siembra; dosis alta de nitrógeno (AN) con 160-40-20 y dosis baja (BN) con 80-40-20, como fuente de nitrógeno, fósforo y potasio se usaron: urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. La disminución del contenido hídrico edáfico se reflejó en una reducción significativa ($p \leq 0.05$) de la expansión del área foliar (EAF) y del rendimiento de grano (RG). En S₁ y S₂ los híbridos presentaron mayor EAF y produjeron mayor RG, que los criollos con alto y bajo nitrógeno.

Palabras clave: *nitrógeno, sequia, maíz.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz en condiciones de temporal está expuesto a amplias variaciones en cantidad y distribución de la lluvia durante su crecimiento; estas variaciones en la disponibilidad de humedad causan estrés hídrico, disminuyendo la acumulación de materia seca en los órganos aéreos de la planta, el desarrollo del área foliar y la formación de grano, factores que finalmente se reflejan en la reducción del rendimiento (Villalobos et al., 2014). Cuando las deficiencias de humedad se presentan en diferentes periodos del ciclo del cultivo (sequía intermitente), la sequía puede causar estrés hídrico en las etapas de plántula y reducir el establecimiento del cultivo; en etapas fenológicas más avanzadas, el estrés puede afectar el desarrollo del área foliar (Reyes et al., 2014; Villalobos et al., 2014) y la fotosíntesis (Li et al., 2015). Si la sequía ('sequía de medio verano' o 'canícula'), se presenta previo a la floración y/o en las etapas de floración y llenado del grano, el déficit hídrico reduce la producción de mazorcas y granos durante las dos semanas de la floración, debido a una disminución en la tasa de fotosíntesis durante el llenado del grano y una rápida inducción de la senescencia de las hojas (Araus et al., 2008); el rendimiento de grano también puede ser afectado por la competencia por foto-asimilados entre los órganos aéreos de la planta y las raíces como una respuesta de adaptación a la sequía (Bänziger et al., 2012).

Acevedo et al., (1971), mencionan que la elongación de las hojas depende dinámicamente de la disponibilidad de agua en el suelo; en maíz con una disponibilidad adecuada de agua en el suelo, la elongación se mantiene constante, sin embargo, cuando el potencial hídrico del suelo disminuye, la elongación también se reduce. Los cambios en el *status* hídrico apuntan al papel directo que el agua tiene en el crecimiento (Anjum et al., 2011); su absorción provee la fuerza física para el alargamiento de las células.

La disponibilidad de nitrógeno constituye otro de los factores limitantes del crecimiento y rendimiento en condiciones de secano (Puntel, 2012; Villalobos et al., 2014); si las plantas experimentan estrés por deficiencias de este elemento, se reduce la tasa fotosintética porque se disminuye el desarrollo del área foliar (Sánchez et al., 2009) y se acelera la senescencia de las hojas (Bänziger et al., 2012). En

maíz, un nivel bajo de nitrógeno reduce la capacidad de crecimiento del grano durante su etapa de llenado (Bänzinger, 2000). El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar la respuesta de híbridos y variedades criollas de maíz, con riego y sequía y dos niveles de fertilización con nitrógeno, en el desarrollo del área foliar y rendimiento de grano, en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en invernaderos del área de resistencia a sequía, del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México (19° 21'N, 98° 55'O y 2250 msnm). El invernadero empleado para este experimento tenía techo de material de plástico transparente. Se emplearon cuatro híbridos de maíz producidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), estos híbridos se caracterizan por estar desarrollados para áreas de secano de los Valles Altos de la Mesa central de México y dos materiales criollos colectados en el municipio de Españita, Tlaxcala. El material genético del INIFAP, representa a los híbridos comerciales producidos entre los años de 1960 y 2000. Los híbridos liberados entre 1961 y 1973 se catalogan como híbridos antiguos y los liberados en 1999 como híbridos modernos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Híbridos y materiales criollos de maíz, evaluados en diferentes condiciones de sequía y fertilización nitrogenada.

Genotipos	Año de liberación	Clasificación
H-28 [†]	1961	Antiguo
H-30 [†]	1973	Antiguo
H-48 [¶]	1999	Moderno
H-50 [†]	1999	Moderno
Colección-1 (Criollo blanco) [§]	2013	Criollo
Colección-2 (Criollo azul) [§]	2013	Criollo

[†]Híbrido de cruce doble, [¶]Híbrido trilineal; [§]Germoplasma recolectado en el Municipio de Españita, Tlaxcala, por el Dr. Cándido López-Castañeda, Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México en el ciclo otoño-invierno 2013.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4 x 2, con dos repeticiones, correspondientes a cuatro tratamientos de humedad edáfica y dos niveles de fertilización para todos los materiales. La unidad experimental fue un tubo de PVC de 4" de diámetro y 1 m de largo, con una bolsa cilíndrica de plástico de las mismas dimensiones en su interior, conteniendo suelo esterilizado; el suelo utilizado fue de textura migajón-limoso (34 % de arena, 56 % de limo y 10 % de arcilla) al que se le determinó su capacidad de campo (CC) de 33.9 %, porcentaje de marchitamiento permanente (PMP) de 21.1 % y densidad aparente de 1.08 g cm³ (Laboratorio de Física de Suelos, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México). La siembra se realizó en mayo de 2013, se emplearon semillas con un peso de 350±5 mg en cada unidad experimental. Se evaluaron cuatro tratamientos de humedad edáfica (HE): T1= riego (R) que consistió en mantener la HE cercana a capacidad de campo (CC) hasta la madurez fisiológica; T2= sequía 1 (S₁) sin R por 10 días (d) cuando las plantas tuvieron 30 d después de la siembra (dds); T3= sequía 2 (S₂) sin R por 20 d cuando las plantas tenían 50 dds, y T4= sequía 3 (S₃) sin R por 30 d para plantas con 70 dds; al finalizar los periodos de sequía se aplicó un riego de recuperación (RR) en cada tratamiento de deficiencias hídricas edáficas con la aplicación de riegos subsecuentes hasta la madurez. También se evaluaron tratamientos de fertilización nitrogenada que se aplicaron al momento de la siembra; dosis alta de nitrógeno (AN) con 160-40-20 y dosis baja (BN) con 80-40-20, como fuente de nitrógeno (N), fosforo y potasio se usaron: urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. Para el control de pulgón y mosquita blanca se aplicó 1 L ha⁻¹ Engeco® a los 38 dds.

Se registraron las siguientes variables: expansión del área foliar (EAF) por planta ($EAF=L \cdot A \cdot 0.75$, cm²), al medir el incremento en el área de las hojas en elongación cada cinco días, en todos los tratamientos. El rendimiento de grano por planta (RG, g); se determinó al pesar los granos de cada mazorca. El contenido hídrico edáfico (CHE) se determinó al pesar los tubos tres veces por semana en todos los tratamientos de HE y N; en R se agregó la cantidad de agua perdida por transpiración entre fechas sucesivas de pesaje, manteniendo la humedad (H) cercana a CC hasta la madurez fisiológica (MF). Se aplicó RR en S₁, S₂ y S₃ al finalizar los tratamientos de sequía, y se aplicaron

riegos subsecuentes después del RR hasta la MF. La cantidad total de agua transpirada se calculó, al sumar las pérdidas de agua estimadas en cada tubo durante el experimento. A los datos se les realizó un análisis de varianza con el programa SAS para Windows Versión 9.0 (SAS, 2002) en forma individual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido hídrico del suelo (CHS). En S_1 se suspendió el R entre los 30 y 40 dds y la humedad (H) aprovechable disminuyó 75 % sin alcanzar el PMP (Figura 1a); en S_2 el R se suspendió entre los 50 y 70 dds y la H aprovechable descendió por debajo de PMP entre los 60 y 70 dds (Figura 1b), y en S_3 se dejó de aplicar R entre los 70 y 100 dds y la humedad del suelo disminuyó por debajo del PMP entre los 88 y 100 dds (Figura 1c). En S_2 las plantas mostraron síntomas severos de marchitamiento, pero fueron más acentuados en S_3 , donde la sequía coincidió con la FM, FF y el inicio del llenado del grano. Estudios en maíz demostraron que las deficiencias hídricas edáficas durante la floración, disminuyen severamente el contenido hídrico de la planta (Villalobos et al., 2014), reduciendo considerablemente el rendimiento de semilla y biomasa aérea (Araus et al., 2008; Avendaño et al., 2008; Barrios-Gómez et al., 2010; Anjum et al., 2011).

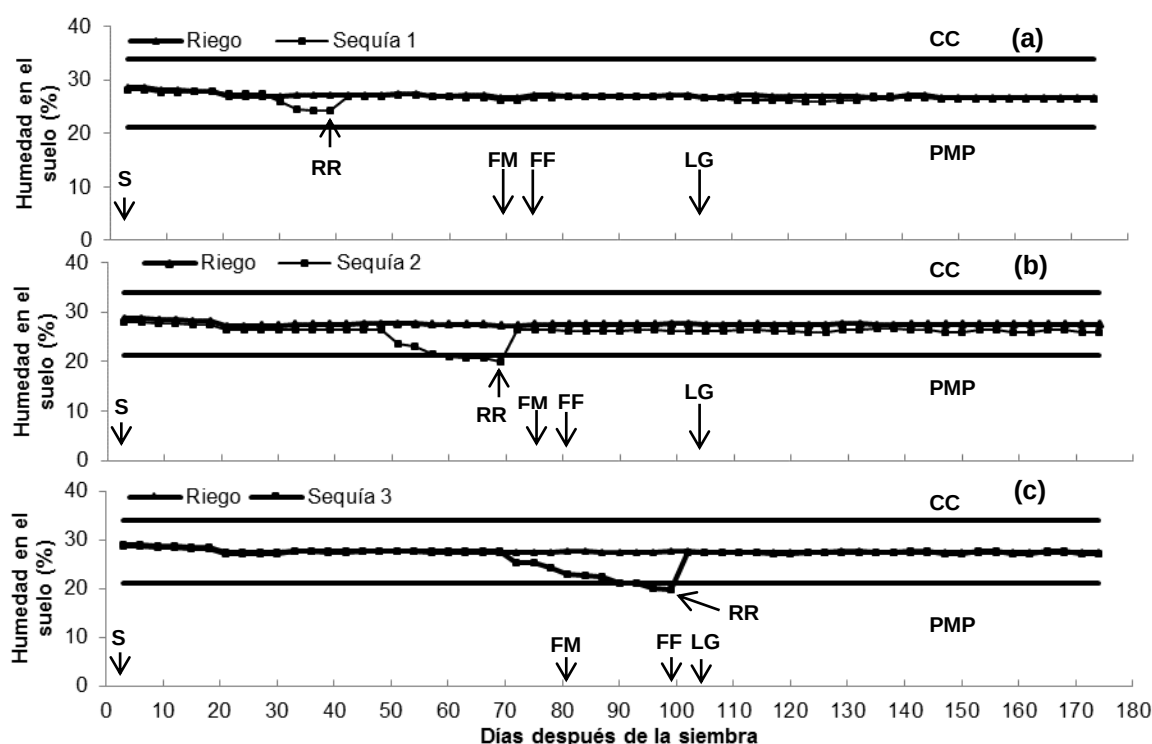


Figura 1. Contenido hídrico del suelo en riego y sequía 1 (a), riego y sequía 2 (b) y riego y sequía 3 (c) en invernadero, ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Estado de México. CC= capacidad de campo; PMP= porcentaje de marchitamiento permanente; S= siembra; FM= floración masculina; FF= floración femenina; LG= llenado de grano; RR= riego de recuperación.

Expansión del área foliar durante el ciclo biológico (EAFCB). La EAFCB se redujo en las plantas sometidas a sequía en S_1 , S_2 y S_3 con respecto a las plantas en R; el estrés hídrico disminuyó las dimensiones del área foliar en 10.4, 16.2 y 10.6 % en S_1 , S_2 y S_3 . La deficiencia de nitrógeno (N) también disminuyó el EAFCB en 11.4, 5, 8 y 6 % en R, S_1 , S_2 y S_3 , respectivamente. Se determinaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre genotipos desde los 15 a los 125 dds en R con AN (Figura 2a) y a los 15, 20, 30 a los 125 dds en R con BN (Figura 2e); diferencias ($p \leq 0.05$) entre variedades a los 35, 40, 115, 120 y 125 dds en S_1 con AN (Figura 2b) y a los 15, 20, 25, 35, 40 y 75 dds en S_1 con BN (Figura 2f); diferencias ($p \leq 0.05$) entre genotipos a los 15, 20, 25 y 70 dds en S_2 con AN (Figura 2c) y a los

15, 20 y 25 dds en S₂ con BN (Figura 2g); y desde los 80 a los 125 dds en S₃ con AN (Figura 2d) y a los 15, 20 y 25 dds en S₃ con BN (Figura 2h). Otros trabajos señalan, que las plantas responden al déficit hídrico en forma diferente, dependiendo de la duración e intensidad del estrés y la etapa de desarrollo de la planta, en la que ocurren las deficiencias hídricas (Florido y Bao, 2014). Las deficiencias hídricas durante las etapas iniciales del crecimiento del cultivo reducen el establecimiento de las plántulas, el crecimiento de los tallos y el área foliar en el maíz (Granier y Tardieu, 2009; Villalobos et al., 2014).

Kramer (1983) y Hassan (2013) indican que la cantidad y calidad del crecimiento de la planta depende de la división, elongación y diferenciación celular, y la presencia del estrés hídrico que puede afectar a estos procesos. En la presente investigación, la reducción en las dimensiones del área foliar fue más acentuada en S₂ (Figura 2: c y g) cuando las plantas estuvieron sujetas a déficit hídrico (50-70 dds) antes del inicio de la antesis y la floración femenina. Otros trabajos de investigación han mostrado que el desarrollo del área foliar y la tasa fotosintética son más sensibles durante el periodo previo a la floración; la sequía además de reducir el área foliar, disminuye la expansión de los estigmas, tallos, raíces y granos (en este orden); en condiciones de alto potencial de evapotranspiración, la senescencia foliar se acelera y continúa hacia la parte superior de ésta, disminuyendo aún más la intercepción de radiación solar. También, se ha determinado que periodos prolongados de sequía de hasta 48 días, reducen significativamente las dimensiones del área foliar debido a la disminución de la tasa relativa de expansión foliar (Sobrado, 1991).

Por otra parte, las deficiencias de nitrógeno reducen la fotosíntesis, al disminuir el desarrollo del área foliar (Vos et al., 2005) y la tasa de fotosíntesis, y acelerar la senescencia de las hojas (Bänziger et al., 2012); en el presente trabajo de investigación, la menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo disminuyó el crecimiento foliar de los materiales genéticos utilizados tanto en riego como en sequía (Figura 2: e, f, g y h). Sin embargo, las diferencias en área foliar fueron más evidentes entre genotipos al observar en riego AN, al H-50 y R BN al H-50 y criollo blanco, producir mayor área foliar que el resto de los genotipos desde las etapas iniciales de crecimiento y mantuvieron esta diferencia hasta la madurez, mientras que en sequía las diferencias ocurrieron en diferentes etapas de desarrollo (Atteya, 2003), por ejemplo en S₁ el H-50 y H-48 con AN tuvieron mayor área foliar (Trindate et al., 2010) durante la parte final del llenado de grano y el H-48 y criollo blanco con BN tuvieron mayor área foliar al inicio del crecimiento de las plantas (Figura 2: b y f); en S₂ el H-50 y H-48 con AN y BN produjeron mayor área foliar que los otros genotipos al inicio del crecimiento de las plántulas (Figura 2: c y g), y en S₃ H-50 y criollo blanco con AN tuvieron más área foliar al inicio del crecimiento de las plántulas y H-50 con BN tuvo mayor área foliar que los otros materiales desde los 70 dds hasta la madurez fisiológica (Figura 2: d y h); la respuesta diferencial a la disponibilidad de nitrógeno en el suelo en riego y sequía, pudo deberse a que al hacerse la aplicación del nitrógeno, al principio del ciclo, el suministro de nitrógeno por lo general es mayor que la cantidad que demanda la planta y entonces ocurre agotamiento de nitrógeno hacia el final del ciclo de la planta (Bänziger et al., 2012).

Rendimiento de grano (RG). En S₁ y S₂, el EH redujo 8 y 27 % el RG y las deficiencias de N redujeron el RG 25, 20 y 18 % en R, S₁ y S₂; el H-48 obtuvo mayor RG ($p \leq 0.05$) que los demás genotipos en R y S₁ con AN y BN; el H-48 y H-50 obtuvieron mayor RG ($p \leq 0.05$) que el resto de los materiales genéticos en S₂ con AN y BN. La respuesta de las plantas de maíz a la sequía y las deficiencias de N en el RG varió con la etapa fenológica, la duración y la intensidad del EH en los diferentes tratamientos de humedad; en S₁ (30-40 dds) la reducción en el RG por efecto de la sequía y las deficiencias de N fue mucho menor que en S₂ (50-70 dds, Cuadro 2) y sobre todo S₃ (70-100 dds) donde las plantas de maíz no produjeron grano (Rincón et al., 2006). El EH redujo el RG en mayor grado que las deficiencias de N en todos los genotipos (Cuadro 2); el RG se reduce cuando las plantas sufren EH severo durante el periodo de floración (Cakir, 2004); el aborto de granos y mazorcas al inicio del llenado de grano y la reducción de la fotosíntesis (Bänziger et al., 2012).

CONCLUSIONES

Los híbridos presentaron mayor capacidad de expansión del área foliar en condiciones de sequía con alto y bajo nitrógeno. La sequía redujo el rendimiento de grano, y este efecto fue mayor en sequía tres, cuando coincidió con la antesis y la floración femenina. Los híbridos superaron a los criollos en el rendimiento de grano con alto y bajo nitrógeno.

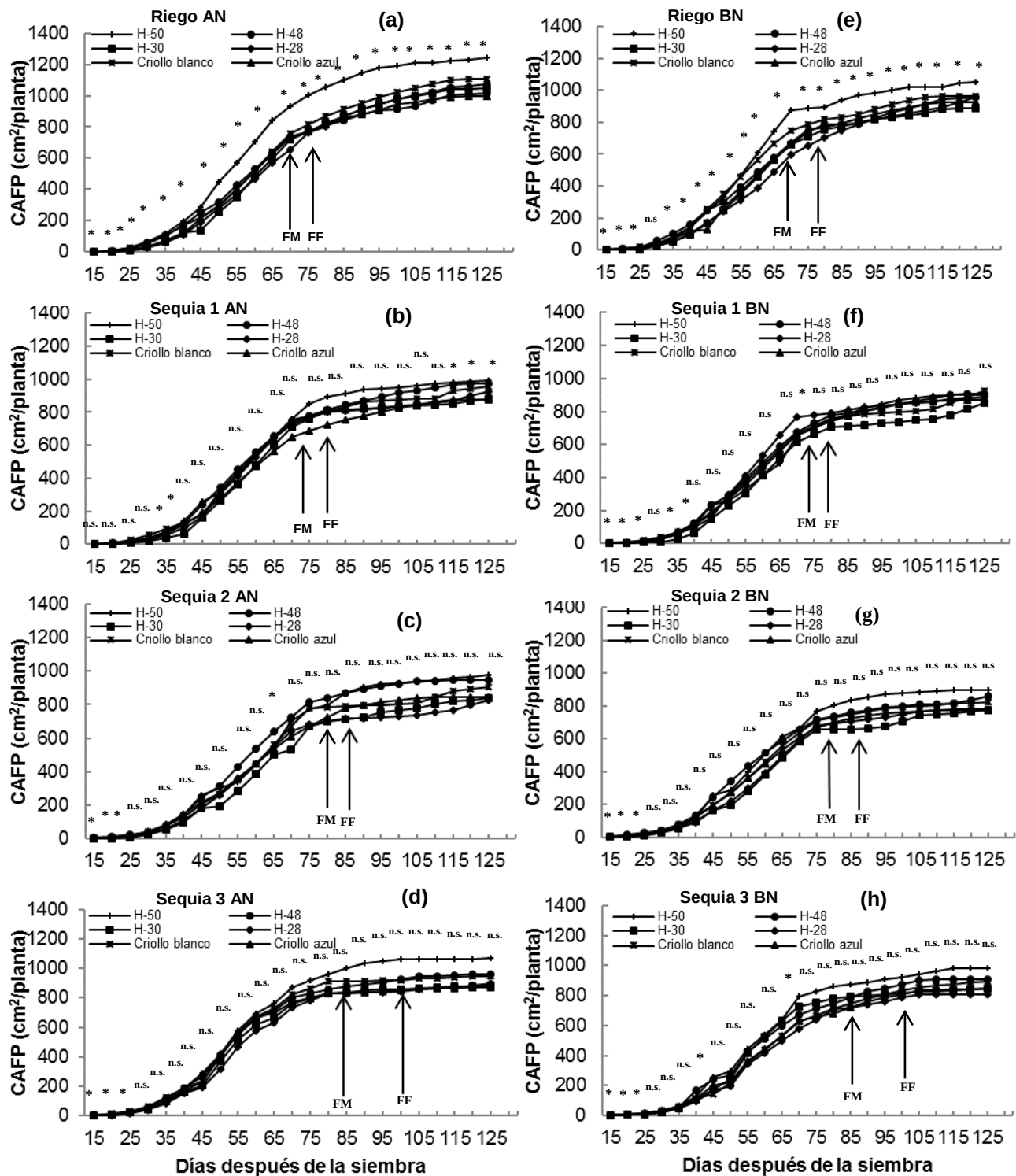


Figura 2. Crecimiento del área foliar acumulada por planta en riego con alto y bajo nitrógeno (a y e); sequia 1 con alto y bajo nitrógeno (b y f); sequia 2 con alto y bajo nitrógeno (c y g) y sequia 3 con alto y bajo nitrógeno (d y h), en condiciones de invernadero, ciclo de verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México. *= ($p \leq 0.05$); n.s.=no significativo, FM=Floración masculina; FF=Floración femenina.]

Cuadro 2. Rendimiento de grano de seis genotipos de maíz evaluados bajo riego, sequía 1 y sequía 2 con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN), en condiciones de invernadero, ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Genotipos	Riego (g /planta)		Sequia 1 (g /planta)		Sequia 2 (g /planta)	
	AN	BN	AN	BN	AN	BN
H-50	67.2b	52.3b	53.3b	47.6b	46.8b	42.6b
H-48	76.8a	70.2a	70.4a	68.2a	65.6a	55.1a
H-30	45.0e	23.6f	42.5e	21.1f	20.3f	15.7f
H-28	51.6d	40.0c	48.1d	38.6c	36.2d	34.7c
Criollo Blanco	36.8f	29.5e	34.3f	28.3e	23.1e	17.4e
Criollo Azul	55.0c	35.3d	50.5c	34.1d	40.3c	25.2d
Media general	55.4	41.8	49.9	39.7	38.8	31.8
DMS ($p \leq 0.05$)	53.8	54.5	40.1	47.9	40.8	46.3

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

LITERATURA CITADA

- Acevedo, E., Hsiao, T.C. and Henderson, D.W. 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology* 48: 631-636.
- Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C., and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- Araus, J.L., Slafer, G.A., Royo, C., and Serret, M.D. 2008. Breeding for Yield Potential and Stress Adaptation in Cereals. *Critical Reviews in Plant Science*, 27:377-412.
- Atteya, A.M. 2003. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulg. J. Plant Physiol*, 29(1-2), 63-76.
- Avendaño, A.C.H., Molina, G.J.D., Trejo, L.C., López, C.C., y Cadena, I.J. 2008. Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1), 27-37.
- Bänzinger, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From theory to practice. CIMMYT. México, D.F. México. 68 p.
- Bänzinger, M., Edmeades, G.O., Beck, D., y Bellon, M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: In: CIMMYT (ed). De la teoría a la práctica. México, D.F.: CIMMYT. 61 p.
- Barrios, G.E.J., Castañeda, C.L. y Shibata, J.K. 2010. Rendimiento de semilla y sus componentes en frijol Flor de Mayo en el centro de México. *Agrociencia* 44: 481-489.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Fiel Crops Research*, 89: 1-16.
- Florida, B.M. y Bao, F.L. 2014. Tolerancia a estrés por déficit hídrico en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos tropicales*, 35 (3), 70-88.
- Granier, C. and Tardieu, F. 2009. Multi-scale phenotyping of leaf expansion in response to environmental changes: the whole is more than the sum of parts. *Plant, Cell and Environment*, 32, 1175-1184.
- Hassan, M.U., Qayyum, A., Razzaq, A., Ahmad, M., Mahmood, I., Khan, S.U. and Jenks, M.A. 2013. Evaluation of maize cultivars for drought tolerance based on physiological traits associated with cell Wall plasticity. *Jokull Journal* 63: 466-478.
- Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants. Academic Press, Inc. New York, U.S.A. 489 p.
- Li, R., Zeng, Y., Xu, J., Wang, Q., Wu, F., Cao, M., Lan, H., Liu, and Lu, Y. 2015. Genetic variation for maize root architecture in response to drought stress at the seedling stage. *Breeding Science* 65: 298-307.
- Puntel, L.A. 2012. Field characterization of maize photosynthesis response to light and leaf area index under different nitrogen levels: a modeling approach. Thesis of master, Iowa State University. 66 p.

- Reyes, J.M., Martínez, D.M., Rueda, R.L., y Rodríguez, T.R. 2014. Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2, 191-203.
- Rincón, T.J.A., Castro, N.S., López, S.J.A., Huerta, A.J., Trejo, L.C., y Briones, E.F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. *Phyton*, 75, 31-40.
- Statistical Analysis System, Versión 9.0 para Windows (2002). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sánchez, E., Ávila Q.G., Gardea, A.A., Muñoz, E., Ruiz, J.M., and Romero, L. 2009. Nitrogen metabolism in roots and leaves of green bean plants exposed to different phosphorus doses. *Phyton*, 78, 11-16.
- Sobrado, M.A. 1991. Aspectos fisiológicos de las respuestas de dos cultivares de maíz tropical al déficit hídrico. *Agronomía Tropical* 41: 23-42.
- Trindade, R.S., Araújo, A.P., and Teixeira, M.G. 2010. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. *Brasileira de Ciência do Solo*, 34(1), 115-124.
- Villalobos, G.A., López, C.C., Miranda, C.S., Aguilar, R.V.H., y López, H.M.B. 2014. Relaciones hídricas en condiciones de sequía y bajo nitrógeno en maíz. III Congreso Nacional y II Internacional en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Toluca, México. Pág. 97.
- Vos, J., Van der Putten, P.E.L. and Birch, C.J. 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Res.* 93: 64-73.

ACUMULACIÓN DE BIOMASA, CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA Y ALCALOIDES TOTALES EN CHIPILÍN DURANTE SU CRECIMIENTO.

BIOMASS ACCUMULATION, PROTEIN AND TOTAL ALKALOIDS CONCENTRATION IN CHIPILIN DURING GROWTH.

¹Pérez-Cornelio BA, ²Lagunes-Espinoza LC, ¹Villarreal-Ibarra EC, ¹Bolio GI, ³Bolaños-Aguilar ED, ¹Hernández-Villegas M

¹Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco

²Área de Ciencia Vegetal, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco

³Programa de Forrajes, INIFAP-Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco

*Autor para correspondencia: lagunesc@colpos.mx

RESUMEN

Se determinó la concentración de MS, de proteína y de alcaloides totales en hojas, tallos y raíces durante el crecimiento de chipilín (*Crotalaria longirostrata*), y después de la aplicación de un tratamiento de calor húmedo (100°C) durante 30 min. El experimento se realizó del 14 de febrero al 27 de julio 2015. Los muestreos de biomasa fueron a los 60, 90, 120 y 150 días después de siembra, con seis repeticiones por fecha de muestreo. En cada muestreo, se separaron hojas, tallos y raíces. Las variables evaluadas fueron: concentración de MS, de proteína y de alcaloides totales. Se realizó un análisis de varianza bajo un arreglo completamente al azar y pruebas de medias (Tukey < 0.05). La concentración de MS se mantuvo durante los primeros 90 días, para después iniciar un crecimiento acelerado hasta los 150 días. El tallo constituyó la mayor proporción (62.4%), seguido de la de hojas (24.6%) y por último raíces (13.1%). Alta proporción de hojas en la biomasa total se observó durante los 60 y 90 días después de siembra. Después de ésta fecha, disminuye drásticamente en beneficio del incremento de tallos. La mayor concentración de proteína fue en hojas (23.1 ± 0.32 g 100g), seguida de la de raíz (8.82 ± 0.55 g 100g) y la de los tallos (5.4 ± 0.32 g 100g). Las hojas + tallos disminuyen su concentración de proteína en 1.24 g 100g cuando son sometidas a un tratamiento térmico. La mayor concentración promedio de alcaloides fue en raíces (0.37 %), seguido del tallo (0.33 %) y finalmente en hojas (0.26 %). El tratamiento de vapor durante 30 min disminuyó los contenidos de alcaloides en raíces, tallos y hojas, sin eliminarlos por completo. Otros estudios son necesarios para incrementar la proporción de hojas y cuantificar alcaloides en esta especie durante su crecimiento.

Palabras clave: leguminosa, alcaloides totales, proteína, hoja, tallo

INTRODUCCIÓN

El chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn.) es una planta perteneciente a la familia de las Fabáceas, originaria de Centroamérica, y cuyas hojas se consumen en México, El Salvador y Guatemala (Soto-Estrada, 2004). Sus hojas son comestibles y ricas en proteína, pero también en metabolitos secundarios (Arias *et al.*, 2003). Entre los metabolitos secundarios que pueden limitar su uso, se encuentran los alcaloides pirrolizidínicos (AP) y sus N-óxidos, que son tóxicos para los mamíferos y aves al causar daño al hígado, pero pueden también afectar al pulmón y otros órganos (Coburn y Molineux, 1987; Vallejo *et al.*, 2006). Para consumo humano, las hojas de chipilín no se consumen en fresco sino que se utilizan los métodos tradicionales de cocción de vegetales verdes como el blanqueado, y hervido para acompañar diversos alimentos. Estos métodos de cocción tienen como objetivo eliminar los compuestos que pueden provocar indigestión o toxicidad al consumir estos vegetales. Diversos estudios indican también que con estos métodos hay pérdidas de vitaminas solubles, minerales, degradación de proteínas y de carotenoides. Poca atención se ha dado a la capacidad de estos métodos de cocción para detoxificar a esta leguminosa de alcaloides y otros metabolitos secundarios que pueden ser un riesgo para la salud (Uliso, 1991; Asres *et al.*, 2004). Se ha documentado que la concentración de alcaloides depende de la variedad, parte de la planta analizada, las condiciones climáticas y el periodo de muestreo. Dado el uso culinario que presenta el chipilín en el estado y a que por su condición de leguminosa es utilizada en alimentación humana y pudiera ser utilizada para complementar dietas animales es necesario conocer los cambios

nutricionales, incluyendo a los AP, que presenta durante el crecimiento y su distribución en los diversos órganos de la planta en fresco, y después de la aplicación de un tratamiento de calor húmedo. Estudios de la composición química y nutricional de esta especie bajo diferentes condiciones ambientales son escasos en México. Los objetivos fueron a) Determinar la concentración de MS, de proteína y de alcaloides totales en hojas, tallos y raíces durante el crecimiento del chipilín, b) Evaluar la concentración de proteína y de alcaloides totales en los órganos ya mencionados, después de la aplicación de un tratamiento de calor húmedo (100°C) durante 30 min.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento. El experimento se estableció en invernadero del área de Fisiología Vegetal del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, del 14 de febrero al 27 de julio 2015. Se sembraron tres semillas de chipilín por maceta de 1 kg de composta comercial, 10 días después de emergencia se realizó un raleo para dejar dos plantas por maceta. No se aplicó fertilización, y se realizó riego diario para mantener humedad adecuada en las macetas.

Muestreos. Los muestreos de la biomasa total de la planta se realizaron a los 60, 90, 120 y 150 días después de siembra, considerando seis repeticiones por fecha de muestreo. En cada muestreo, se separaron hojas, tallos y raíces. Una porción de cada componente por repetición se utilizó para aplicar el tratamiento de calor húmedo a 100°C (colocación de muestra en vaporera por 30 min). La otra porción fue secada a 50°C por 48 h en estufa de aire forzado, y molida en molino Wiley a un tamaño de partícula de 1 mm para su análisis de proteína y alcaloides. Otra porción fue utilizada para obtener el porcentaje de humedad de la materia seca (AOAC, 2005).

Variables evaluadas. Se determinó la proporción de hoja y de tallo en la biomasa total y la relación biomasa/raíz. La concentración de proteína se calculó a partir del porcentaje de Nitrógeno total multiplicado por el factor 6.25 (AOAC, 2005). Alcaloides totales según Múzquiz *et al.* (1993) y Asres *et al.* (2004).

Análisis estadístico. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un arreglo completamente al azar con seis repeticiones, utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013). Pruebas de medias de Tukey fueron aplicadas para distinguir diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de biomasa. El peso seco total de la planta, durante su crecimiento, se mantuvo en los primeros 90 días y a partir de esta edad inició un crecimiento acelerado que continuó hasta los 150 días (Figura 1). Cuando esta biomasa aérea se separó en sus componentes, se observó que el tallo constituyó la mayor proporción (62.4%), seguida de la de hojas (24.6%) y con la más baja la raíz (13.1%). Arias *et al.* (2003) observaron que las hojas de *C. longirostrata* colectadas en cinco comunidades del sur de Veracruz representaron solo el 10% de la materia seca total de la planta, aunque no indica la edad de la planta. Este porcentaje es muy bajo en comparación al observado en condiciones de invernadero en nuestro estudio. Lo anterior es importante a considerar, dado que esta especie es utilizada en la cocina regional por sus hojas (Centurión *et al.*, 2004; Fraile *et al.*, 2007; Bautista-Cruz *et al.*, 2011).

Con respecto a la proporción de hoja y de tallo en la biomasa total y la relación biomasa/raíz, el Cuadro 1 indica un efecto altamente significativo para las tres variables. La Figura 2 muestra la relación entre la proporción de hojas y la proporción de tallo en la biomasa total durante 150 días de crecimiento del chipilín en invernadero. Se observa que el punto crítico para la cosecha de hojas es a los 105 días después de siembra. Después de ésta fecha, disminuye drásticamente la proporción de hojas en beneficio del incremento de la de tallos. Alta proporción de hojas en la biomasa total se observó de los 60 a los 90 días después de siembra.

Concentración de proteína. La mayor concentración de proteína fue observada en hojas (23.1 ± 0.32 g 100g), seguida de la de raíz (8.82 ± 0.55 g 100g) y al final la de los tallos (5.4 ± 0.32 g 100g). Estos valores son bajos al compararlos con los observados por Arias *et al.* (2003) y Juárez-Fuentes *et al.* (2013). Dado que el principal uso del chipilín en la cocina tradicional son sus hojas, consumidas cocidas, se procedió a evaluar el efecto de un tratamiento térmico (cocido al vapor durante 30 min) sobre la concentración de proteína durante a los 60, 90, 120 y 150 días después de siembra. La Figura 3 muestra que en promedio, las hojas + tallos disminuyen su concentración de proteína en 1.24 g 100g cuando son sometidas a un tratamiento térmico.

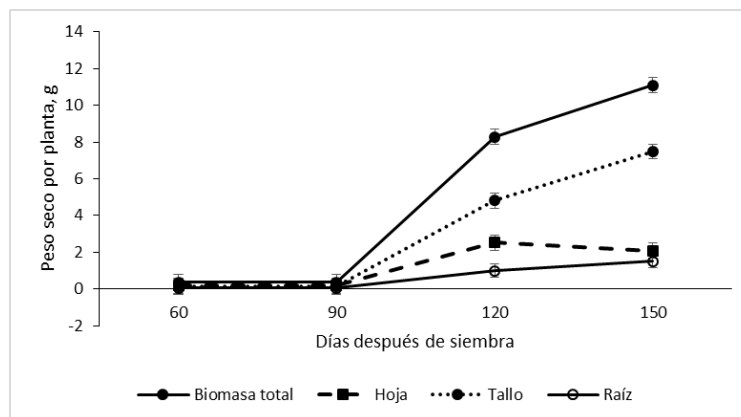


Figura 1. Acumulación de biomasa aérea total, de tallos, de hojas y de raíz durante 150 días de crecimiento de chipilín en invernadero.

Dado que no existen datos en la literatura sobre contenido de alcaloides pirrolizidínicos totales en tallos, hojas y raíces de chipilín, los resultados obtenidos no se pueden comparar. Lo cierto es que, bajo la metodología usada, se cuantificaron alcaloides totales en los diferentes órganos de chipilín, aun cuando los contenidos son bajos. Una ventaja es que las hojas y tallos jóvenes no son consumidos en fresco, sino cocidos, lo que disminuye su concentración. El tratamiento de vapor durante 30 min disminuyó significativamente los contenidos de alcaloides en raíces, tallos y hojas de chipilín (Figura 5). Lo que significa que el consumo de las partes de esta planta cocida disminuye el riesgo de toxicidad, aunque el riesgo latente existe. Erika (2013) indica que las concentraciones de AP deben estar por debajo de 0.01% para poder ser utilizados en la alimentación sin riesgos de toxicidad.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la proporción de hoja y tallo en la biomasa total y relación biomasa/raíz durante el crecimiento de *C. longirostrata*.

Factor de variación	gl	Cuadrados Medios		
		Proporción de hoja	Proporción de tallo	Relación biomasa/raíz
Edad de la planta	3	0.14***	0.17***	4.09*
Error	20	0.001	0.00075	0.77

*** $p \geq 0.0001$

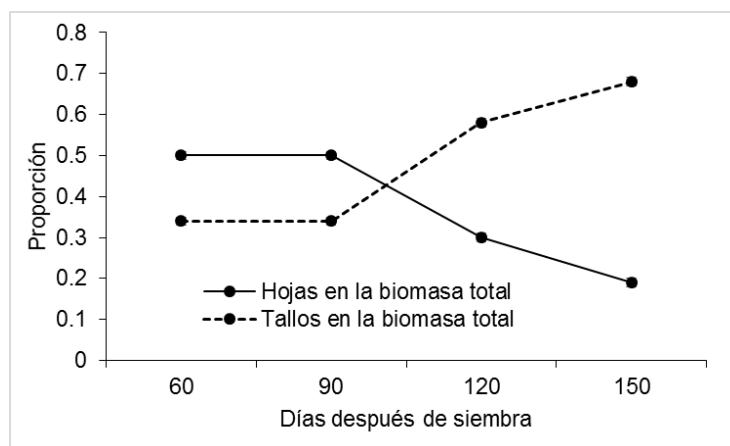


Figura 2. Proporción de hojas y tallos en la biomasa aérea total durante 150 días de crecimiento de chipilín en invernadero

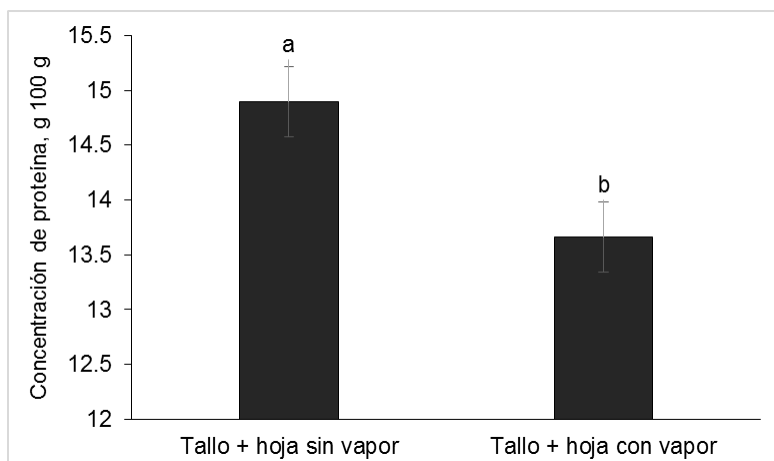


Figura 3. Concentración de proteína en tallos más hojas de chipilín con y sin tratamiento térmico.

Concentración de alcaloides. Observando los datos promedio de concentración de alcaloides durante 150 días de crecimiento de chipilín, el mayor porcentaje se encuentra en las raíces (0.37 %), seguido del tallo (0.33 %) y en menor en hojas (0.26 %) (Figura 4).

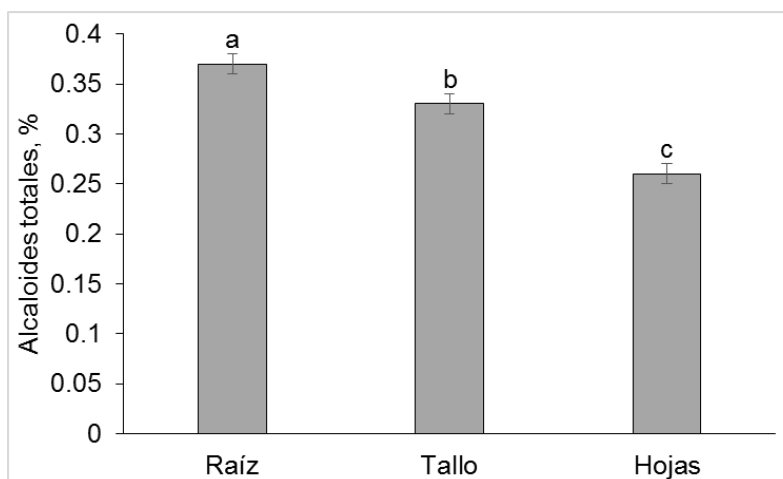


Figura 4. Contenido de alcaloides totales promedio en tallos, hojas y raíces de chipilín durante 150 días de crecimiento.

De acuerdo a Edgar *et al.* (2015) el consumo de vegetales verdes que contienen alcaloides pirrolizidínicos aun a dosis bajas, lentamente pueden desarrollar enfermedades crónicas como la hipertensión arterial pulmonar, cáncer, cirrosis y anomalías congénitas, que difícilmente pueden clínicamente ligarse a la dieta si el paciente no indica el consumo frecuente de las especies que los contienen.

CONCLUSIONES

De los 60 a 90 días después de siembra, las hojas de chipilín presentan un alto contenido de proteína y un reducido contenido de alcaloides. El contenido de alcaloides se disminuye al aplicar un tratamiento calórico húmedo consistente en vapor por 30 min, sin eliminarlos por completo. De 60 a 90 días la biomasa foliar total es muy baja, por lo que otros estudios tendrán que realizarse para incrementar la biomasa foliar. Además, se requiere evaluar otras metodologías para cuantificar el contenido de alcaloides pirrolizidínicos durante el crecimiento de esta especie.

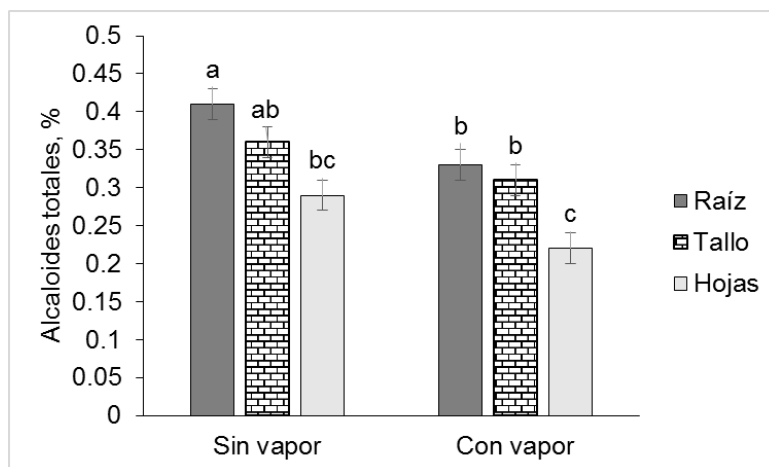


Figura 5. Contenido de alcaloides totales en raíz, tallo y hojas de chipilín cuando se aplica o no un tratamiento de calor (100°C) en forma de vapor durante 30 min.

LITERATURA CITADA

- Asres K., Sporer F. and Wink M. 2004. Patterns of pyrrolizidine alkaloids in 12 Ethiopian *Crotalaria* species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32, 915-930.
- Arias L., Losada H., Rendón A., Grande D., Vieyra J., Soriano R., Rivera J. and Cortés J. 2003. Evaluation of Chipilín (*Crotalaria longirostrata*) as a forage resource for ruminant feeding in the tropical areas of Mexico. *Livestock Research for Rural Development*, (15), 4.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists 18th Edition, Washington, D. C. U. S. A.
- Bautista-Cruz A., Arnaud-Viñas M.R., Martínez-Gutiérrez G.A., Sánchez-Medina P.S. and Pérez P.R. 2011. The traditional medicinal and food uses of four plants in Oaxaca, Mexico. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(15), 3404-3411.
- Centurión H.D., Cázares J.G.C. y Espinosa M.J. 2004. Inventario de recursos fitogenéticos alimentarios de Tabasco. Colección José Ma. Pino Suárez. Estudios Regionales y de Desarrollo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 195 p.
- Coburn W.M. and Molyneux R.J. 1987. Occurrence, concentration, and toxicity of pyrrolizidine alkaloids in *Crotalaria* seeds. *Weed Science*, 35, 476-481.
- Edgar, J. A., Molyneux J. M., and Colegate S.M. 2015. Pyrrolizidine alkaloids: potential role in the etiology of cancers, pulmonary hypertension, congenital anomalies, and liver disease. *Chem. Res. Toxicol.*, 28 (1), 4–20.
- Elika. 2013. Sustancias indeseables / Alimentación animal. Alcaloides Pirrolizidínicos. Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria. España. 6 p.
- Fraile Ma.E., García S. Ma.D., Martínez B.A., y Slomianski R. 2007. Nutritivas y apetecibles: conozca de leguminosas comestibles. Parte I. Hojas, vainas y semillas. *ContactoS*, 66, 27-35.
- Juárez-Fuentes B., Lagunes-Espinoza L. C., Pablo-Pérez M. y Bolaños-Aguilar E. D. 2013. Evaluación preliminar de la composición química de leguminosas tropicales nativas: *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. y *Senna fruticosa* Mill. II Simposium Internacional sobre Producción Agroalimentaria Tropical y XXV Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco'2013. 5 y 6 de septiembre, Villahermosa, Tabasco, pp. 213-220.
- Muzquiz M., Burbano C., Cuadrado C. and de la Cuadra C. 1993. Determination of thermoresistant antinutritional factors in legumes. I. Alkaloids. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetal*, 8, 351-361.
- Soto-Estrada C. 2004. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 40. CROTALARIEAE. Departamento de Botánica. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 29 p.
- Vallejo C.M.L., García Pérez A. C., Ramírez Lezama J. 2006. Hepatotoxicosis por alcaloides pirrolizidínicos, reporte de un caso clínico. *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)*. Veterinaria Organización S.L. España Vol. VII, pp. 1-7.

Referencias informáticas

- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., and Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

VIVERO DE ADAPTACIÓN Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO

BLACK BEAN GENOTYPES NURSERY TO ASSESS ADAPTATION AND SEED YIELD IN NORTHERN VERACRUZ, MEXICO

*¹Rodríguez Rodríguez JR, ²Ibarra Pérez FJ, ²Tosquy Valle OH y ²López Salinas E

Campo Experimental Ixtacuaco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 4.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Veracruz, Méx. A. P. 162.

²Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, C.P. 94720. Medellín, Veracruz.

Autor para correspondencia: rodriguez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el norte de Veracruz, las enfermedades son uno de los principales factores que limitan la producción del frijol. La severidad del daño depende principalmente de la agresividad del patógeno, las variedades utilizadas y las condiciones ambientales. Los viveros en el campo permiten una rápida evaluación de numerosas líneas de su adaptación, rendimiento y reacción ante la incidencia de alguna enfermedad específica. En el ciclo otoño-invierno 2015-16, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP se estableció un vivero de adaptación sin diseño experimental conformado por 50 líneas recombinantes de frijol negro y tres variedades comerciales (testigos), con la finalidad de identificar las más sobresalientes por su rendimiento y reacción a la incidencia natural de enfermedades, en condiciones de humedad residual. En el vivero se presentaron condiciones ambientales para la incidencia de mustia hilachosa, tales como períodos lluviosos, temperatura de moderada a alta y elevada humedad relativa; la reacción a esta enfermedad se evaluó con una escala de 1 a 9 del CIAT. Se cuantificaron los días a floración y a madurez fisiológica y el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea; también se registró la precipitación pluvial (mm), temperatura y humedad relativa que prevalecieron durante el ciclo del cultivo. Del grupo de genotipos evaluados, se identificaron tres líneas sobresalientes: Papaloapan/SEN 46-7-8, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Negro Citlali/187-3-1-6 con rendimientos de grano de 2255, 2171 y 2144 kg ha⁻¹, respectivamente, las cuales obtuvieron baja calificación de reacción a la enfermedad, con daños menores a 10% y mayor rendimiento y sanidad que los testigos comerciales Negro Comapa, Negro Grijalva y Negro Tacaná.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, producción, Mustia hilachosa.

INTRODUCCIÓN

En las áreas tropicales y templadas de México, la producción de frijol está determinada por factores abióticos y bióticos, que interactúan durante el ciclo del cultivo de esta especie; dentro de estos últimos, las enfermedades son una de las más importantes y su severidad depende de la frecuencia y características del patógeno, la reacción de las variedades utilizadas, así como de las condiciones ambientales y del sistema de cultivo, entre otros (CIAT, 1982a). Algunas enfermedades que comúnmente se presentan en las áreas tropicales y subtropicales del estado de Veracruz son: roya, mancha angular y antracnosis, mosaico común, mosaico necrótico común y mosaico amarillo dorado, las cuales pueden causar pérdidas significativas en el rendimiento de grano. Otros patógenos también pueden causar pérdidas significativas en el rendimiento del frijol, pero están limitadas a ciertas condiciones ambientales específicas para el desarrollo del patógeno (Beebe y Pastor-Corrales, 1991), entre ellas están: la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) y las pudriciones de raíces causadas por hongos como: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, *Pythium* spp. y *Sclerotium rolfsii* (López et al., 1994).

Los viveros de adaptación en el campo permiten una rápida evaluación de numerosas líneas de frijol común en su reacción ante alguna enfermedad específica. Pero la evaluación de frijol común en el campo tiene sus limitaciones, ya que las condiciones apropiadas para la infección de un determinado patógeno ocurren solamente durante ciertas épocas del año (Beaver, et al., 2002). Las variedades de frijol con mayores niveles de resistencia a enfermedades, son la opción de control más barata y pueden contribuir a reducir las pérdidas de rendimiento causadas por estos patógenos. El presente

trabajo tuvo como objetivo identificar líneas recombinantes de frijol negro mesoamericano por su rendimiento y reacción a la incidencia natural de enfermedades, en condiciones de humedad residual en el norte de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

En octubre de 2015, se estableció un vivero de adaptación, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, ubicado en Tlapacoyan, en el norte del estado 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 24.0 °C (García, 1987; Díaz et al., 2006). El vivero se conformó de 50 líneas recombinantes de frijol negro y las variedades: Negro Comapa, Negro Grijalva y Negro Tacaná (testigos regionales), éstas últimas se sembraron cada 10 líneas. El vivero se sembró sin diseño experimental, en parcelas de un surco de 5 m de longitud, separados a 0.60 m, a una densidad de población de 250,000 plantas ha⁻¹, y se condujo bajo condiciones de humedad residual. La fertilización mineral al suelo se realizó 12 días después de la siembra en la etapa de hojas primarias 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 y se controlaron las plagas insectiles como doradillas (*Diabrotica* sp.), chicharritas (*Empoasca kraemeri*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*), mediante la aplicación de un insecticida a base de imidacloprid (grupo Neoncotinoides) + betacyfluthrin (grupo Piretroides), en dosis de 1 mL de producto por litro de agua (200 mL ha⁻¹ de producto comercial). Durante el ciclo se cuantificó la precipitación pluvial (mm) ocurrida, la temperatura (°C) y la humedad relativa (%) prevalecientes en el vivero (WWO, 2015-2016). Se cuantificaron los días a floración y madurez fisiológica de los genotipos, cuando el 50% de las plantas de cada uno de ellos alcanzaron esas etapas. Cabe indicar que durante la etapa de prefloración inició el ataque de la enfermedad denominada mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*); se realizaron lecturas de la enfermedad en floración y en el llenado de vainas del cultivo, estimándose en estos periodos la severidad de la enfermedad, utilizando la escala de 1 a 9 del CIAT (1987), donde 1-3 representa plantas sin síntomas visibles, 4-6 síntomas intermedios y 7-9 plantas con síntomas muy severos. El grano cosechado de cada parcela se limpió, pesó y transformó en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Los datos de cada variable obtenidos se compararon con el promedio de los testigos regionales; se realizó un análisis de correlación, para determinar si la mustia hilachosa afectó significativamente el rendimiento de frijol (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al inicio de la etapa reproductiva del cultivo, cuando el 50% de las plantas mostraba por lo menos un botón floral, hubo un período de alta precipitación pluvial, en el que se acumularon 178.55 mm, una temperatura promedio de 22.9 °C y una humedad relativa de 90.1%, lo que propició condiciones favorables para la incidencia de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) (CIAT, 1982b; Rosas, 2003; Costa-Coelho et al., 2012). A partir de la floración hasta el llenado de vainas (Fernández et al., 1985), aumentó la severidad de la enfermedad, ya que las condiciones climáticas siguieron favoreciendo la presencia del patógeno; la precipitación pluvial en este período alcanzó 213.43 mm, y la temperatura y la humedad relativa promedio fueron de 21.9 °C y 85.4%, respectivamente (WWO, 2015-16). En el Cuadro 1 se muestran las características agronómicas, la reacción a la mustia hilachosa y el rendimiento de grano de los genotipos evaluados. La gran mayoría de ellos difirió en su reacción a la enfermedad. Las líneas Papaloapan/SEN 46-7-8, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Negro Citlali/RAV-187-3-1-6, fueron las más productivas con rendimientos mayores a 2 t ha⁻¹, las cuales mostraron daños menores a 10% por la mustia hilachosa.

Aunque algunas líneas de frijol presentaron daños mínimos por la enfermedad, hasta ahora no se tiene conocimiento de genotipos con un alto grado de resistencia (CIAT, 1982a; Gálvez et al., 1989; Takegami y Beaver, 2000). La línea Papaloapan/SEN 46-6-2, fue la menos rendidora y tuvo una calificación de 5 que indica una reacción intermedia al patógeno, y según la escala utilizada corresponde a un 30% de daño. Algunos autores señalan que la combinación de la resistencia genética de la planta y su arquitectura, pueden favorecer un escape a la enfermedad, por una mejor circulación del aire (Gálvez et al., 1980; Montoya et al., 1997; Costa-Coelho et al. 2014), pero en el

Cuadro 1. Vivero de adaptación: características fenológicas, sanidad y rendimiento de grano ha⁻¹. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño-invierno 2015-2016.

Trat	Genotipo	Floración (dds)	Madurez (dds)	Mustia hilachosa	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
1	Papaloapan/SEN 46-1-7	41	83	8.0	804
2	Papaloapan/SEN 46-1-8	40	83	7.0	1395
3	Papaloapan/SEN 46-1-10	39	83	2.0	1222
4	Papaloapan/SEN 46-2-1	38	79	2.0	1579
5	Papaloapan/SEN 46-2-2	39	81	5.0	1609
6	Papaloapan/SEN 46-2-3	39	82	2.0	1871
7	Papaloapan/SEN 46-2-4	40	82	4.0	1141
8	Papaloapan/SEN 46-2-5	41	80	3.0	1669
9	Papaloapan/SEN 46-2-6	38	80	6.0	1610
10	Papaloapan/SEN 46-2-7	37	79	5.0	1443
11	Papaloapan/SEN 46-2-11	38	80	5.0	1297
12	Papaloapan/SEN 46-3-2	38	80	5.0	1505
13	Papaloapan/SEN 46-3-5	39	81	3.0	1528
14	Papaloapan/SEN 46-3-7	38	79	3.0	1634
15	Papaloapan/SEN 46-4-5	38	79	2.5	1465
16	Papaloapan/SEN 46-4-8	39	79	5.0	1004
17	Papaloapan/SEN 46-4-9	41	79	5.0	1298
18	Papaloapan/SEN 46-4-10	39	80	6.0	768
19	Papaloapan/SEN 46-6-1	38	80	4.0	750
20	Papaloapan/SEN 46 -6-2	37	79	5.0	690
21	Papaloapan/SEN 46-6-3	40	80	3.0	853
22	Papaloapan/SEN 46-6-4	40	80	2.0	1036
23	Papaloapan/SEN 46-6-5	41	79	3.0	1053
24	Papaloapan/SEN 46-6-6	40	79	2.0	1511
25	Papaloapan/SEN 46-7-1	41	79	3.0	763
26	Papaloapan/SEN 46-7-6	38	80	2.0	1837
*27	Papaloapan/SEN 46-7-7	40	80	1.0	2171
*28	Papaloapan/SEN 46-7-8	38	80	2.0	2255
29	Papaloapan/SEN 46-7-9	40	79	3.0	1270
30	Papaloapan/SEN 46 -7-10	41	80	4.0	1429
31	Papaloapan/SEN 46-7-11	38	79	3.0	1491
32	Papaloapan/SEN 46 -7-12	40	79	3.0	1600
33	Papaloapan/SEN 46-7-13	39	79	7.0	709
34	Negro Citlali/RAV-187-3-1-2	39	80	4.0	1321
35	Negro Citlali/RAV-187-3-1-5	39	79	2.0	1820
*36	Negro Citlali/RAV-187-3-1-6	39	80	2.0	2144
37	Negro Citlali/RAV-187-3-1-8	38	79	4.0	1224
38	Negro Citlali/RAV-187-3-1-9	39	80	2.0	1775
39	Negro Citlali/RAV-187-3-2-2	39	80	2.0	1384
40	Negro Citlali/RAV-187-3-2-4	40	82	2.0	1051
41	Negro Citlali/RAV-187-3-2-5	41	80	4.0	1090
42	Negro Citlali/RAV-187-3-7-2	41	80	7.0	1171
43	Negro Citlali/RAV-187-3-14-6	39	80	3.0	1247
44	Negro Citlali/RAV-187-3-14-7	39	80	7.0	997
45	Negro Citlali/RAV-187-3-16-7	39	81	4.0	1528
46	Jamapa Plus/RAV-3-1-2	40	80	4.0	1560
47	Jamapa Plus/RAV-3-1-8	39	79	4.0	1711
48	Jamapa Plus/RAV-3-4-1	40	81	5.0	1377
49	Jamapa Plus/RAV-3-4-4	39	79	5.0	1528
50	Papaloapan/SEN 46-5-5	38	79	6.0	1628
51	Negro Comapa (Testigo)	38.1	79.6	4.3	1443
52	Negro Grijalva (Testigo)	38.5	79.0	5.1	1372
53	Negro Tacaná (Testigo)	38.6	79.3	4.0	1702

dds= días después de la siembra; *= Genotipos sobresalientes.

presente ensayo no se encontró correlación entre la arquitectura de la planta y el daño ocasionado por la mustia hilachosa.

En la Figura 1, se muestra el rendimiento de grano de los genotipos y su respuesta a la incidencia de mustia hilachosa; en el cuadrante a) se ubicaron los genotipos: Papaloapan/SEN 46-6-2, Papaloapan/SEN 46-7-13, Papaloapan/SEN 46-6-1 y el testigo regional Negro Grijalva, los cuales obtuvieron un rendimiento menor al promedio ($1383.76 \text{ kg ha}^{-1}$) y su reacción a la mustia hilachosa fue mayor a la media (3.88); su calificación osciló entre 4 y 7 (20 a 30% de daño). En el cuadrante b) se ubicaron los testigos Negro Comapa y Negro Tacaná, que rindieron más que el promedio y su calificación a la enfermedad fue mayor a la media (entre 4 y 4.3, es decir reacción intermedia a la presencia del hongo, con 20-25% de daño) y en el cuadrante d) se encuentran las líneas Papaloapan/SEN 46-7-8, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Negro Citlali/187-3-1-6, con rendimiento mayor al promedio y daño por la mustia hilachosa por debajo de la media general (CIAT, 1987); estos genotipos son los más sobresalientes, por su rendimiento y sanidad de cultivo, superiores al de los testigos regionales; estos resultados coinciden con los reportados por Rodríguez y González (1999) y León-Saavedra et al., (2008). En este estudio, hubo correlación negativa entre el rendimiento de grano y la enfermedad ($r = -0.4575$), similar relación encontraron Costa-Coelho et al., (2012).

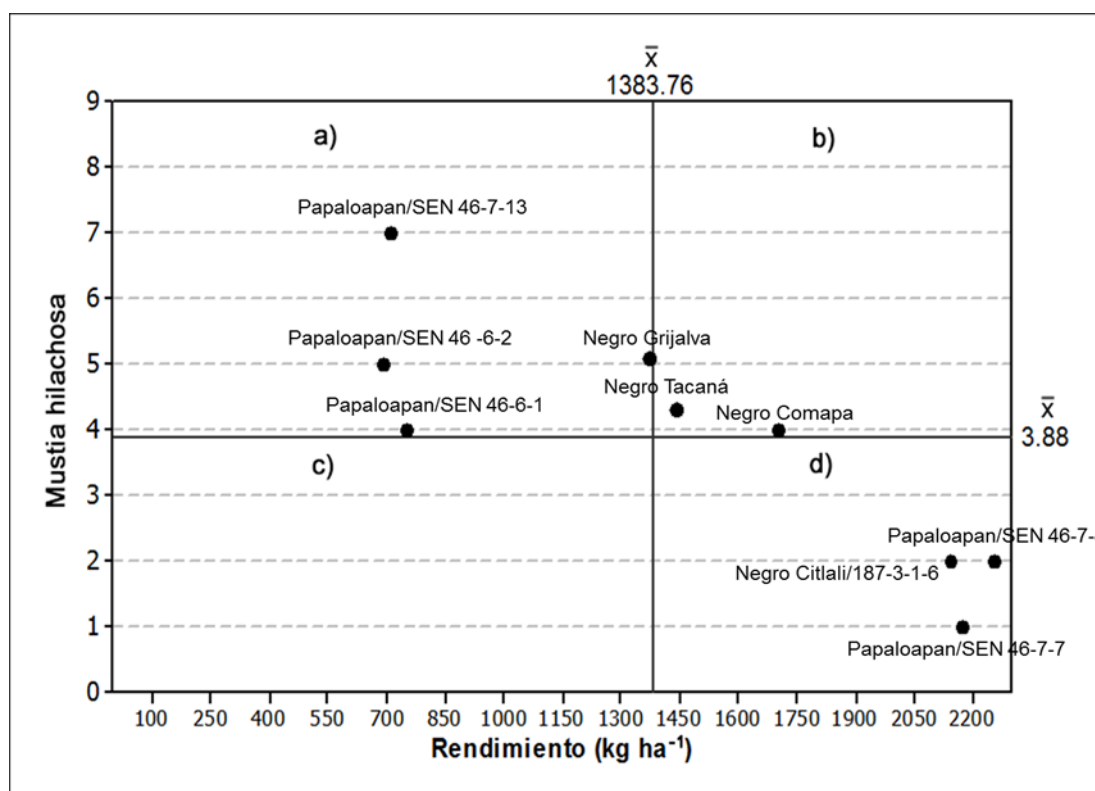


Figura 1. Rendimiento y calificación de mustia hilachosa de las líneas más productivas, las de menor rendimiento y los testigos regionales. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño-invierno 2015-2016.

CONCLUSIONES

Papaloapan/SEN 46-7-8, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Negro Citlali/187-3-1-6, fueron las líneas más productivas, bajo condiciones de humedad residual en el norte de Veracruz; estas líneas también mostraron baja incidencia al ataque de mustia hilachosa.

LITERATURA CITADA

- Beaver J. S., G. Godoy, J. C. Rosas, J. Steadman. 2002. Estrategias para seleccionar frijol común con mayor resistencia a Mustia hilachosa. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 67-72.
- Beebe, S. A. and Pastor-Corrales, M. A. 1991. Breeding for disease resistance. pp. 561-618. *In*: Art van Schoonhoven and O. Voysest (eds). *Common Bean Research for Crop Improvement*. CIAT. Cali, Colombia. 981 p.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982a. Enfermedades del frijol causadas por hongos y su control. Guía de estudio. Contenido Científico Howard F. Schwartz. Producción Héctor F. Ospina y Carlos Flor. Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982b. La Mustia hilachosa del frijol y su control. Guía de estudio. Contenido Científico: Gálvez, Guillermo E., Galindo, José J., y Castaño, M. Producción: Ospina, Héctor, López Marceliano y Bonilla, Mayra. Cali, Colombia. 20 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Art van Schoonhoven y M. Pastor-Corrales (comps). Cali, Colombia. 56 p.
- Costa-Coelho, G., L. Júnior, C. Filho. 2012. Epidemiologia da mela e produtividade do feijoeiro-comum tratado com fungicidas. *Summa Phytopathologica*, 38(3): 211-215.
- Costa-Coello, G., C., Filho., A. Correa and M. Lobo. 2014. A comparison of web blight epidemics on common bean cultivars with different growth habits. *Crop Protection*. 55:16-20
- 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.
- Fernández, F., P. Gepts y M. López. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. *In: López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 61-78.*
- Gálvez, G., P. Guzmán y M. Castaño. 1980. La Mustia hilachosa. pp.101-110. *In: Problemas de Producción del Frijol. Enfermedades, Insectos, Limitaciones Edáficas y Climáticas de Phaseolus vulgaris.* CIAT. Cali, Colombia. 424 p.
- Gálvez, G.; B. Mora; M. Pastor-Corrales. 1989. Web blight. *In: Pastor, M.; Schwartz, H. eds. Bean production problems in the tropics.* Cali, Colombia. CIAT. pp. 195-209.
- 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.
- León-Saavedra, I., B. Faure-Álvarez, O. Rodríguez-Miranda, R. Benítez-González, Y. Suárez- González y R. Rodríguez-Rodríguez. 2008. Selección de nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) frente a las principales enfermedades del cultivo en Cuba. *Fitosanidad* 12(1): 27-31.
- 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 (CIRGOC). Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- Montoya, C., J. S. Beaver, R. Rodríguez, N. Miklas and G. Godoy-Lu. 1997. Heritability of resistance to Web blight in five common bean populations. *Crop Sci.* 37: 780-783.
- 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.
- Rodríguez, E. y F. González. 1999. Evaluación de la resistencia la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, en líneas y variedades de frijol. *Caisan*, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 10): 51-57.
- Rosas, J. C. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano Honduras. 2da. Edición. Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras. 57 p.
- Takegami, J.C. and J.S. Beaver. 2000. Heritability of web blight resistance in common bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop* 43:43-44

Referencias informáticas

- WWO (World Weather Online) 2015-2016. Martínez de la Torre Weather, México. <http://www.worldweatheronline.com>; consultado el 4 de mayo de 2016.

RENDIMIENTO Y REACCIÓN A LA MUSTIA HILACHOSA DE GENOTIPOS DE FRIJOL EN EL NORTE DE VERACRUZ

YIELD AND WEB BLIGHT REACTION OF COMMON BEAN GENOTYPES IN NORTHERN VERACRUZ

*¹Rodríguez Rodríguez JR, ²Tosquy Valle OH y ²López Salinas E

¹Campo Experimental Ixtacuaco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 4.5 Carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Veracruz, Méx. A. P. 162. ²Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. C.P. 94720. Medellín, Veracruz. Autor para correspondencia: rodriguez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

Uno de los problemas bióticos más destructivos son las enfermedades; en este ciclo de siembra se presentó el patógeno denominado mustia hilachosa, cuyo agente causal es *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk; este hongo en su fase asexual se denomina *Rhizoctonia solani*. En octubre de 2015, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, se estableció un experimento con el objetivo de evaluar el rendimiento y reacción a la Mustia hilachosa de cinco variedades de frijol (Verdín, Jamapa, Negro Michigan, Negro Cotaxtla y el cultivar introducido 'Mulato'). La reacción a la enfermedad se evaluó con una escala de 1 a 9 del CIAT, donde 1 representa plantas sin síntomas visibles y 9 con síntomas muy severos. Se cuantificaron los días a floración y a madurez fisiológica, así como el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea. Como variables explicativas se cuantificó la precipitación (mm) directamente del sitio experimental; la temperatura promedio (°C) y la humedad relativa (%). La calificación a la enfermedad y los datos de rendimiento se analizaron en un diseño estadístico en bloques al azar con cuatro repeticiones, y para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 0.05; la variedad Verdín tuvo el mayor rendimiento de grano (1816.5 kg ha⁻¹) y fue resistente a la mustia hilachosa; la producción de grano y la enfermedad tuvieron una alta correlación negativa ($r = -0.8364$).

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, variedades, productividad y enfermedad.

INTRODUCCIÓN

En Veracruz, México, el frijol se cultiva en una superficie de 35,250 hectáreas, con rendimiento promedio de 670 kilogramos por hectárea que se considera muy bajo (SIAP, 2016); en el norte de Veracruz el frijol es un cultivo de subsistencia practicado principalmente por agricultores tradicionales con bajo uso de insumos que reducen su rentabilidad, debido al efecto combinado de factores bióticos y abióticos; las enfermedades son uno de los principales factores limitantes los cuales pueden reducir la producción de 20 a 90% en función del patógeno y de la severidad (López-Salinas et al., 2002; Singh y Schwartz, 2010). El problema se agudiza porque los agricultores regionales, siembran principalmente genotipos criollos de bajo rendimiento y materiales de origen desconocido susceptibles a enfermedades; así los riesgos de bajo rendimiento se incrementan significativamente. En este contexto la mustia hilachosa del frijol es una de las enfermedades más devastadoras, cuyo agente causal es *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk; este hongo en su fase imperfecta (asexual) es denominado *Rhizoctonia solani*. La enfermedad es favorecida por clima lluvioso, temperaturas de moderadas a elevadas (20-30 °C) y alta humedad relativa (>80%) (Gálvez et al., 1989; Acosta, 1989; Pedroza et al., 2010). Los daños que ocasiona pueden ser muy elevados y en algunos casos hay pérdida total especialmente en las zonas bajas tropicales (CIAT, 1982; Rodríguez et al., 1999; Rosas, 2003). En condiciones naturales de campo, la mayoría de las variedades criollas y mejoradas antiguas son susceptibles a la mustia hilachosa (CIAT, 1989). El objetivo de este ensayo fue determinar el rendimiento y la reacción a la Mustia hilachosa de cinco variedades de frijol negro evaluadas en condiciones de humedad residual en el norte de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció el 22 de octubre de 2015, en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, en Tlapacoyan, norte del estado de Veracruz, a 20° 02' de latitud norte y 97° 05' de longitud oeste, a una altitud de 88 m. Su clima es cálido húmedo Af(m)(e), con una precipitación anual de 1743 mm y temperatura media anual de 24.0 °C (García, 1987; Díaz et al., 2006). Se sembraron las variedades: Verdín recientemente liberada para el trópico mexicano, junto con Negro Jamapa, Negro Cotaxtla-91, Negro Michigan y el cultivar introducido de Jalisco denominado 'Mulato' (Lépiz et al., 2011 y 2015); el establecimiento de los genotipos se hizo en surcos separados a 0.60 m, con una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹. El ensayo se condujo bajo condiciones de humedad residual. Al inicio de la etapa vegetativa (11 días después de la siembra), se fertilizó al suelo con la fórmula 40-40-00 (N-P-K), utilizando como fuentes nutrimentales Urea (46% de N) y Fosfato Diamónico (DAP, grado 18-46-0) (López et al., 1994), se realizaron dos escardas manuales; se controlaron las plagas de doradillas (*Diabrotica* sp.) y chicharritas (*Empoasca kraemerii*), mediante imidacloprid (grupo Neonicotinoides) + betacyfluthrin (grupo Piretroides), en dosis de 1 mL de producto por litro de agua (200 mL ha⁻¹ de producto comercial). Durante el desarrollo del cultivo, En la etapa de prefloración se inició el ataque de mustia hilachosa, con una escala de 1 a 9, donde 1-3 representa plantas sin síntomas visibles, 4-6 síntomas intermedios y 7-9 plantas con síntomas muy severos (CIAT, 1987). Se cuantificaron los días a floración y a madurez fisiológica de los genotipos cuando el 50% de las plantas de cada uno de ellos alcanzaron esas etapas. El grano obtenido se limpió, pesó y transformó en kg ha⁻¹ al 14% de humedad. Como variables explicativas se registraron la precipitación del sitio experimental (mm), la temperatura promedio (°C) y la humedad relativa (%) (WWO, 2015-2016). El rendimiento y la calificación de la enfermedad se analizaron en diseño estadístico bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y para la separación de promedios se aplicó la prueba Diferencia Mínima Significativa al 0.05 (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se aprecia que Verdín y Mulato resultaron ser las variedades más precoces, alcanzando la floración y madurez fisiológica a los 36 y 75 días después de la siembra (dds), mientras que la variedad Negro Cotaxtla-91 fue la más tardía (42 y 83 dds respectivamente)

Cuadro 1. Período para alcanzar la floración y madurez fisiológica de cinco genotipos de frijol Común en condiciones de humedad residual. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño-invierno 2015-2016.

VARIEDADES	Días después de la siembra (dds*)	
	Floración	Madurez fisiológica
Verdín	36	75
Mulato	36	75
N. Michigan	39	80
Negro Jamapa	40	81
Negro Cotaxtla-91	42	83

* Días después de la siembra.

Hubo diferencias altamente significativas entre genotipos en la reacción a la mustia hilachosa; Negro Jamapa (calificación 7.0= 70% de daño y Negro Michigan (calificación 6.5= 60% de daño) resultaron severamente atacados; ambos fueron estadísticamente semejantes al 0.05%; la variedad Negro Cotaxtla-91 tuvo una reacción intermedia (calificación 3.5= 20% de daño); la menor calificación la obtuvieron el cultivar introducido de Jalisco denominado 'Mulato' (calificación 2.5= <10% de daño) y la variedad "Verdín" (calificación 1.7=<5% de daño) las dos genotipos recientemente liberados, ambos mostraron resistencia a la enfermedad (CIAT, 1989; Lépiz et al., 2011; Tosquy-Valle et al, 2014). Aún no se ha identificado un genotipo de frijol que tenga un alto nivel de resistencia; algunos investigadores señalan que la arquitectura de la planta es muy importante en la reacción a la mustia hilachosa (Montoya et al., 1997; Beaver et al., 2002; Costa-Coelho et al., 2014). Los genotipos 'Verdín', Mulato y Negro Cotaxtla-91 presentaron menor calificación y tienen un hábito de crecimiento indeterminado tipo II, arbustivo y erecto, según los describen López-Salinas et al., (1993); Lépiz et al.,

(2011); Rodríguez-Rodríguez et al., (2014), se sospecha que este tipo de desarrollo les permitió a los genotipos ser menos afectados por la enfermedad. En el presente ensayo la precipitación acumulada desde la siembra a la madurez fue 342.75 mm, mientras que del período de prefloración a madurez fisiológica ocurrió una precipitación de 270.66 mm, una temperatura de 21.76 °C y 89.01% de humedad relativa, condiciones ambientales que favorecieron la incidencia de mustia hilachosa (Rosas, 2003; Pedroza et al., 2010; WWO, 2015-2016) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Reacción de genotipos de frijol Mustia hilachosa. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño-invierno 2015-16.

VARIEDADES	Mustia hilachosa (Escala 1-9)*
Negro Jamapa	7.0 a
Negro Michigan	6.5 a
Negro Cotaxtla-91	3.5 b
Mulato	2.5 c
Verdín	1.7 c
Promedio	4.24
ANVA	**
CV (%)	14.88
DMS (0.05)	0.9745

*La escala 1-9 del CIAT indica que 1 es la mayor resistencia y 9 la mayor susceptibilidad.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para el rendimiento entre los genotipos evaluados; las variedades que tuvieron menor rendimiento fueron las más susceptibles a la mustia hilachosa (Messia et al., 2012). Negro Jamapa fue el genotipo más dañado por la enfermedad, y obtuvo el menor rendimiento, estadísticamente similar a N. Cotaxtla-91 y N. Michigan. Los resultados confirmaron lo señalado por el CIAT (1989), en el sentido que las variedades con mayor antigüedad son más sensibles a esta enfermedad. En el caso contrario, la variedad Verdín superó estadísticamente en producción a los demás cultivares (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento de los diferentes genotipos de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño-invierno de 2015-2016.

VARIEDADES	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Verdín	1816.5 a
Mulato	1565.0 b
Negro Michigan	1254.2 c
Negro Cotaxtla-91	1195.2 c
Negro Jamapa	1075.7 c
Promedio	1381.32
ANVA	**
CV (%)	9.56
DMS (0.05)	203.43

En la Figura 1 se muestra la tendencia de que al aumentar la severidad de la Mustia hilachosa, de la misma forma disminuye la producción; hubo alta correlación negativa (-0.8364) entre el rendimiento y la enfermedad, lo cual coincide con lo que encontraron Takegami y Beaver (2000) y Costa-Coelho et al., (2014), en el sentido de que conforme existe mayor daño por el patógeno, se obtiene menor cantidad de grano.

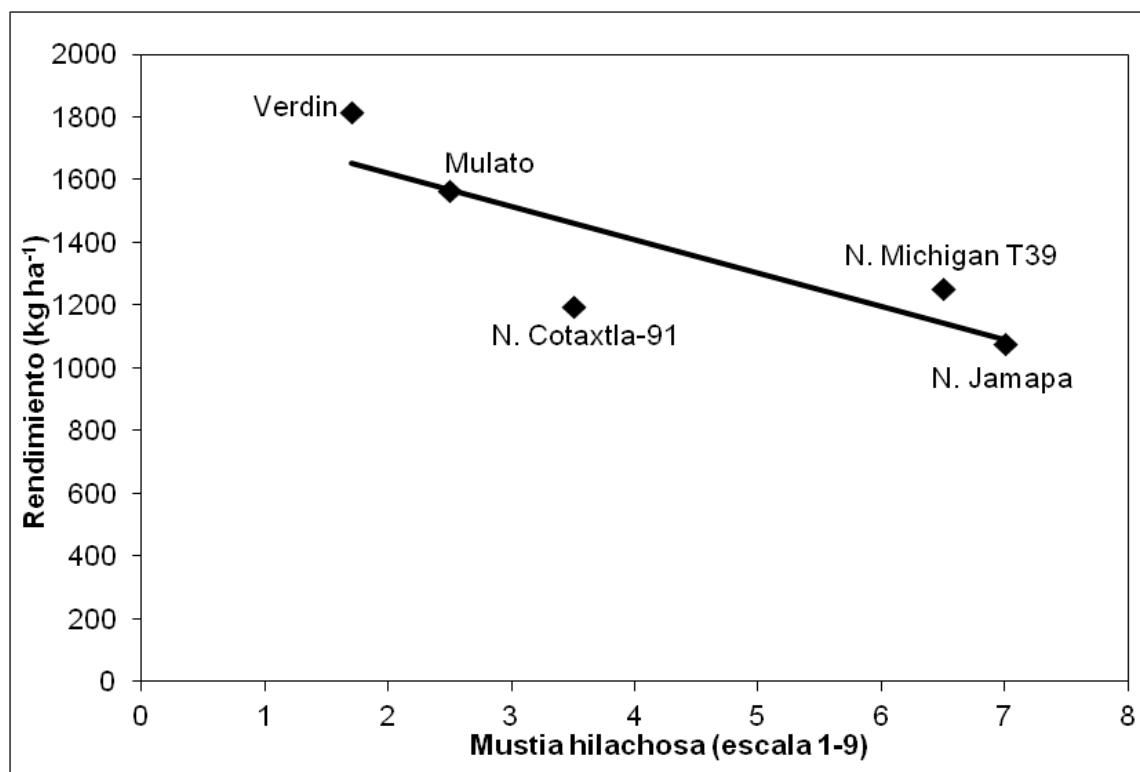


Figura 1. Correlación entre el rendimiento y la calificación de Mustia hilachosa en el Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño-invierno 2015-16.

CONCLUSIONES

En el norte de Veracruz, bajo condiciones de humedad residual, la Mustia hilachosa afectó significativamente el rendimiento de frijol; Verdín fue la variedad más productiva y mostró resistencia al hongo que provoca esta enfermedad, al igual que la variedad Mulato, mientras que Negro Jamapa y Negro Michigan, fueron las menos rendidoras y presentaron susceptibilidad a la Mustia hilachosa.

LITERATURA CITADA

- Acosta, M.A. 1989. Manejo integrado de la mustia hilachosa causada por *Thanatephorus cucumeris* de (Frank) Donk en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Ciencias Agropecuarias. IDIAP. Panamá. 143-159 pp.
- Beaver J. S., G. Godoy, J. C. Rosas, J. Steadman. 2002. Estrategias para seleccionar frijol común con mayor resistencia a Mustia hilachosa. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 67-72.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. La Mustia hilachosa del frijol y su control. Guía de estudio. Contenido Científico: Gálvez, Guillermo E., Galindo, José J., y Castaño, M. Producción: Ospina, Héctor, López Marceliano y Bonilla, Mayra. Cali, Colombia. 20 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Art van Schoonhoven y M. Pastor-Corrales (comps). Cali, Colombia. 56 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1989. Bean production problems in the tropics 2nd Edition. Schwartz H. F. and Pastor-Corrales M. A. (eds). Cali, Colombia. 726 p.
- Costa-Coelho G., C., Filho, A. Correa and M. Lobo. 2014. A comparison of web blight epidemics on common bean cultivars with different growth habits. *Crop Protection*. 55:16-20
- 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.
- Gálvez, G., B. Mora, M. Pastor-Corrales. 1989. Web blight. Segunda Edición. In: Schwartz H. F., and Pastor-Corrales M.A. (editors). *Bean Production Problems in the Tropics*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 195-209.
- 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.

- Lépiz, R., S. Sánchez, A. González, E. López y E. Rodríguez. 2011. 'Amapolo' y 'Mulato', nuevas Variedades de frijol para el estado de Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 34 (4): 291 – 292
- Lépiz, R., S. Sánchez P., E. López A., J. J. López A., I. E. Chavarín E. y K. E. Meza V. 2015. El cultivo del frijol en Jalisco. Tecnología para altos rendimientos. Universidad de Guadalajara. 54p.
- López-Salinas E., J. R. Rodríguez, E. N. Becerra y O. Cano-Reyes. 1993. Negro Cotaxtla-91, nueva variedad de frijol para las zonas tropicales de Veracruz. *Agronomía Mesoamericana* 4: 81-85
- 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.
- López-Salinas E.; Becerra, L. E. N.; Cano, R. O. y López, G. V. O. 2002. Detección de líneas y variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia múltiple a enfermedades en el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 20(2):193-199.
- Messia, M., M. Siri and N. Laurent. 2012. Performance of Introduced Bush Bean Genotypes in the Humid Forest Agro-ecological Zone of Cameroon. *Agricultural Science Research Journals*. 2(12): 607-613.
- Montoya, C., J. S. Beaver, R. Rodríguez, N. Miklas and G. Godoy-Lu. 1997. Heritability of resistance to Web Blight in five common bean populations. *Crop Sci.* 37: 780-783.
- 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.
- Pedroza, A., J.A. Samaniego y J.A. Chávez. 2010. Fitosanidad en tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones favorables y desfavorables de humedad edáfica. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 9:53-59
- Rodríguez, E., E. Lorenzo, M. Acosta, F. González, B. Mora, G. Godoy. 1999. Manejo de la Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank)) en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Mesoamericana* 10(1): 99-108.
- Rodríguez-Rodríguez José Raúl, E. López-Salinas y O.H. Tosquy-Valle. 2014. Caracterización de cuatro genotipos de frijol negro en Martínez de la Torre, Veracruz, México. *Memorias 3er. Congreso Internacional de Ciencias Básicas y Agronómicas*. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. pp. 89-97.
- Rosas, J. C. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano Honduras. 2da. Edición. Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras. 57 p.
- Singh Shree P. and H. F. Schwartz. 2010. Common Bean for Resistance to Diseases: A Review. *Crop Science Society of America*. 50(6): 2199-2223.
- Takegami J.C. and Beaver J.S. 2000. Inheritance of web blight resistance in common bean. *Bean Improv. Coop.* 43:43-44.
- Tosquy-Valle, O. H., E. López-Salinas, B. Villar-Sánchez, N. Francisco-Nicolás y J. R. Rodríguez-Rodríguez. 2014. VERDÍN, variedad de frijol negro, precoz y tolerante a la sequía para las áreas tropicales de Veracruz y Chiapas. Desplegable para productores Núm. 90.

Referencias informáticas

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. *Producción Nacional Anual del Cultivo del Frijol*. <http://www.siap.gob.mx>; consultado el 7 de marzo de 2016.
- WWO (World Weather Online). 2015-2016. Martínez de la Torre historical weather, México. <http://www.worldweatheronline.com>; consultado el 14 de marzo de 2016.

RENDIMIENTO DE MAÍZ H-520 CON DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACIÓN EN YUCATÁN, MÉXICO.

YIELD OF CORN H-520 WITH SEVERAL PLANT DENSITY IN YUCATAN, MEXICO.

¹Tun Dzul JC

¹Campo Experimental Mocochoá, Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Km. 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454. Mocochoá, Yucatán, México.
Autor para correspondencia: tun.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

La densidad de población y el arreglo espacial tienen un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas por lo que al variar las distancias entre surcos y plantas hay una manifestación diferencial en el índice de área foliar y de su capacidad productiva; lo anterior se sustenta en los análisis cuantitativos del crecimiento, en donde se requiere medir el material vegetal presente y la capacidad de autoconversión de esa estructura vegetal. Evaluar el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento del cultivo maíz H-520 en un suelo mecanizable del sur de Yucatán. El experimento se realizó en el S.E. Uxmal, del INIFAP en Yucatán. Se estableció en un Luvisol ródico representativo del área productora de maíz. Se evaluaron cinco tratamientos formados por las densidades de población equivalentes a 40,000, 50,000, 66,660, 80,000 y 100,000 plantas por hectárea. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Se estableció el híbrido de maíz H-520 bajo condiciones de riego. Se evaluó el peso del fruto, el peso del grano por fruto y el rendimiento de grano mediante análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (DMS). Los resultados indican que a medida que se incrementó la densidad de población del maíz H-520, el peso del fruto y el peso del grano por fruto se redujeron significativamente ($\alpha=0.01$) obteniendo los mejores resultados con la densidad de 40,000 plantas. El mayor rendimiento (7.5 ton ha^{-1}) se obtuvo con la densidad de 66,660 plantas y fue significativamente ($\alpha=0.01$) diferente a los otros tratamientos; las densidades de 80,000 y 100,000 plantas por hectárea redujeron el rendimiento de grano.

Palabras clave: Maíz, Densidad poblacional, Riego, Suelo mecanizable.

INTRODUCCIÓN

En el área tropical húmeda de México se siembra, anualmente, una superficie de 2.5 millones de ha; de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 000 ha son sembradas bajo condiciones de riego (Sierra *et al.*, 2004). En el estado de Yucatán, en el 2014, se cultivaron 131,714 ha, la gran mayoría bajo condiciones de temporal con un rendimiento medio de $0.870 \text{ ton ha}^{-1}$, mientras que bajo riego solo se sembraron 7,817 ha y el rendimiento medio fue de $3.890 \text{ ton ha}^{-1}$, el cual se puede considerar bajo, para las condiciones de clima y suelo del estado, ya que el potencial es mayor.

Los bajos rendimientos de este cultivo en el estado se pueden explicar si se considera que solo el 4.2% de la tierra de labor está mecanizada, que del total de la superficie sembrada sólo en el 15.3% se aplican fertilizantes químicos, en el 18.6% se emplea semilla mejorada, en el 4.4% se tiene asistencia técnica y en el 65.3% se cuenta con servicios fitosanitarios (SIAP, 2012).

La mayoría de los factores del clima predominantes en el estado son favorables para este cultivo, pero el exceso de radiación y la mala distribución de la precipitación limitan los rendimientos. Otro factor limitante es el suelo, ya que en el estado más del 70% de la superficie lo ocupan los Leptosoles (suelos pedregosos y de poca profundidad), lo cual limita la mecanización de las labores agrícolas, con el consiguiente incremento del costo de cultivo. En los suelos de alto potencial (Luvisoles y Lixisoles) el rendimiento está limitado por diversos factores de manejo, entre los cuales se pueden mencionar, el material genético, la baja densidad de población, la falta de fertilización y el inadecuado control de plagas.

El empleo de variedades mejoradas es el medio más rápido y económico para incrementar el rendimiento y la calidad de las cosechas, al servir como puente entre el mejoramiento genético (la investigación) y el productor (Copeland y McDonald, 2001).

La densidad de población y el arreglo espacial tienen un efecto directo sobre el crecimiento mismo de las plantas y es de esperar que al variar las distancias entre surcos y entre plantas haya una manifestación diferencial en los valores de índice de área foliar y de su capacidad productiva, lo anterior se sustenta en los análisis cuantitativos del crecimiento, en donde se requiere medir el material vegetal presente y la capacidad de autoconversión de esa estructura vegetal (Báez *et al.*, 2002; Karlem y Camp, 1985). Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes densidades de población sobre el rendimiento del cultivo de maíz H-520 en un Luvisol mecanizable representativo del sur de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, perteneciente al Campo Experimental Mocochá del Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP, localizado en el Km. 174 de la carretera Campeche-Mérida (vía ruinas), ubicado en el municipio de Muna, Yuc. Se seleccionó un terreno cuya clase de suelo (Luvisol ródico) es representativo de los suelos cultivados con maíz del sur del estado de Yucatán.

La preparación del suelo consistió en el chapeo mecánico de la maleza, seguido de dos pasos de rastra, lo cual permitió acondicionar la superficie del suelo para la siembra del cultivo de maíz. La profundidad del suelo de la parcela experimental fue superior a 1.0 m.

Los tratamientos estudiados se conformaron con base en los resultados de un trabajo previo en el cual se encontró que la mejor densidad de siembra para este cultivo fue de 83,250 plantas por hectárea, con un arreglo de 1.0 m entre surcos y 0.3 m entre cepas, alternando cepas de 2 y 3 plantas cada una (Tun *et al.*, 2014). Con base en lo anterior, se evaluaron cinco tratamientos los cuales se conformaron mediante diferentes distancias entre cepas. La distancia entre surcos fue de un metro y se hizo variar la distancia entre cepas, obteniéndose las densidades que se presentan en el Cuadro 1. Los tratamientos mencionados se arreglaron en un diseño experimental Completamente al Azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental total tuvo una superficie de 20 m² y la superficie de la parcela útil fue de 8 m².

El cultivo indicador fue el maíz, cuya siembra manual se realizó el 26 de agosto del 2014, y se cultivó bajo condiciones de riego por goteo (cinta de riego) ya que se estableció fuera de la época de siembra recomendada y las condiciones del temporal no eran adecuadas para un buen desarrollo del cultivo. El material genético utilizado híbrido H-520 de maíz, el cual es de grano blanco dentado y adaptado a las condiciones del trópico mexicano. La cosecha se realizó en enero de 2015 y se evaluaron el número de plantas a la cosecha, el número de plantas con fruto, el peso total del fruto, el peso del grano de cada fruto y el rendimiento de grano ajustados al 14% de humedad. El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con las recomendaciones que para la región ha generado el INIFAP.

Cuadro 1. Descripción de las diferentes densidades de siembra empleadas para híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2015.

Tratamiento	Distancia entre hileras (m)	Distancia entre cepas (cm)	Número de plantas por cepa	Densidad de población (pl ha ⁻¹)
1	1.0	50	2	40,000
2	1.0	40	2	50,000
3	1.0	30	2	66,660
4	1.0	25	2	80,000
5	1.0	20	2	100,000

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los datos relacionados con la cantidad de plantas a la emergencia del cultivo y la que se tuvo al momento de la cosecha, así como el número de plantas con fruto que se cosecharon. El número de plantas evaluadas 10 días después de la emergencia del cultivo nos indica que el porcentaje de germinación de la semilla fue alto (97.5%) por lo cual se tuvo una alta uniformidad inicial del cultivo. El número de plantas a la cosecha nos indica que durante el ciclo de cultivo la pérdida de plantas no fue de importancia, pues en promedio fue menor al 1%, con excepción del tratamiento 1 en el cual se perdió el 3.4% de las plantas emergidas. Finalmente, se puede apreciar que la densidad de plantas por unidad de superficie tuvo un fuerte efecto sobre el número de plantas sin fruto en los tratamientos de 80,000 (13.3%) y 100,000 (34.6%) plantas por hectárea. Este efecto se

puede atribuir principalmente a que el vigor de la planta se redujo drásticamente en estos dos tratamientos (datos no presentados).

Cuadro 2. Efecto de la densidad de población de plantas de maíz H-520 sobre el número de plantas a la emergencia y a la cosecha y el número de plantas sin fruto. Muna, Yuc. 2015.

Tratamiento	Densidad de población (pl ha ⁻¹)	Número de plantas por hectárea		Plantas con fruto (plantas/ha)
		Emergencia	Cosecha	
1	40,000	38,900	37,600	35,550
2	50,000	48,500	47,850	47,720
3	66,660	65,400	65,000	61,700
4	80,000	78,450	78,000	67,655
5	100,000	97,650	97,800	64,030

En el Cuadro 3 se presenta el efecto de los tratamientos de densidades de población evaluados sobre el peso del fruto, el peso del grano por cada fruto y el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520, todos ellos ajustados al 14% de humedad. Al realizar el análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para las tres variables mencionadas como efecto de los tratamientos aplicados.

Al realizar la prueba de comparación de medias (DMS) de las variables peso del fruto y peso del grano por fruto, se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre los cinco tratamientos, con un comportamiento inversamente proporcional entre la variable evaluada y la densidad de población correspondiente. En ambos casos la mejor densidad de población fue la equivalente a 40,000 pl ha⁻¹, ya que presentó el mayor peso del fruto (220.1 g) y el mayor peso de grano por fruto (179.3 g/fruto). Este comportamiento se puede considerar normal y debido a la competencia entre plantas, ya que a mayor cantidad de plantas por unidad de superficie se tiene mayor competencia entre las mismas por luz, nutrimentos y agua.

Cuadro 3. Efecto de la densidad de población de plantas de maíz H-520 sobre el peso del fruto, el peso del grano y el rendimiento de grano. Muna, Yuc. 2015.

Tratamiento	Densidad de población (pl ha ⁻¹)	Peso del fruto (g)	Peso del grano (g/fruto)	Rendimiento de grano (ton/ha)
1	40,000	220.1 a	179.3 a	6.407 b
2	50,000	161.3 b	133.3 b	6.616 b
3	66,660	143.0 c	120.7 c	7.540 a
4	80,000	117.9 d	84.8 d	5.680 c
5	100,000	92.7 e	72.1 e	4.607 d

Los resultados del análisis estadístico nos indican que se tuvieron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) del efecto de la densidad de población sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520 y que el mayor rendimiento (7.5 ton ha⁻¹) se obtuvo con la densidad de población equivalente a 66,660 plantas por hectárea. También nos permite señalar que las densidades de población superiores a dicho tratamiento (80,000 y 100,000 plantas por hectárea) tuvieron un fuerte efecto negativo sobre el rendimiento de grano.

La densidad de población es factor que tiene fuerte impacto tanto en la producción como en el costo de la semilla, de tal manera que la elección del número de plantas por hectárea a establecer deben considerarse estos dos aspectos. Los resultados de este trabajo permiten señalar que se pueden obtener rendimientos rentables con los tres primeros tratamientos (40,000, 50,000 y 66,660 plantas por hectárea) pero que no es recomendable emplear densidades superiores a 66,660 plantas.

CONCLUSIONES

La mejor densidad de población para el híbrido de maíz H-520 fue la equivalente a 66,660 plantas por hectárea, con la cual se obtuvo el mayor rendimiento de grano.

El peso del fruto y el peso del grano por fruto del híbrido de maíz H-520 fueron inversamente proporcionales a la densidad poblacional, por lo que ambos se redujeron a medida que se incrementó el número de plantas por hectárea.

Densidades de población superiores a 66,660 propician una fuerte competencia entre las plantas, lo cual reduce drásticamente el rendimiento de grano.

LITERATURA CITADA

Báez, G.A. D; P. Chen; M. Tiscareño-López, and R. Srinivasan. 2002. Using satellite and field data with crop growth modeling to monitor and estimate corn yield in Mexico. *Crop Science* 42(6): 1943-1949.

Copeland, L.O. and M.B.McDonald. 2001. Principles of seed science and technology. 4th.edition. Springer. Norwell, Massachusetts. USA. 488 p.

Karlem, D.L. and R. Camp. 1985. Row spacing, plant population, and water management effect on corn in the Atlantic Coastal Plain. *Agronomy Journal*. 77:393-398

Sierra M , M . ; F. Márquez S.; R. Valdivia B.; H. Córdoba O.; R. Lezama G. y A. Pescador H. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agrie. Téc. Méx.* 30(2): 169-181.

Tun D., J.C.; J.H. Ramírez S.; A.J. Cano G. y N.G. Uzcanga P. 2014. Producción de maíz con diferentes densidades de población en Luvisoles de Yucatán. En: INIFAP (Ed).2014. Memoria de la Reunión Nacional de Innovación Agrícola.Agrícola (1): 1. Mérida, Yuc. México. Pag. 113.

Referencias informáticas

Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2012. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx>. Consultado mayo 2014.

Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2016. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 14 de junio de 2016.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO DE CHIAPAS

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION STUDIES IN CHIAPAS MAIZE LANDRACES

¹Martínez-Sánchez J, ¹Espinosa Paz N

¹Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP km 3.0 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C.P.29140, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

*Autor para correspondencia: martínez.jesus@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) Caracterizar la variación morfológica de una colección de poblaciones de maíz nativo del Centro de Chiapas, 2) Determinar la magnitud y naturaleza de la interacción genotipo por ambiente en ambientes contrastantes por sequía intraestival y 3) Seleccionar poblaciones en función de múltiples caracteres y estabilidad del rendimiento. Se evaluaron 25 poblaciones de maíz nativo en tres ambientes contrastantes, con un diseño de bloques completos al azar. Se registraron 14 variables morfológicas y el rendimiento de grano y se aplicó un análisis de varianza combinado, análisis de correlación y análisis multivariado. Se detectaron diferencias significativas entre poblaciones para todas las variables, lo que se considera un indicador de diversidad. Las colectas fueron agrupadas en cuatro grandes grupos, denominados complejo Olotillo que reunió a las poblaciones de mayor altura de planta (245 a 295), floración tardía (63 a 68 días) y bajo número de hileras (8 a 9), complejo Tuxpeño cuyas poblaciones presentaron altura superior a la media (244 a 272 cm), floración masculina representativa del clima cálido (60 a 65 días) y valor intermedio de número de hileras (10 a 12), Zapalote grande que fueron poblaciones de ciclo precoz (51-55 DFM) y menor altura de planta (212 a 227 cm) y finalmente Tuxpeño que reunió poblaciones de mayor número de hileras (12.8 a 13.3). En rendimiento, las poblaciones Tuxpeño-3 y Rocame-18 sobresalieron en Úrsulo Galván, mientras que Precoz-16, Olotillo-34 y Tuxpeño-35 lo hicieron en el ambiente formado por Ocozocoautla de Espinosa y Vista Hermosa. Las poblaciones de mayor rendimiento y estables a través de ambientes fueron Criollo amarillo-31 y Rocame-32 estas poblaciones se recomiendan como las mejores adaptadas en ambientes con presencia de sequía intraestival y deben ser consideradas en programas de mejoramiento genético para resistencia a sequía.

Palabras clave: *maize landraces*, *GGE biplot*, *SREG*.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chiapas es una de las áreas de mayor diversidad del maíz en México. A nivel nacional ocupa el primer lugar en superficie sembrada (700,000 ha anuales en promedio) y el quinto lugar en producción de grano (1 188 000 t), con una media de rendimiento de 1.79 t ha⁻¹. Se estima que el 75% de la superficie cultivada con maíz es de variedades criollas o nativas (18 razas) y de generaciones avanzadas de variedades mejoradas (Coutiño *et al.*, 2015); empero, la diversidad genética de las poblaciones del maíz nativo ha sido objeto de poca atención dentro del ámbito científico. La mayoría de los estudios se han enfocado a la identificación de las razas de maíz con base en características de la mazorca y al análisis de las colectas resguardadas en las bancos de germoplasma nacionales, así como estudios de corte etnográfico (Ortega *et al.*, 2013).

Sin embargo, es necesario identificar el nivel de variación de poblaciones de maíces nativos en las diferentes regiones, pues la variación entre y dentro de las poblaciones de maíz nativo es compleja, resultado de un proceso de selección dirigida por los agricultores para satisfacer sus necesidades de consumo (Flores-Pérez *et al.*, 2015). Un reto a enfrentar en la actualidad es el cambio climático, Hellin *et al.* (2014) discuten la posibilidad de que existan poblaciones de maíz nativo que son apropiadas para incluir en las estrategias de adaptación al cambio climático, en entornos pronosticados con largos periodos de sequía, calor extremo y precipitaciones irregulares en México y América Latina, además, existe diversidad genética no explorada que puede ser utilizada en programas de mejoramiento genético para rendimiento de grano y resistencia a sequía.

Actualmente, existen metodologías para combinar materiales genéticamente mejorados con poblaciones de maíz nativo como donadores de características agronómicas útiles como la tolerancia a déficits de humedad. Sin embargo, el reto de los mejoradores es identificar genotipos que presenten alto rendimiento de grano y comportamiento estable a través de ambientes contrastantes; este es el primer paso para implementar un programa de mejoramiento genético que incluya poblaciones de maíz nativo sobresalientes. La interacción genotipo x ambiente (IGA) ocurre cuando los genotipos responden de manera diferente a las variantes del ambiente, lo que impide avanzar en los procesos de selección (Bazinger *et al.*, 2012).

Existen diferentes metodologías que explican la IGA desde una perspectiva multivariada, con la técnica de componentes principales, los más utilizados son el modelo de efectos aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y el análisis de regresión en los sitios (SREG), este último se puede representar de manera gráfica considerando los dos primeros componentes principales (CP), el CP1 representa la proporción del rendimiento que se debe sólo a las características del genotipo (G), mientras que CP2 representa la parte del rendimiento debido a la interacción genotipo x ambiente (GE, por sus siglas en inglés), por lo que se denomina GGE biplot (Yan y Tinker, 2006).

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) Caracterizar la variación morfológica de una colección de poblaciones de maíz nativo del Centro de Chiapas, 2) Determinar la magnitud y naturaleza de la interacción genotipo por ambiente en ambientes contrastantes por sequía intraestival y 3) Seleccionar poblaciones en función de múltiples caracteres y estabilidad del rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético. En el Centro de Chiapas se colectaron, con los agricultores de nueve localidades pertenecientes a cuatro municipios, 25 poblaciones de maíz nativo en el periodo del 15 de enero al 15 de mayo de 2015: 18 fueron de grano blanco, 5 de amarillo, una de rojo y una de azul (Cuadro 1).

Ubicación de los experimentos. Los experimentos fueron conducidos durante el periodo primavera-verano de 2015 en tres localidades (ambientes) del Centro de Chiapas: Ocozocoautla de Espinosa (16° 46' LN y 93° 26' LO, altitud de 800 m), Úrsulo Galván, Villaflores (16° 17' LN y 93° 26' LO, altitud de 726 m) y Vista Hermosa, Cintalapa (16° 32' LN y 93° 58' LO, altitud de 690 m). El riesgo de sequía intraestival para estos ambientes con base en el índice de humedad disponible se clasifica como moderado, deficiente y muy deficiente, respectivamente.

Diseño experimental y manejo agronómico. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las 25 poblaciones de maíz colectadas. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud y 0.8 m de ancho, con una población final de 88 plantas, que corresponden a una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹. Las siembras del ensayo uniforme en cada uno de los tres ambientes contrastantes por sequía intraestival se realizaron el 02, 15 y 20 de julio de 2015 en Ocozocoautla de Espinosa, Úrsulo Galván y Vista Hermosa, respectivamente. Las poblaciones de maíz se evaluaron bajo condiciones de temporal. Se depositaron cuatro semillas cada 0.50 m entre puntos y 0.80 m entre surcos. Se hizo un aclareo previo a la fertilización para dejar dos plantas por punto. La fertilización en las tres localidades fue con la dosis 120N-75P-00K en dos aplicaciones.

Caracterización morfológica de poblaciones. La caracterización se realizó mediante 14 caracteres morfológicos: altura de planta y mazorca (AP y AM), longitud del pedúnculo de la espiga (LPE), longitud de espiga (LE), longitud total de espiga (LTE), longitud de la parte ramificada de la espiga (LPRE), número de ramas primarias y secundarias de la espiga (NRP y NRS), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH) y granos por hilera (GH).

Rendimiento de grano. El rendimiento de grano se estimó cosechando los dos surcos centrales (parcela útil) de cada unidad experimental, ajustando la humedad de grano al 14%.

Análisis estadístico. Con la información obtenida en las tres localidades se hizo un análisis de varianza combinado. Se calculó la matriz de correlaciones de Pearson y de los pares de variables con valores altos de correlación (mayor o igual a 0.7) se descartó la menos informativa (Flores-Pérez *et al.*, 2015). Con este criterio se seleccionaron seis variables y se elaboró la matriz de genotipos por caracteres para realizar la gráfica biplot y representar la dispersión entre caracteres con base en los dos primeros componentes principales (Yan y Tinker, 2006). La interacción genotipo ambiente se

odeló con el método de regresión en los sitios (SREG). Se realizó la prueba de Gollob para determinar la significancia de cada componente principal. La representación gráfica se hizo utilizando el método gráfico GGE-biplot. El análisis de varianza se resolvió con el sistema SAS, mientras que para el modelo SREG se utilizó el programa GEA-R.

Cuadro 1. Poblaciones de maíz nativo utilizadas y localidades donde fueron colectadas.

Colecta	Nombre común	Municipio	Localidad	Altitud (m)	Latitud norte	Longitud oeste	Color de grano
CECECH-1	Jarocho	Villaflores	Guadalupe Victoria	580	16°27'	93°7'	Blanco
CECECH-3	Tuxpeño	Villaflores	Chanona	663	16°20'	93°25'	Blanco
CECECH-4	Tuxpeño	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-6	Sesentano	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-7	Napalú	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-8	Jarocho	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Amarillo
CECECH-10	Jarocho	Villaflores	Guadalupe Victoria	580	16°27'	93°7'	Blanco
CECECH-11	Rojo Criollo	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Rojo
CECECH-12	Chimbo	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Amarillo
CECECH-13	Olotillo	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-15	Napalú	Suchiapa	Suchiapa	500	16°36'	93°03'	Blanco
CECECH-16	Precoz	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-18	Rocame	Ocozocoautla	Ocozocoautla	800	16°46'	93°26'	Amarillo
CECECH-27	Criollo amarillo	Ocozocoautla	La Naranja	793	16°47'	93°25'	Amarillo
CECECH-30	Maíz azul	Ocozocoautla	La Naranja	793	16°47'	93°25'	Azul
CECECH-31	Criollo amarillo	Ocozocoautla	El Gavilán	755	16°47'	93°27'	Amarillo
CECECH-32	Rocame	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-33	Maíz blanco	Villaflores	Cristóbal Obregón	642	16°25'	93°26'	Blanco
CECECH-34	Olotillo	Ocozocoautla	El Calvario	561	17°02'	93°31'	Blanco
CECECH-35	Tuxpeño	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-36	Olotillo	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-37	Dientilla	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-38	Opamil	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-39	Poblano	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco
CECECH-40	Americano	Cintalapa	Villamorelos	710	16°30'	93°55'	Blanco

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica. En los análisis de varianza se detectaron diferencias significativas ($P<0.01$) entre poblaciones para todas las variables de estudio, para localidades no hubo diferencias significativas en el número de ramas primarias de la espiga y los días a floración masculina y femenina ($P>0.05$). Finalmente, sólo la altura de planta ($P<0.05$), longitud del pedúnculo de la espiga, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera ($P<0.01$) reportaron diferencias significativas para la interacción poblaciones x localidades.

En las poblaciones, la altura de planta y mazorca variaron de 142 a 390 cm y de 58 a 225 cm, respectivamente. El rango para la longitud total de espiga fue de 43 a 73 cm, muestra de la amplia variación para el tamaño de espiga; esta variación estuvo representada por los valores mínimos y máximos de la longitud del pedúnculo de la espiga (11 a 29 cm), longitud de espiga (25 a 50 cm) y la longitud de la parte ramificada de la espiga (7 a 21 cm). En relación a la ramificación de la espiga los

rangos para el número de ramas primarias y secundarias fueron de 6 a 16 y de 1 a 5. La no interacción de estas características en la fuente de variación poblaciones x localidades en los análisis de varianza, les confiere propiedades deseables, de acuerdo con Rocandio-Rodríguez *et al.*, (2014) los caracteres morfológicos que sean menos afectados por el ambiente son más útiles para caracterizar a las poblaciones. La floración masculina y femenina osciló entre 51 a 68 y de 52 a 70 días, respectivamente. Los resultados sobre la fenología indican que es posible encontrar poblaciones de ciclo precoz y poblaciones con tendencia a ciclo tardío. La moda para la floración masculina y femenina fueron 60 y 61 días, estos valores son los más representativos para los maíces de clima cálido en el estado de Chiapas. En relación a los componentes del rendimiento, los valores de longitud de mazorca fueron de 6 a 20 cm para longitud de mazorca, de 2 a 5 para diámetro de mazorca, de 8 a 14 para número de hileras y de 12 a 48 para el número de granos por hilera.

En los análisis de correlación, los pares de variables que presentaron correlaciones mayores a 0.7 fueron: AP/AM (0.92), AP/LPE (0.72), AP/LTE (0.74), AP/LPRE (0.72), AM/LPRE (0.70), LPE/LTE (0.80), LE/LTE (0.88), DFM/DFF (0.90), LM/GH (0.84) y DM/GH (0.70). De acuerdo con Flores-Pérez *et al.*, (2015), de los pares de variables que presentan correlaciones mayores a 0.7 en valor absoluto, se descartan las variables menos informativas. Con este criterio, los caracteres seleccionados fueron altura de planta, longitud de espiga, número de ramas primarias y secundarias, días a floración masculina, número de hileras y granos por hilera.

En la gráfica biplot (Figura 1), se observa que los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 97.7% de la variación, 95.7% para el Componente 1 y 2.0% para el Componente 2. Se observa que los días a floración masculina y la longitud de espiga estuvieron positivamente asociados, la altura de planta se asoció ligera y positivamente con días a floración masculina y longitud de espiga (cuadrantes I y II) pero negativamente con la ramificación de la espiga y los componentes del rendimiento. El número de ramas primarias y secundarias de la espiga se asociaron positivamente con los componentes del rendimiento número de hileras y granos por hilera (Cuadrante III).

En la gráfica se observaron cuatro grupos bien definidos y se nota que la dispersión de las poblaciones se asocia a los lugares de procedencia y a las características de planta y mazorca de diferentes razas de maíz (Wellhausen *et al.*, 1951), en el grupo 1 (denominado complejo Olotillo) se localizaron las poblaciones Napalú-15, Olotillo-13, Napalú-7 y Jarocho-8 del municipio de Suchiapa. Estas poblaciones se identificaron como las de mayor altura de planta (245 a 295), ciclo más largo (63 a 68), bajo número de hileras (8 a 9) y valores opuestos en componentes del rendimiento respecto a las poblaciones que se localizaron en los cuadrantes III y IV. Por sus características, en estas poblaciones la raza olotillo fue la raza principal, pero con introgresiones de otras razas.

En el grupo 2 (denominado complejo Tuxpeño), se agruparon las poblaciones Blanco-33, Olotillo-36, Dientilla-37, Poblano-39 y Americano-40 del municipio de Cintalapa, Rocame-18 y Amarillo-31 de Ocozacoautla, Tuxpeño-3 de Villaflores y Tuxpeño-4 de Suchiapa, estas poblaciones fueron de altura superior a la media (244 a 272 cm), floración masculina representativa del clima cálido (60 a 65 DDS) y valor intermedio de número de hileras (10 a 12). Excepto Tuxpeño-3 y Blanco-33 que presentaron mazorcas representativas de la raza Tuxpeño y con mayor número de hileras (12 y 13.5), el resto de las poblaciones fueron complejos raciales integrados por las combinaciones de dos o más razas, principalmente Tuxpeño.

En el grupo 3 (denominado Zapalote Grande) se identificaron las poblaciones Sensentano-6, Chimbo-12 y Opamil-38, que fueron poblaciones de ciclo precoz (51-55 DFM), menor altura de planta (212.9 a 227.7 cm) y presentaron valores de número de ramas primarias y secundarias por arriba de la media (11 a 12). Estas poblaciones tuvieron características de planta y mazorca semejantes a las descritas para la raza Zapalote grande. En el grupo 4 (denominado Tuxpeño), se localizaron las poblaciones Jarocho-1, Precoz-16, Rocame-32 y Tuxpeño-35 y fueron las colectas más representativas de la raza Tuxpeño, identificadas como las de mayor número de hileras (12.8 a 13.3) y valores intermedios en los caracteres medidos en esta evaluación; Precoz-16 se clasificó como una población con tendencia a precocidad de la raza Tuxpeño.

Estudio de la interacción genotipo ambiente. El análisis de varianza combinado para rendimiento de grano detectó diferencias significativas entre ambientes ($P < 0.01$), poblaciones ($P < 0.01$) y la interacción ambientes por poblaciones ($P < 0.05$). Estos resultados demuestran que las poblaciones tienen un comportamiento diferencial en los ambientes probados. La prueba de Gollob demuestra que los dos primeros componentes son significativos y que en conjunto explican el 93.9% de la variación, 70.5% para el Componente 1 y 23.4% para el Componente 2. Estos resultados permiten una

Figure 1 is a Canonical Discriminant Analysis (CDA) plot. The x-axis is labeled 'CP1 (95.65%)' and ranges from -1.0 to 1.0. The y-axis is labeled 'CP2 (2.04%)' and ranges from -1.0 to 1.0. The plot is divided into four quadrants labeled CIV (top-left), CI (top-right), CII (bottom-right), and CIII (bottom-left). Data points are numbered 1 through 39. Four vectors originate from the center (0,0): 'LE' points towards the top-left, 'DFM' points towards the top, 'AP' points towards the right, and 'MS' points towards the bottom-left. Four ellipses enclose clusters of points: one for CIV (points 10, 11, 27, 34), one for CI (points 15, 13, 33), one for CII (points 18, 1, 4, 7, 8, 39, 3, 36, 37), and one for CIII (points 38, 12, 6). The labels CIV, CI, CII, and CIII are placed in their respective quadrants.

En los valores promedio de rendimiento de las poblaciones evaluadas en cada ambiente, los valores variaron desde 6.4 t ha⁻¹ hasta 0.1 t ha⁻¹. El rendimiento de grano fue mayor en Ocozocoautla, que superó a Úrsulo Galván, y éste a Vista Hermosa. En Ocozocoautla y Vista Hermosa la sequía intraestival se presentó en la etapa vegetativa (25 y 30 días, respectivamente), mientras que en Vista Hermosa se extendió hasta las etapas de floración y llenado de grano (40 días en total). Según Bazinger *et al.*, (2012) el rendimiento de grano del maíz es afectado por la sequía en todas la etapas de su desarrollo, sin embargo, el cultivo es más susceptible durante la floración y llenado de grano. Las poblaciones Tuxpeño-3, Precoz-16, Criollo amarillo-31, Rocame-32 y Olotillo-34 fueron las de mayor rendimiento a través de ambientes, mientras que las poblaciones Jarocho-1, Tuxpeño-4, Criollo amarillo-31, Rocame-32 y Olotillo-36 presentaron los valores absolutos más bajos del CP2 (Figura 2), indicando pequeñas interacciones y por ende pueden ser considerados como las más estables a través de ambientes (Ledesma-Ramírez *et al.*, 2012).

Según la gráfica GGE biplot (Figura 2), los ambientes que tienden a jerarquizar de manera similar a las poblaciones son Ocozocoautla de Espinosa y Vista Hermosa, mientras que Úrsulo Galván formó un estrato independiente (Yan y Tinker, 2006; Yan *et al.*, 2007). Por la longitud de los vectores (Figura 2) y los valores absolutos de los CP, los ambientes que mejor discriminaron a los genotipos en esta evaluación fueron Ocozocoautla y Úrsulo Galván, según los criterios descritos por Frutos *et al.* (2014). El GGE biplot permite identificar grupos extremos de poblaciones y de localidades; por ejemplo, para Ocozocoautla y Vista Hermosa las poblaciones más sobresalientes fueron Precoz-16, Olotillo-34 y Tuxpeño-35 de grano color blanco, por su parte, para Úrsulo Galván las poblaciones más sobresalientes fueron la Tuxpeño-3 y Rocame-18 de grano color blanco y amarillo, respectivamente (Figura 2). Las poblaciones que se consideraron estables fueron Jarocho-1, Olotillo-36 y Criollo

amarillo-27 con rendimientos similares al promedio general (2.8 t ha^{-1}); las poblaciones Criollo amarillo-31 y Rocame-32 fueron las de mayor rendimiento y estables a través de ambientes según el modelo SREG (Yan *et al.*, 2007; Frutos *et al.*, 2014), estas variedades son aptas para incorporarse en esquemas de mejoramiento para tolerancia a sequía debido a su respuesta positiva en diferentes gradientes de sequía como lo fueron los ambientes de este estudio.

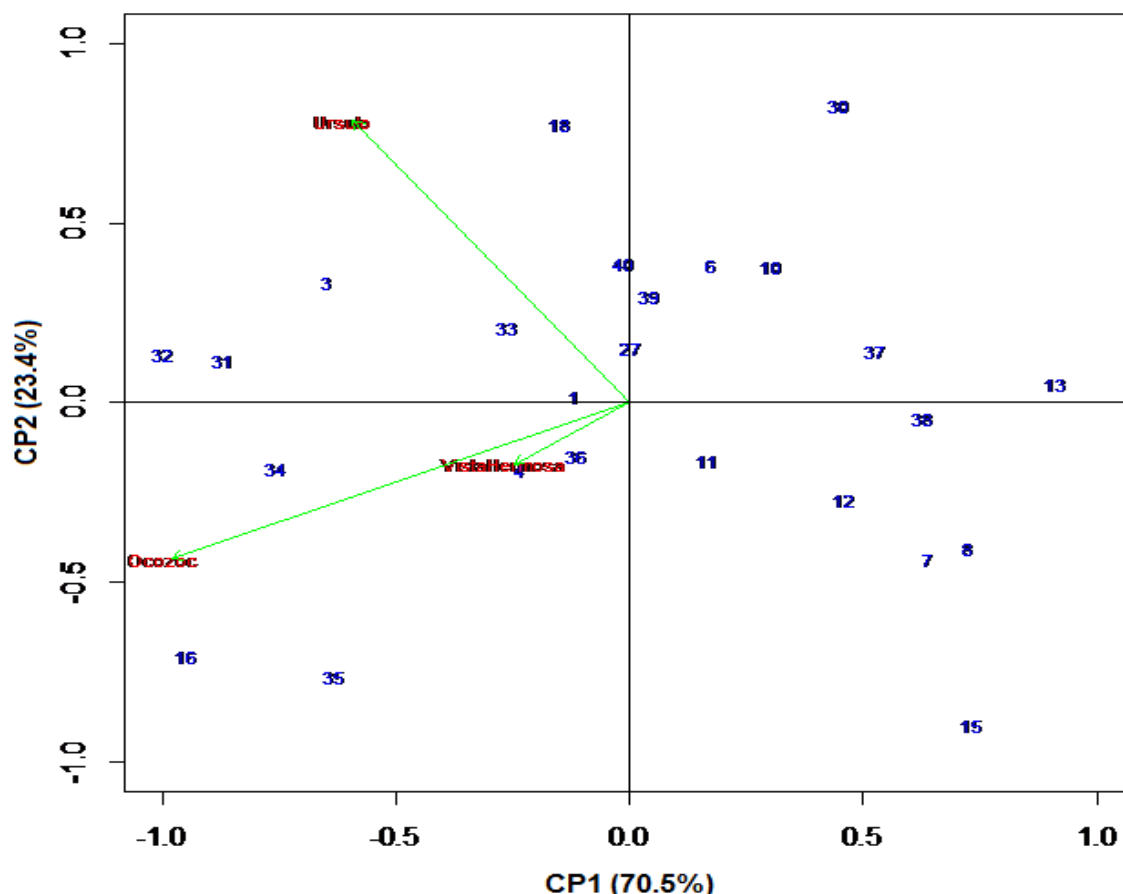


Figura 2. GGE Biplot (SREG) para 25 poblaciones de maíz nativo evaluadas en tres ambientes contrastantes por sequía intraestival.

CONCLUSIONES

Las 25 poblaciones de maíz nativo de Chiapas, presentaron diferencias significativas en 14 características fenológicas, de planta, espiga y mazorca. Las variables seleccionadas para definir y clasificar a las poblaciones fueron: días a floración masculina, altura de planta, longitud de espiga, número de ramas primarias y secundarias de la espiga, número de hileras y número de granos por hilera. Las colectas fueron agrupadas en cuatro grandes grupos, denominados Complejo Olotillo, complejo Tuxpeño, Zapalote grande y Tuxpeño. La variación identificada puede ser la base para el mejoramiento genético y diferentes estrategias de conservación y aprovechamiento.

El modelo de regresión en los sitios explicó el 93.9% de los efectos combinados de poblaciones y la interacción poblaciones por ambientes para el rendimiento de grano, lo que permite mejorar el proceso de selección. Las poblaciones Tuxpeño-3 y Rocame-18 sobresalieron en Úrsulo Galván, mientras que Precoz-16, Olotillo-34 y Tuxpeño-35 lo hicieron en el ambiente formado por Ocozocoautla de Espinosa y Vista Hermosa. Los ambientes más eficientes en la discriminación de genotipos fueron Ocozocoautla de Espinosa y Úrsulo Galván. Las poblaciones de mayor rendimiento y estables a través de ambientes fueron Criollo amarillo-31 y Rocame-32, estas poblaciones se recomiendan como las mejores adaptadas en ambientes con presencia de sequía intraestival y deben ser consideradas en programas de mejoramiento genético para resistencia a sequía.

LITERATURA CITADA

- Bazinger, M., Edmeades, G. O., Beck, D. y Bellon, M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México. D. F.; CIMMYT. 61p.
- Coutiño, E. B., Vidal M.V. A., Cruz V. C. y Gómez, G. M. 2015. Características eloteras y de grano de variedades nativas de maíz de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(5): 119-1127.
- Flores-Pérez L., López P. A., Gil-Muñoz A., Santacruz-Varela A., Chavez-Servia J. L. 2015. Variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUIYO*. 18(1):1-17.
- Frutos, E., Galindo, M. P. and Leyva, V. 2014. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 28:1629-1641.
- Hellin, J., M. R. Bellon and S. J. Hearne. 2014. Maize landraces and adaptation to climate change in Mexico. *Journal of Crop Improvement*. 28(4): 484-501.
- Ortega, C. A., Herrera, H. M. J. y Preciado, O. R. 2013. Diversidad y distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico Num. 7. 263p.
- Ledesma-Ramírez, L., Solís-Moya, E., Suaste-Franco, M. P., Rodríguez-Caracheo, J. F y dela Cruz-González, M. L. 2012. Análisis GGE biplot del rendimiento de trigo (*Triticum* spp) con riego normal y restringido en el bajío, México. *Agrociencia*. 46:119-131.
- Yan W. y Tinker N. A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86: 623-645.
- Wellhausen E. J., Roberts, L. M., Hernández-X, E. 1951. Razas de Maíz en México, su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.
- Yan, W. and Tinker, N. A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86: 623-645.

ENSAYOS DE RENDIMIENTO DE GRANO DE SORGO EN EL ESTADO DE CAMPECHE

TESTS SORGHUM GRAIN YIELD IN THE STATE OF CAMPECHE

¹Hernández Pérez Mirna, ¹Soto Rocha J. M., ¹Medina Méndez J., ¹Villalobos González A.

¹Campo Experimental Edzná (CE-Edzná) del INIFAP. Km. 15.5 Carretera Campeche-Pocuyaxum; Mpio. Campeche, Campeche. C.P. 24520. Autor para correspondencia: hernandez.mirna@inifap.gob.mx

RESUMEN

El sorgo, es un cultivo estratégico en el estado de Campeche, que se emplea en siembras de medio temporal, en las áreas de cultivo siniestradas por déficit hídrico en la estación lluviosa de primavera verano o como cultivo de humedad residual en donde es posible establecerlo como un segundo cultivo que maximice la cantidad de grano producido por el régimen de humedad edáfica que genera la estación de lluvias en la entidad. Se establecieron cinco ensayos de rendimiento de materiales genéticos de sorgo. Los diferentes materiales genéticos evaluados son de diversas compañías semilleras. Se siguieron las recomendaciones técnicas sugeridas por el INIFAP para manejo del cultivo de sorgo. La parcela útil para la estimación de rendimiento consistió de cuatro surcos por cinco metros de largo, se cosecharon las panículas, se pesaron y se tomó el porcentaje de humedad, calculándose el rendimiento en kilogramos por hectárea. Se utilizaron los datos meteorológicos de las estaciones meteorológicas automatizadas del INIFAP-COFUPRO para relacionar el rendimiento con las variables meteorológicas. Se utilizó el paquete estadístico SAS para el análisis estadístico de los ensayos y la prueba de medias de rendimiento. Las variables meteorológicas de mayor peso son la temperatura máxima promedio ya que cada grado produce en promedio 142 y 99 kilogramos de grano, en siembras de medio temporal y humedad residual, y la humedad relativa del aire ya que cada unidad del por ciento de humedad produce en promedio 40 y 26 kilogramos de grano, en siembras citadas respectivamente. El rendimiento promedio de los materiales genéticos evaluados es de 3345 y 2251 kilogramos de grano para siembras de medio temporal y humedad residual. Los materiales genéticos de mayor rendimiento son Ámbar y MSG 540 para siembras de medio temporal; mientras que en humedad residual son MSG 540 y 5291.

Palabras clave: *sorgo, material genético, rendimiento.*

INTRODUCCIÓN

El sorgo está considerado como un grano forrajero por excelencia, por su aportación al fomento y desarrollo de especies pecuarias (ej. aves, cerdos y bovinos), tanto en valor nutricional como en bajos costos de producción para los productores. Es una planta de día corto, con alta tasa fotosintética y tolerante a altas temperaturas, crece bien bajo una amplia gama de condiciones de suelo, mismas que pueden ir desde muy salinas y con largas temporadas de sequía hasta exceso de humedad, esto le brinda cierta ventaja por sobre otros cereales como es el caso del maíz (Espinoza, 2003 y Cruz Colaso, *et al*, 2012).

El INIA (SARH, 1985), hoy INIFAP en Campeche, ha generado información técnica del cultivo de sorgo para distintos ambientes de producción, en estos se ha generado la tecnología del cultivo bajo condiciones de temporal (medio temporal y humedad residual), y riego. Los suelos en donde se recomienda establecer el cultivo de sorgo en los distintos regímenes de humedad son: luvisoles rodicos (kankab); luvisoles cromicos (yaax-hom), vertisoles (ak'alche) y gleysoles (ubell-ha).

México se ubica entre los cinco principales productores de sorgo a nivel mundial, junto con Estados Unidos de Norteamérica, India, Nigeria y China, quienes aportan en conjunto más del 70 % de la producción internacional. A nivel nacional (SIAP, 2016), la producción es mayor en primavera-verano, ya que en este ciclo se obtiene el 62 % de la producción total y el resto (38 %) se produce en otoño-invierno. Durante el año 2014, la superficie total sembrada de sorgo (grano y forrajero) fue de 2.3 millones de hectáreas, con una producción de 8.4 millones de toneladas de grano y un rendimiento promedio de 4.3 t/ha; mientras que para el forraje verde, la producción fue de 4.45 millones de toneladas, con rendimiento promedio de 25.33 t/ha. Tamaulipas, Guanajuato, y Sinaloa figuran como los principales estados en la producción nacional de sorgo para grano, al concentrar el 72 % del volumen. Entre los principales estados productores de forraje verde figuran: Coahuila, Durango y

Chihuahua, quienes aportan el 58 % del volumen. El estado de Campeche, ocupa un lugar importante dentro de la producción nacional, al aportar 52 mil toneladas de este grano, producidas en 16.8 miles de hectáreas, con un rendimiento promedio de 3.1 t/ha y una derrama económica de 158.7 millones de pesos, predominando el sistema de producción de medio temporal y de humedad residual (Carrasco, 1989; Moreno, 2011 y Zeledon, 2007). El objetivo del presente trabajo es determinar los materiales con alto potencial productivo, adaptables a las condiciones edafoclimáticas del estado de Campeche. La hipótesis planteada es que la respuesta de los materiales genéticos en rendimiento es diferente en función del ambiente y la tecnología utilizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de las parcelas. Para este estudio se consideraron dos localidades:

1. Ejido San Antonio de Cayal, Mpio de Campeche, ubicado a 47 kilómetros sobre la carretera federal Campeche-Hopelchén. El tipo de suelo es Luvisol rodico (LVro) (kancab), donde se evaluó en el ciclo productivo Primavera-Verano (P-V), durante los años 2011, 2012 y 2014
2. Rancho el Vergel, Mpio de Palizada, Campeche, ubicado a 13 kilómetros sobre la carretera federal Tabasco-Campeche, del entronque a Palizada. El tipo de suelo es Gleysol (GL) (ubell-ha), donde se evaluó en el ciclo productivo otoño-invierno (O-I), durante los años 2010-2011 y 2011-2012.

Material genético. Las semillas de sorgo, de diferentes híbridos y compañías, son los siguientes;

Localidad	Ciclo y Año	Materiales
Cayal	P-V 2014 (Ensayo 1)	1. AMBAR. 2. 85 P20. 3. 83-P-17. 4. TT-1013. 5. GW-9417. 6. GW-9320. 7. CB-112. 8. CB-103. 9. CB-107. 10. CB-113. 11. RB-NORTEÑO. 12. RB-HUASTECO. 13. R.B-PALOMA.
	P-V 2012 (Ensayo 2)	1. AMBAR. 2. DK-67. 3. 5515. 4. RB-HUASTECO. 5. RB-NORTEÑO.
	P-V 2011 (Ensayo 3)	1. AMBAR. 2. DK-67. 3. 8282. 4. 5265-A. 5. 5515. 6. MSG 540. 7. MANANTIAL. 8. RB-HUASTECO. 9. RB-NORTEÑO. 10. RB-PALOMA.
Palizada	O-I 2011-2012 (Ensayo 4)	1. AMBAR. 2. DK-67. 3. 8282. 4. 5265-A. 5. 5515. 6. MSG 540. 7. MANANTIAL. 8. RB-HUASTECO. 9. RB-NORTEÑO. 10. RB-PALOMA.
	O-I 2010-2011 (Ensayo 5)	1. AMBAR. 2. DK-67. 3. DKS-43. 4. P-8282. 5. 5265-A. 6. 5291. 7. MANANTIAL. 8. RB-HUASTECO. 9. RB-NORTEÑO. 10. RB-PALOMA

Diseño estadístico. Las parcelas fueron establecidas bajo un diseño de franjas. La parcela útil para la estimación de rendimiento consistió de cuatro surcos por cinco metros de largo, se cosecharon las panículas, se pesaron y se tomó el porcentaje de humedad, calculándose el rendimiento en kilogramos por hectárea. En estas se realizaron cinco muestras de rendimiento de grano. El cual fue analizado en un diseño de bloques al azar en el paquete estadístico SAS.

Información del manejo del cultivo.

Preparación del terreno: En Cayal, esta actividad consistió en tres rastreos; uno pesado y dos ligeros; mientras que en Palizada, además de los rastreos, se realizó el encamado.

Fechas de siembra: En la localidad de Cayal, bajo temporal, la siembra fue realizada en tres ciclos agrícolas P-V, el día 28 de agosto de 2011, el 7 de agosto de 2012 y 6 de septiembre de 2014. Para el caso de Palizada, bajo humedad residual, la siembra se realizó en dos ciclos agrícolas O-I, el día 19 de noviembre de 2010 y el primero de diciembre de 2011.

Tratamiento de semilla: Se aplicó FURADAN TS, a razón de 750 ml a 1 lt, para la cantidad de semilla recomendada por hectárea, para combatir a las plagas de suelo que atacan al embrión de la semilla y devoran las raíces.

Distancia entre surcos y densidad de población. La distancia entre surcos fue de 80 cm y se estableció una densidad de 250000 plantas/ha.

Fertilización: Se aplicó la fórmula: 82-92-00, la cual se obtiene aplicando 200 kg de fosfato de amonio a la siembra y 200 kg de urea a los 25-30 días después.

Control de malezas: Se le dieron dos pases de cultivadora, un deshierbe manual y tres aplicaciones de herbicidas, uno antes de la siembra con Faena normal (150 a 180 ml/ bomba de 20 L), otro después de la germinación con 2,4-D amina (80 a 150 ml por bomba de 20 L) y por último, la mezcla de Faena y 2,4-D amina (las mismas dosis).

Control de plagas: Se realizaron dos aplicaciones contra el gusano cogollero, mosquita de sorgo, arañas y otros gusanos. La primera aplicación fue con aspersora mecánica de 600 lts a base de Lorsban (clorpirifos) a razón de 500 ml/ha; sin embargo, pese a la aplicación de este insecticida y a las precipitaciones que ocurrían, el control de gusano cogollero solo fue por un periodo de tiempo corto por lo que se procedió a una segunda aplicación, con una mezcla de insecticidas: Palgus (Spinetoram) a razón de 150 ml/ha y Cypervel 200 (Cipermetrina) 350 ml/ha; además de un regulador de pH: extensor z 250 ml/ha.

Información fenológica: Para ser evaluadas las parcelas con los materiales de sorgo, fueron tomadas las variables: germinación, inicio de bota, floración y madurez fisiológica. Los datos fenológicos fueron medidos en 10 plantas de cada material.

Información Agrometeorológica: Durante su ciclo ontogénico, es decir, desde que se sembraron los materiales hasta su cosecha, que abarco los meses de agosto a diciembre para el ciclo PV y de noviembre a marzo para el ciclo O-I, se colectaron los datos meteorológicos (lluvia, temperatura y dirección y velocidad del viento, radiación solar humedad relativa y humedad de la hoja) de las estaciones automatizadas del INIFAP, de las dos localidades en observación (Cayal y Toluca, México), durante los años en que se realizaron las evaluación de rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Información Agrometeorológica. La información agrometeorológica generada es muy variable, ya que tres ensayos fueron establecidos en suelos rojos (kankab), como cultivo de medio temporal en siembras de agosto y septiembre en la localidad de Cayal y los dos restantes se establecieron en un régimen de humedad residual en suelos cafés (yaax-hom) en el municipio de palizada. Los datos del cuadro 1, reportan la precipitación pluvial acumulada durante el ciclo ontogénico del cultivo de sorgo, los extremos reportados son de 453.2 y 42.1 mm/ciclo, el promedio de la lluvia acumulada en las siembras de medio temporal es de 286.2 y en humedad residual solo se alcanzan 132.3 mm/ciclo, es decir menos del cincuenta porciento con respecto a los valores del cultivo de sorgo en medio temporal. Estos valores de acuerdo a la literatura quedan agrupados de la siguiente manera, para la producción de grano son necesarios (mínimos 250 mm/ciclo); buenos rendimientos (350 mm/ciclo) y altos rendimientos (450 a 600 mm/ciclo) (Cruz Colaso, et al, 2012). Con respecto a las variables evapotranspiración del cultivo y balance hídrico, los datos indican una evapotranspiración del cultivo ligeramente mayor en las siembras de medio temporal con respecto a las humedad residual, 245.8 mm/ciclo versus 233.3 mm/ciclo, respectivamente. El balance hídrico reporta una condición favorable para las siembras de medio temporal con valores de 13.1, 205.1 y – 96.9 mm, respectivamente para los ensayos 1-3, el déficit del ensayo tres es muy probable que haya sido compensado por la reserva hídrica almacenada en el suelo, sin embargo, la diferencia de rendimiento de los ensayos uno y dos con el rendimiento medio del ensayo tres es de 727 kilogramos, es decir una pérdida de 7.50 kilogramos de grano por cada mm de déficit. En base a los rendimientos máximos de los ensayos 1-3 y la cantidad de lluvia acumulada durante el ciclo, la cantidad de grano producido por mm de precipitación fluctúa en el rango de 8.8 a 30.3 kilogramos por mm de lluvia (Figura 1), con esta variable es posible explicar el 37 porciento del rendimiento de grano de los materiales genéticos de mayor rendimiento.

Los datos del cuadro 2, reportan las temperaturas promedio de las máximas, mínimas y media durante el ciclo ontogénico del cultivo de sorgo, así como los promedios de la radiación solar y la humedad relativa. Al comparar los valores promedios de las temperaturas máxima, mínima y media de las siembras de sorgo de medio temporal estos son mayores que los promedios de estas variables en la siembras de humedad residual, en cambio los valores promedios de la radiación solar y la humedad relativa son menores en las siembras de medio temporal respecto a las de humedad residual, lo cual es influenciada por la nubosidad de la estación de lluvias y las temperaturas máximas que afectan los

valores de la radiación solar y la humedad relativa, respectivamente; Zeledón *et al*, 2007 coincide con estos resultados.

Cuadro 1. Datos de lluvia acumulada, evapotranspiración del cultivo y balance hídrico, para cada ensayo de rendimiento de sorgo.

PERIODO CULTIVO	LOCALIDAD	PPA ¹	ETc ²	BH ³
06SEP14 - 06DIC14	CAYAL	294.4	281.3	13.1
07AGO12 - 06NOV12	CAYAL	453.2	248.1	205.1
28AGO11 - 28DIC11	CAYAL	111.0	207.9	-96.9
01DIC11 - 01MAR12	PALIZADA	42.1	237.0	-194.9
22NOV10 - 21FEB11	PALIZADA	222.5	229.5	-7.0

¹PPA: Precipitación acumulada. ²ETc: Evapotranspiración del cultivo. ³BH: Balance Hídrico.

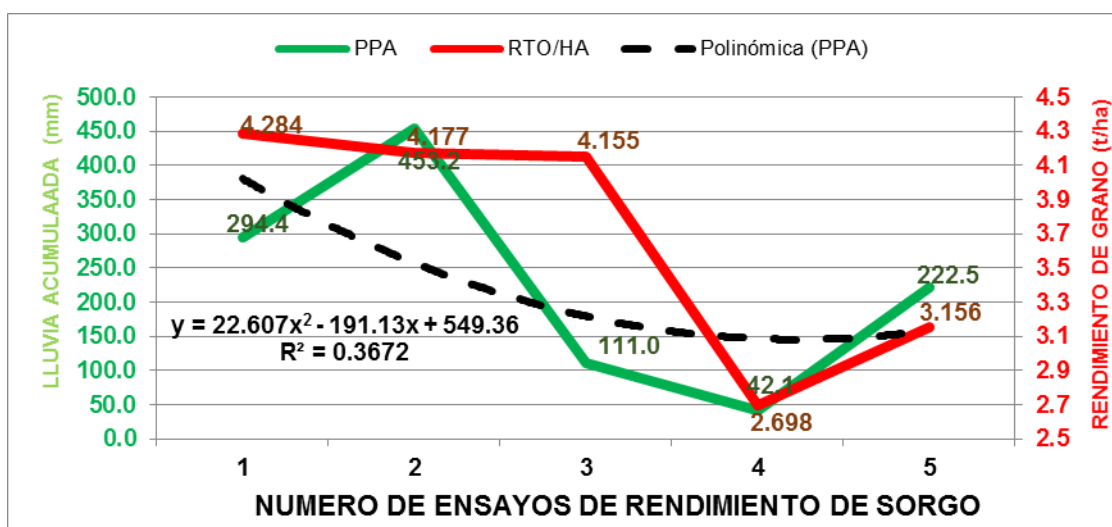


Figura 1. Datos de rendimiento de grano en los ensayos, lluvia acumulada durante el ciclo ontogénico del sorgo y ecuación de pronóstico en función de la cantidad de precipitación.

Cuadro 2. Datos de temperatura máxima, mínima y media, así como de lluvia acumulada, evapotranspiración del cultivo y balance hídrico, para cada ensayo de rendimiento de sorgo.

PERIODO DEL CULTIVO	LOCALIDAD	Tmax ¹	Tmin ²	Tmed ³	Rad ⁴	HR ⁵
06SEP14 - 06DIC14	CAYAL	30.84	18.95	24.01	430.44	84.69
07AGO12 - 06NOV12	CAYAL	32.82	20.48	25.53	357.56	83.75
28AGO11 - 28DIC11	CAYAL	29.81	17.28	22.82	323.37	85.07
01DIC11 - 01MAR12	PALIZADA	29.05	19.50	23.47	396.64	85.79
22NOV10 - 21FEB11	PALIZADA	27.61	18.30	22.34	398.16	86.22

¹Tmax: Temp. máxima. ²Tmin: Temp. mínima. ³Tmed: Temp. media. ⁴Rad: Radiación. ⁵HR: Humedad Relativa

Al determinar el efecto de estas variables en los rendimientos medios de los ensayos de medio temporal y humedad residual podemos indicar que los valores de grano producido por las temperaturas fluctúa de 107 a 177 kilogramos de grano por cada grado en las siembras de medio temporal y en las siembras de humedad residual el rango es de 79 a 119 kilogramos de grano por cada grado, (Figura 2), con la temperatura máxima promedio es posible explicar el 78 por ciento del rendimiento de grano de los materiales genéticos de mayor rendimiento.

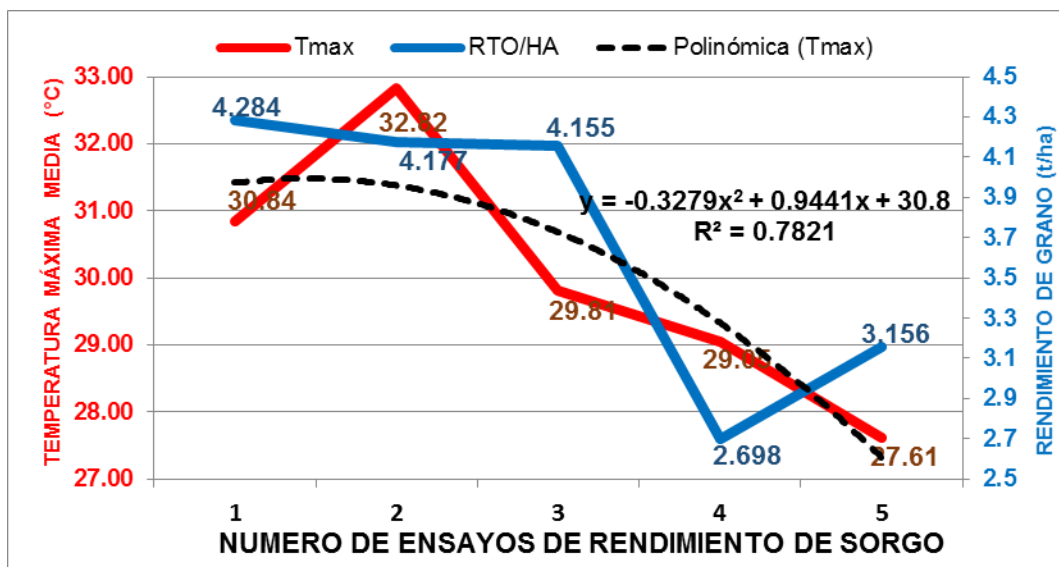


Figura 2. Datos de rendimiento de grano en los ensayos, temperatura máxima promedio durante el ciclo ontogénico del sorgo y ecuación de pronóstico en función de la temperatura máxima.

En relación a la radiación solar y la humedad relativa, los valores también son mayores en las siembras de medio temporal con respecto a las de humedad residual, con promedios de 9.03 y 5.66 kilogramos de grano por cada watts/m², en humedad relativa los promedios son de 39.58 y 26.17 kilogramos de grano por cada unidad del por ciento de humedad relativa, con esta última variable (Figura 3), es posible explicar el 69 por ciento del rendimiento de grano de los materiales genéticos de mayor rendimiento.

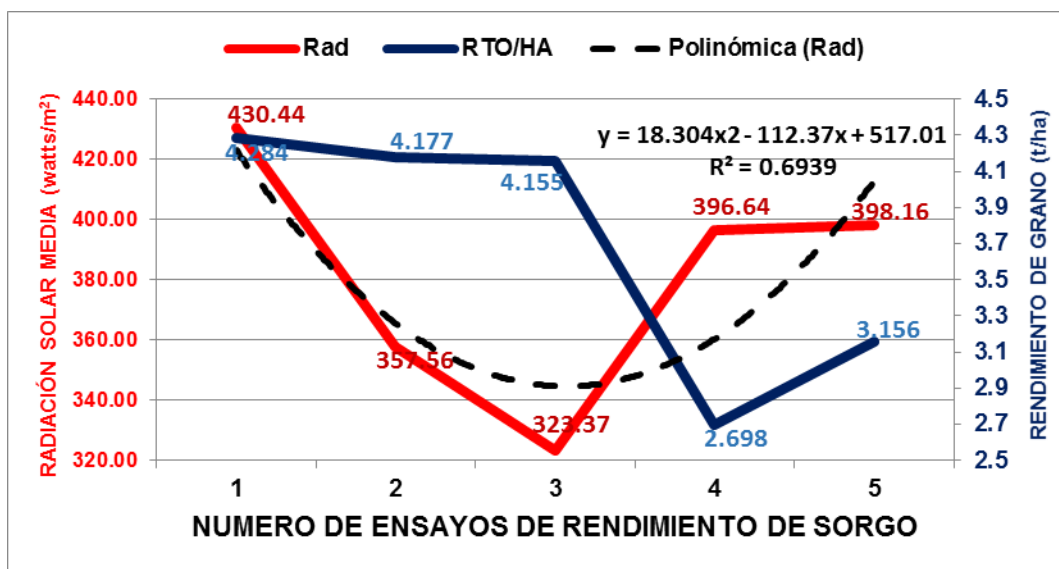


Figura 3. Datos de rendimiento de grano en los ensayos, radiación solar promedio durante el ciclo ontogénico del sorgo y ecuación de pronóstico en función de la radiación solar.

Datos de rendimientos. Los resultados indican que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el rendimiento de grano de todos los materiales genéticos por ensayo y localidad en los periodos evaluados; donde solamente el ensayo 5 de la localidad de palizada, no presento diferencias estadísticas al ($p \leq 0.01$) para todos los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de Varianza para materiales de sorgo, evaluados en condiciones de temporal y humedad residual en dos localidades del estado de Campeche, Campeche. 2011, 2012 y 2014.

ENSAYO	LOC	PERIODO CULTIVO	Valor de F	No. TRAT	Pr > F	Nivel de sig.
1	Cayal	06SEP14 - 06DIC14	20.29	13	<.0001	**
2	Cayal	07AGO12 - 06NOV12	9.65	5	0.0018	**
3	Cayal	28AGO11 - 28DIC11	5.83	10	0.0001	**
4	Palizada	01DIC11 - 01MAR12	6.61	10	<.0001	**
5	Palizada	22NOV10 - 21FEB11	1.58	10	0.1662	NS

**= Altamente significativo; NS= No significativo.

En el Cuadro 4, se indica que en promedio la localidad que presento mayor rendimiento de grano fue la de cultivo de medio temporal (Cayal) con un 30 % más que la siembra de humedad residual (Palizada). El rendimiento promedio del ensayo 2 supero en un 4.3 % y 26 %, en ese orden al ensayo 1 y 3 en primavera-verano. Para siembras de humedad residual, el ensayo 5 presento un mayor rendimiento de grano en promedio con 7.4 % más que el ensayo 4.

Cuadro 4. Comparación de medias de rendimiento por localidad (L) y tratamiento (T) en los ensayos evaluados en condiciones de temporal y humedad residual en dos localidades del estado de Campeche, Campeche. 2011, 2012 y 2014.

L	ENSAYO 1 (2014)			ENSAYO 2 (2012)			ENSAYO 3 (2011)		
	T	RG (kg/ha)	DMS (p ≤ 0.01)	T	RTO (kg/ha)	DMS (p ≤ 0.01)	T	RTO (kg/ha)	DMS (p ≤ 0.01)
CAYAL	1	4652.6	A	1	4273.1	A	6	4155.30	A
	2	4555.9	A	3	4080.8	A	1	3701.30	A B
	3	4148.4	A B	2	3722.0	A	5	3419.80	A B
	4	4053.0	A B C	5	3363.8	A B	8	3048.00	A B C
	5	4008.4	A B C	4	2611.4	B	9	3043.50	A B C
	6	3837.3	A B C				3	2817.00	A B C
	7	3837.2	A B C				4	2786.00	A B C
	8	3409.6	B C				2	2706.50	B C
	9	3378.6	B C				10	2338.50	B C
	11	3080.3	C D				7	1666.00	C
	10	2181.1	D E						
	12	1964.4	E						
	13	1810.4	E						
PALIZADA	ENSAYO 4 (2011-2012)						ENSAYO 5 (2010-2011)		
	T	RTO (kg/ha)	DMS (p ≤ 0.01)				T	RTO (kg/ha)	DMS (p ≤ 0.01)
	6	2893.8	A				6	2831.0	A
	1	2675.0	A				1	2742.0	A
	8	2525.0	A B				9	2702.8	A
	5	2462.5	A B				8	2476.3	A
	3	2405.0	A B				7	2459.0	A
	9	1937.5	A B C				5	2253.5	A
	4	1900.0	A B C				3	2085.8	A
	2	1837.5	A B C				10	2046.3	A
	10	1800.0	A B C				4	1957.5	A
	7	1206.3	C				2	1824.0	A

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (p ≤ 0.01).

Así mismo podemos observar en el mismo Cuadro 4, que en siembras de medio temporal, el mejor material genético fue el Ámbar, con 4,652.6 y 4273.1 kg/ha en los años 2014 y 2012 respectivamente, mientras que en el 2011 solo fue superado por el material genético MSG 540 con 4,155.30 kg/ha, donde el ámbar obtuvo 3701.30 kg/ha, superado en un 11%. Dentro de este ciclo productivo, también se observa que el material que se vio menos favorecido fue el RB-Paloma para el año 2014, el RB-Huasteco para el año 2012 y el manantial para el 2011, con 1810.4 kg/ha, 2611.4 kg/ha y 1666.00 kg/ha, respectivamente. De la misma forma en siembras de humedad residual, el mejor material genético para el 2010-2011 fue el MSG 540 con 2,893.8 kg/ha y para el 2011-2012 fue el 5291 con 2831 kg/ha. De la misma forma el material genético menos favorecido fue el Manantial para el 2010-2011 y el DK-67 para el 2011-2012 con 1206.3 kg/ha y 1824.0 kg/ha, respectivamente.

CONCLUSIONES

1. A pesar de establecerse el cultivo en un régimen de humedad dependiente de la lluvia, la variable meteorológica de mayor peso es la temperatura máxima promedio ya que cada grado produce en promedio 142 y 99 kilogramos de grano, en siembras de medio temporal y humedad residual.
2. El rendimiento más alto de grano de sorgo, se logra en las siembras de medio temporal, con promedios de 3344 y 2251 kilogramos, respectivamente.
3. Los materiales genéticos de mayor rendimiento son Ámbar y MSG 540 en siembras de medio temporal.
4. Los materiales genéticos de mayor rendimiento son MSG 540 y 5291 en siembras de humedad residual.

LITERATURA CITADA

- Bertea, D.; Ortiz, D. 2010. Efecto de la densidad de siembra sobre procesos de compensación y rendimiento en genotipo de sorgo granífero. Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de Sorgo. Rosario, Argentina. Trabajos presentados y resumen de conferencias. s.n.t. pp. 397-398.
- Carrasco P. 1989. Potencial de producción de sorgo granífero en el litoral Norte. Manejo de la densidad y distribución en sorgo granífero para la obtención de altos rendimientos. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Cruz Colaso, Juan; Garay, Jorge Alberto y Veneciano, Jorge Hugo. 2012. El cultivo de sorgo en san Luis. EEA San Luis, INTA. La Pampa, Argentina 118 p.
- Espinoza, P. M. 2003. Plan estratégico de investigación y transferencia de tecnología. Cadena agroalimentaria de sorgo. Fundación produce Querétaro.
- Félix Moreno J.G. 2010. Guía del cultivo de sorgo para grano en el norte de Sinaloa. Fundación produce Sinaloa.
- Fundación Produce Chiapas. 2010. Manual para la identificación de plagas, enfermedades y su control en sorgo. Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas. 22 p.
- Moreno G.T. 2011. Formación de variedades e híbridos de sorgo para riego y temporal. Colección: Tecnologías para el productor. Campo Experimental Valle de Culiacán. INIFAP y Fundación Produce Sinaloa. 22 p.
- Salinas, J.; Montes, N.; Williams, H.; Rodríguez, R.; Fregoso, L.; Maciel, R. 1990. Guía para cultivar sorgo en el norte de Tamaulipas. Folleto No. 5 Ed. SARH-INIFAP México. p. 1-14.
- SARH. 1985. Guía para la asistencia técnica agropecuaria. Área de influencia del campo agrícola experimental Campeche. INIA. CIAP. CAE "Campeche". Campeche, Campeche, Mex. 138 p.
- Zeledón H.S; Hernández, M.A y Ayala M.J.E. 2007. Guía técnica del sorgo (*sorghum bicolor*, L. Moench). Ministerio de agricultura y ganadería. CENTA. La libertad, El Salvador. Primera edición.

Referencias informáticas

- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 13 de junio de 2016

RESPUESTA DEL CACAHUATE (*Arachis hypogaea*) A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN CHIAPAS, MÉXICO.

PEANUT (*Arachis hypogaea*) RESPONSE TO BIOFERTILIZER APPLICATION IN CHIAPAS STATE, MEXICO.

¹Cruz Chávez FJ, ²Gomez Hernández VP, ¹Garrido Ramírez, ER.

¹Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP. Km 3.0 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C.P. 29069. Ocozocoautla Chiapas, México.

Autor para correspondencia: cruz.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

En el estado Chiapas, los productores de cacahuete están usando los biofertilizantes combinados a base de *Glomus intraradices* y *Bacillus subtilis* y estos han mostrado ventajas económicas y ecológicas, pues la respuesta del cultivo ha sido positiva, se reportan incrementos de producción del 13% y que lo protege eficientemente del ataque de plagas de la raíz y de enfermedades foliares, no obstante se desconoce qué efecto sobre la planta tienen estos productos al ser aplicados de manera individual, por esta razón se realizó esta investigación con objetivo de conocer la respuesta de las plantas de cacahuete en la etapa vegetativa a la aplicación *per se* y combinada de estos productos. Los resultados indican en general una respuesta positiva de los biofertilizantes en los parámetros; número de nódulos, longitud de raíz, peso seco de raíz, ICC, altura de planta y peso seco del área foliar, sin embargo se observó que esta respuesta en el cacahuete es mayor cuando se aplican combinados *G. intraradices* y *Bacillus subtilis*, teniendo un papel preponderante *G. intraradices*.

Palabras clave: crecimiento, micorriza, bacterias, cacahuete.

INTRODUCCIÓN

En México el cacahuete es cultivado en aproximadamente en 59 514 hectáreas (SIAP, 2014). Se considera que el trópico seco de la vertiente del océano pacífico, incluyendo Guerrero, Oaxaca y Chiapas es una área apta para su cultivo (Garrido *et al.*, 2011).

En el estado de Chiapas este cultivo enfrenta a factores agronómicos que limitan su desarrollo y producción, por lo que es necesario hacer uso de agroquímicos como son fungicidas, fertilizantes químicos e insecticidas que ayudan al cultivo pero, que incrementan los costos de producción y son un riesgo de contaminación del suelo y del manto freático (López y Villar, 2000), por ello se buscan alternativas más económicas y amigables con el medio ambiente y sin detrimento de la producción, entre estas se encuentran los biofertilizantes que han mostrado ventajas económicas y ecológicas. Esta tecnología se está utilizando en el cultivo de cacahuete en el estado de Chiapas, específicamente la micorriza a base de *Glomus intraradices* y en combinación con *Bacillus subtilis* a través de la técnica del encapsulado de la semilla, la respuesta del cultivo ha sido positiva pues se reportan incrementos de producción del 13%, pero sobre todo porque protege a la planta del ataque de plagas de la raíz como la gallina ciega (*Phyllophaga* sp) y de algunos hongos que provocan enfermedades foliares como la peca (*Cercospora arachidicola*) (Cruz *et al.*, 2014), sin embargo no se conoce cuál es el efecto individual de estos componentes y si esto tendría beneficios, es por ello que en este trabajo se planteó como objetivo conocer la respuesta de las plantas de cacahuete a la aplicación *per se* y combinada de estos productos para mejor entendimiento de su función y hacer más eficiente su manejo..

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se efectuó en el campo experimental centro de Chiapas dependiente del INIFAP durante los meses de junio y julio de 2015 en condiciones de invernadero.

Se evaluaron cinco tratamientos: T1= testigo; T2= *Glomus intraradices*, T3= *Bacillus subtilis*, T4: producto comercial a base de *Glomus intraradices*+*Azospirillum brasilense*, T5= *Glomus intraradices*+*Bacillus subtilis*. La aplicación de los productos previamente humedecidos fue directa a la semilla. La dosis empleadas de cada producto por kilo de semilla a tratar fue: 30 gr de micorriza, 30 mL de *B. subtilis* y 10 mL del producto comercial a base *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense*. Como

material genético se usó una variedad criolla de cacahuate tipo virginia. Un día antes de la siembra, se le aplicaron los tratamientos correspondientes, utilizando la goma de xantana (5 g por kilo de semilla) como adherente de los productos a evaluar.

Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, cada repetición estuvo constituida por cuatro recipientes de plástico con capacidad de 3.5 kilos, el sustrato usado fue turba del musgo *Sphagnum*, la siembra fue manual y se sembraron cuatro semilla por maceta y una vez que emergieron las plántulas, se dejaron las dos mejores plántulas, las restantes se eliminaron, se regaron periódicamente con agua corriente aplicando un volumen constante a todos los tratamientos, el estudio concluyó al inicio de floración de los tratamientos.

Dentro de cada repetición se tomaron en cinco plantas los siguientes parámetros; índice de captación de clorofila, altura de planta, numero de nódulos por planta, longitud del sistema radicular, peso seco del sistema radicular y del área foliar y días a inicio de floración. Las mediciones se iniciaron 16 días después de emergidas las plántulas y salvo el parámetro de índice de captación de clorofila que fue medido por 20 días, los parámetros altura de plantas e inicio de floración se tomaron hasta que esta última inició en los tratamientos, luego las plántulas se extrajeron de las macetas y se lavaron con agua corriente para eliminar la tierra y así realizar la toma de datos de nódulos y la determinación de peso seco, para ello las plántulas fueron puestas en una estufa de secado por espacio de 48 horas a 60°C, después de sacarlas del horno, se enfriaron y enseguida se procedió a tomar los datos correspondientes

El análisis de varianza de los parámetros fue realizado con el programa SAS V8.0 con un nivel de significancia del 95 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la variable número de nódulos por planta, el análisis de varianza (ANVA) mostró diferencias estadísticas entre tratamientos (cuadro 1) e indica que los tratamientos donde se aplicó *G. intraradices*+ *B. subtilis* fueron estadísticamente superiores, aunque el valor de este último fue similar a los tratamientos *G. intraradices*+ *A. brasilense* y al combinado *G. intraradices*+*B. subtilis*., estos resultados indican que tanto *G. intraradices* como *B. subtilis* indujeron una mayor producción de nódulos incluso el doble en comparación al testigo, sin embargo al combinarse ambos organismos pareciera que inhiben esa capacidad por lo que sugieren los datos obtenidos (cuadro 1), cabe mencionar que tanto el tratamiento *G. intraradices*+ *A. brasilense* como el tratamiento *G. intraradices*+*B. subtilis*. tienen el mismo efecto en la producción de nódulos.

Cuadro 1. Valores determinados de los parámetros peso seco de la raíz y numero de nódulos en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Número de nódulos/planta	longitud de raíz (cm)	Peso seco de raíz (g)
Testigo	32.5	C	4.82
<i>Glomus intraradices</i>	74.0	A	60.3
<i>Glomus</i> + <i>A. brasilense</i>	49.7	BC	54.9
<i>Bacillus subtilis</i>	64.5	AB	49.5
<i>G. intraradices</i> + <i>B. subtilis</i>	47.5	BC	64.8
DMS=95 % C.V. = 22.67 % C.V. = 13.40 % C.V. = 16.06 %			

Por otra parte el ANVA para longitud de raíz también arrojó diferencias estadísticas entre tratamientos y fueron los tratamientos *G. intraradices*+*B. subtilis*, *G. intraradices* y *G. intraradices*+*A. brasilense* los que presentaron los mayores valores, teniendo respectivamente 42 %, 32 % y 20.3% más de longitud de raíz en relación al testigo, hay que mencionar que en este caso, el tratamiento *G. intraradices*+*B. subtilis* mostró un efecto sinérgico entre ambos componentes, todo lo contrario a lo que se halló en la variable número de nódulos (Cuadro 1), estos resultados en general muestran que estos productos promueven el desarrollo del sistema radical. Para la variable peso seco de raíz, el ANVA también mostro diferencias estadísticas y fue el tratamiento de *G. intraradices*+*B. subtilis* el que superó al resto (cuadro 1) y, en relación al testigo, produjo 51% más de biomasa que este. Estos resultados muestran que la aplicación de modo individual de los biofertilizantes no mostró un efecto

superior al testigo, como tampoco sucedió con la combinación de la mezcla *G. intraradices*.+*A. Brasilense*.

Respecto al índice de captación de clorofila (ICC), el análisis estadístico mostro diferencias estadísticas entre ellos y comparado con el testigo los demás tratamientos respectivamente tuvieron 6.2%, 11.1%, 11.8% y 33.5% mas ICC, siendo la combinación *G. intraradices*+*B. subtilis* la que mostró mayor ICC, esto da a entender que existió un efecto sinérgico entre ambos microorganismos que estimula a la planta para tener una mayor capacidad de captación (Figura 1) lo que no ocurrió entre *G. intraradices*+*A. brasilense*, tampoco cuando se aplicó en forma individual *G. intraradices* o *Bacillus subtilis*

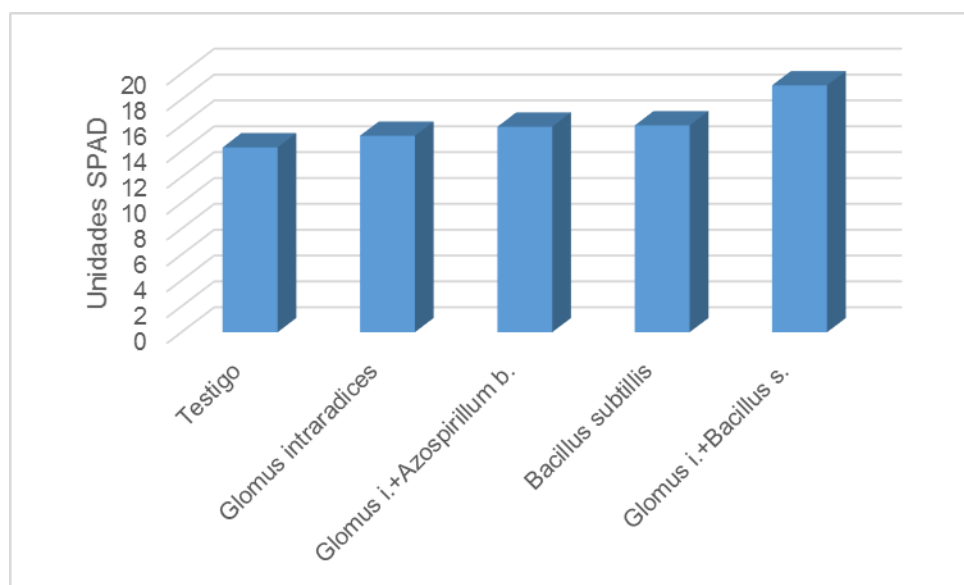


Figura 1. Índice de captación de clorofila en los tratamientos evaluados.

Para el parámetro días a inicio de floración, no se hallaron diferencias estadísticas, porque todos los tratamientos iniciaron su floración en promedio a los 40 días después de la siembra.

Para el parámetro altura de planta, el ANVA mostró diferencias estadísticas (Cuadro 2) mostrando los mayores valores los tratamientos *G. intraradices*., la combinación de *G. intraradices*.+*A. brasilense* y *G. intraradices*+ *B. subtilis* y que en relación al testigo lo superan en 20.5 %, 3.3 % y 25.5 % respectivamente, llama la atención de que en los tres tratamientos existe como factor común *G. intraradices*, lo que reafirma lo mencionado por Aguirre (2006) en el sentido de que *Glomus* tiene la capacidad de estimular el desarrollo del sistema radicular de especies vegetales lo cual va a permitir a la planta también producir mayor biomasa aérea. Estos resultados están correlacionados con los valores de peso seco del área foliar y que de acuerdo al ANVA resultaron superiores los tratamientos que tenían como uno de sus componentes a *G. intraradices* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores determinados de los parámetros altura de planta y pesos seco de área foliar en los tratamientos evaluados.

Treatment	altura de plántula (cm)	peso seco área foliar (g)
Testigo	11.67 BC	9.92 C
<i>Glomus intraradices</i>	14.07 AB	12.05 ABC
<i>G. intraradices</i> .+ <i>A. brasilense</i>	12.06 ABC	12.60 AB
<i>Bacillus subtilis</i>	10.71 C	11.27 BC
<i>G. intraradices</i> .+ <i>B. subtilis</i>	14.65 A	13.65 A
DMS=95% C.V. =13.68 % C.V. =11.92 %		

CONCLUSIONES

Existe una respuesta positiva de las plantas de cacahuate a la aplicación de los biofertilizantes, sin embargo el efecto es mayor tanto en la parte área como en el sistema radicular cuando se aplican combinados *Glomus intraradices* y *Bacillus subtilis*

LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. JF. 2006. Biofertilizantes microbianos; Experiencias Agronómicas del Programa Nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. P.29-43.
- Cruz, CH. FJ. López, L. A., Garrido, R. ER. y Ruiz, S.E. 2014. Validación de la técnica del encapsulado de la semilla de cacahuate para mejorar su rentabilidad en el estado de Chiapas, México. En: Memoria de la IX reunión Nacional de Innovación Agrícola P.154
- Garrido R., E.; López L., A.; Noriega C., D. H.; Hernández G., E. 2011. Principales plagas y enfermedades del cacahuate en Chiapas. Folleto para productores No. 11. CIRPAS- Campo experimental Centro Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa Chiapas, México.
- López L. A, B. Villar S.; I. Joaquín T. y M. A. Rosales E. 2002. Informe Anual del Proyecto "Generación de tecnología de producción sustentable de cacahuate en el estado de Chiapas". Campo Experimental Centro de Chiapas CIRPAS-INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

Referencias informáticas

- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 22 de mayo de 2016.

CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO Y NIVEL DE NITRÓGENO EN MAÍCES CRIOLLOS E HÍBRIDOS.

SOIL AND WATER CONTENT OF NITROGEN LEVEL AND HYBRIDS CORNS CRIOLLOS

¹Villalobos González A, ²López Castañeda C, ²López Hernández MB, ²Miranda Colín S, ¹Medina Méndez J, ²Aguilar Rincón VH.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Edzná. Carretera Campeche-Tixmucuy Km 15.5 Campeche, Camp. C.P. 24529.

²Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.

Autor para correspondencia: villalobos.antonio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El presente trabajo, tuvo como objetivo estudiar la respuesta de un grupo de maíces criollo e híbridos en días a floración masculina y femenina, intervalo de antesis-floración femenina y rendimiento de grano y sus componentes, en condiciones de riego (R), sequía (S) y deficiencias de nitrógeno en condiciones de invernadero. La siembra se realizó en Mayo de 2013 en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; bajo un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4 x 2, con dos repeticiones. Los tratamientos fueron: T1= riego (R) que consistió en mantener la HE cercana a capacidad de campo (CC) hasta la madurez; T2= sequía 1 (S₁) sin R por 10 días (d) cuando las plantas tuvieron 30 d después de la siembra (dds); T3= sequía 2 (S₂) sin R por 20 d cuando las plantas tenían 50 dds, y T4= sequía 3 (S₃) sin R por 30 d para plantas con 70 dds. También se evaluaron tratamientos de fertilización nitrogenada que se aplicaron al momento de la siembra; dosis alta de nitrógeno (AN) con 160-40-20 y dosis baja (BN) con 80-40-20, como fuente de nitrógeno, fosforo y potasio se usaron: urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. La disminución del contenido hídrico edáfico se reflejó en una reducción significativa ($p \leq 0.05$) de la floración masculina y femenina, antesis-floración femenina, rendimiento de grano y sus componentes, en todos los materiales. El estrés hídrico tuvo mayor ($p \leq 0.05$) efecto que las deficiencias de nitrógeno, en el incremento en el número de días a antesis y floración femenina e intervalo antesis-floración femenina de los criollos, qué en los híbridos; y mayor ($p \leq 0.05$) efecto en la reducción de la formación de granos y peso de grano en los híbridos, qué en los criollos.

Palabras clave: *rendimiento, floración, estrés.*

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es el cultivo más importante por su papel central en la alimentación de la población humana; el 80 % de la superficie cultivada con maíz se realiza en condiciones de secano o temporal, que se caracterizan por presentar amplias variaciones en cantidad y distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo (SAGARPA, 2014; Villalobos et al., 2016); cuando la disminución en la cantidad de lluvia coincide con el periodo de floración, el rendimiento y la calidad del grano se reducen considerablemente (Villalobos et al., 2014). El rendimiento de grano promedio nacional en condiciones de temporal es de 2 t ha⁻¹, que en comparación con el que se obtiene en riego (8 t ha⁻¹) es muy bajo (SAGARPA, 2014); éste bajo rendimiento en temporal se debe principalmente a la frecuente presencia de deficiencias hídricas que coinciden con la floración, al disminuir considerablemente el rendimiento de grano en gran parte del área cultivada bajo condiciones de secano. Las deficiencias hídricas también pueden presentarse en diferentes periodos del ciclo del cultivo (sequía intermitente), al causar estrés hídrico en las etapas de plántula y reducir el establecimiento del cultivo, el desarrollo del área foliar y la fotosíntesis en el periodo anterior a la floración, y en las etapas de floración y llenado del grano (sequía de medio verano o 'canícula'), reduciendo la producción de mazorcas y granos durante las dos semanas de la floración (Giménez, 2012), debido a una disminución en la tasa de fotosíntesis durante el llenado del grano y una rápida inducción de la senescencia de las hojas fotosintéticamente activas; el rendimiento de grano también puede ser afectado por la competencia por foto-asimilados entre los órganos aéreos de la planta y las raíces como una respuesta de adaptación a la sequía (Bänzinger et al., 2012). El rendimiento de grano bajo éstas condiciones ambientales, podría

mejorarse al seleccionar genotipos con atributos agronómicos que permitan a la planta una mejor adaptación a la sequía; por ejemplo, se ha demostrado que la sincronía entre la antesis y la floración femenina, y el número de mazorcas por planta estuvieron correlacionados genéticamente con el rendimiento de grano bajo sequía en seis poblaciones de maíz tropical y que la variación en rendimiento de grano bajo sequía está dominada por la variación en los procesos de establecimiento de los granos en la mazorca, relacionados con la partición de la biomasa en la floración y también, aunque en menor grado con los procesos ligados al *status* hídrico del cultivo (Bolaños y Edmeades, 1996). El objetivo del presente estudio fue estudiar la respuesta de maíces criollos e híbridos de maíz, con riego y sequía y dos niveles de fertilización con nitrógeno, en días a floración masculina y femenina, intervalo de antesis-floración femenina y rendimiento de grano y sus componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en invernaderos del área de resistencia a sequía, del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México (19° 21'N, 98° 55'O y 2250 msnm). El invernadero empleado para este experimento tenía techo de material de plástico transparente. Se emplearon cinco híbridos de maíz producidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y tres materiales criollos colectados en el municipio de Españita, Tlaxcala (Cuadro 1).

Cuadro 1. Híbridos y materiales criollos de maíz, evaluados en diferentes condiciones de sequía y fertilización nitrogenada.

Híbridos	Criollos
H-49 [†]	Colección-1 (Criollo rojo) [§]
H-44 [†]	Colección-2 (Criollo blanco) [§]
H-34 ^p	Colección-3 (Criollo azul) [§]
H-33 [†]	
H-32 [†]	

^pHíbrido de cruz simple; [†]Híbrido de cruz doble; [†]Híbrido trilineal; [§]Germoplasma recolectado en el Municipio de Españita, Tlaxcala, por el Dr. Cándido López-Castañeda, Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México en el ciclo otoño-invierno 2013.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4 x 2, con dos repeticiones, correspondientes a cuatro tratamientos de humedad edáfica y dos niveles de fertilización para todos los materiales. La unidad experimental fue un tubo de PVC de 4" de diámetro y 1 m de largo, con una bolsa cilíndrica de plástico de las mismas dimensiones en su interior, conteniendo suelo esterilizado; el suelo utilizado fue de textura migajón-limoso (34 % de arena, 56 % de limo y 10 % de arcilla) al que se le determinó su capacidad de campo (CC) de 33.9 %, porcentaje de marchitamiento permanente (PMP) de 21.1 % y densidad aparente de 1.08 g cm³ (Laboratorio de Física de Suelos, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México). La siembra se realizó en mayo de 2013, se emplearon semillas con un peso de 350±5 mg en cada unidad experimental. Se evaluaron cuatro tratamientos de humedad edáfica (HE): T1= riego (R) que consistió en mantener la HE cercana a capacidad de campo (CC) hasta la madurez; T2= sequía 1 (S₁) sin R por 10 días (d) cuando las plantas tuvieron 30 d después de la siembra (dds); T3= sequía 2 (S₂) sin R por 20 d cuando las plantas tenían 50 dds, y T4= sequía 3 (S₃) sin R por 30 d para plantas con 70 dds; al finalizar los periodos de sequía se aplicó un riego de recuperación (RR) en cada tratamiento de deficiencias hídricas edáficas con la aplicación de riegos subsecuentes hasta la madurez. También se evaluaron tratamientos de fertilización nitrogenada que se aplicaron al momento de la siembra; dosis alta de nitrógeno (AN) con 160-40-20 y dosis baja (BN) con 80-40-20, como fuente de nitrógeno (N), fosforo y potasio se usaron: urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. Para el control de pulgón y mosquita blanca se aplicó 1 L ha⁻¹ Engeo® a los 38 dds.

Variables medidas. Se midió el número de días a antesis o floración masculina (FM); se determinó cuando el 50 % de las espiguillas presentes en la espiga de la planta, presentaban anteras en dehiscencia y expuestas fuera de las glumas. El número de días a floración femenina (FF); se determinó cuando la planta presento el jilote o inflorescencia femenina con los estigmas expuestos. El rendimiento de grano por planta (RGP, g); se obtuvo después de desgranar las mazorcas de cada

planta y pesarlo, para determinar el peso del grano por planta. El tamaño del grano o peso de 100 granos (P100G, g); se obtuvo al pesar 100 granos elegidos al azar de cada planta. El número de granos normales por mazorca (NGNM); se obtuvo al contar el número de granos completamente formados o normales, después de desgranar las mazorcas de cada planta. El número de granos abortados (NGPM); se obtuvo al contar el número de granos que no alcanzaron su desarrollo completo en la mazorca. El contenido hídrico edáfico (CHE) se determinó al pesar los tubos tres veces por semana en todos los tratamientos de HE y N; en R se agregó la cantidad de agua perdida por transpiración entre fechas sucesivas de pesaje, manteniendo la humedad (H) cercana a CC hasta la madurez fisiológica (MF). Se aplicó RR en S₁, S₂ y S₃ al finalizar los tratamientos de sequía, y se aplicaron riegos subsecuentes después del RR hasta la MF. La cantidad total de agua transpirada se calculó, al sumar las pérdidas de agua estimadas en cada tubo durante el experimento. Los datos experimentales se analizaron con SAS para Windows Versión 9.0 (SAS, 2002) en forma individual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad en el suelo. En S₁ la humedad (H) aprovechable disminuyó 75 % sin alcanzar el PMP (Figura 1a); en S₂ la H aprovechable descendió por debajo de PMP entre los 60 y 70 dds (Figura 1b), y en S₃ la H del suelo disminuyó por debajo del PMP entre los 88 y 100 dds (Figura 1c). En S₂ las plantas mostraron síntomas severos de marchitamiento, pero fueron más acentuados en S₃, donde la sequía coincidió con la FM, FF y el inicio del llenado del grano. Otros estudios en maíz demostraron que el contenido de humedad en el suelo es vital para el crecimiento de la planta en condiciones de secano; al observar que los valores obtenidos de los tensiómetros en diferentes niveles de profundidad de suelo (20, 40, 55, 60 y 70 cm) y corroborado mediante el método gravimétrico; el contenido de agua disminuía a partir de los 18 y 39 días después de la siembra a una profundidad de 60 cm; que limitó el crecimiento de la planta en etapa vegetativa (Soler et al., 2007).

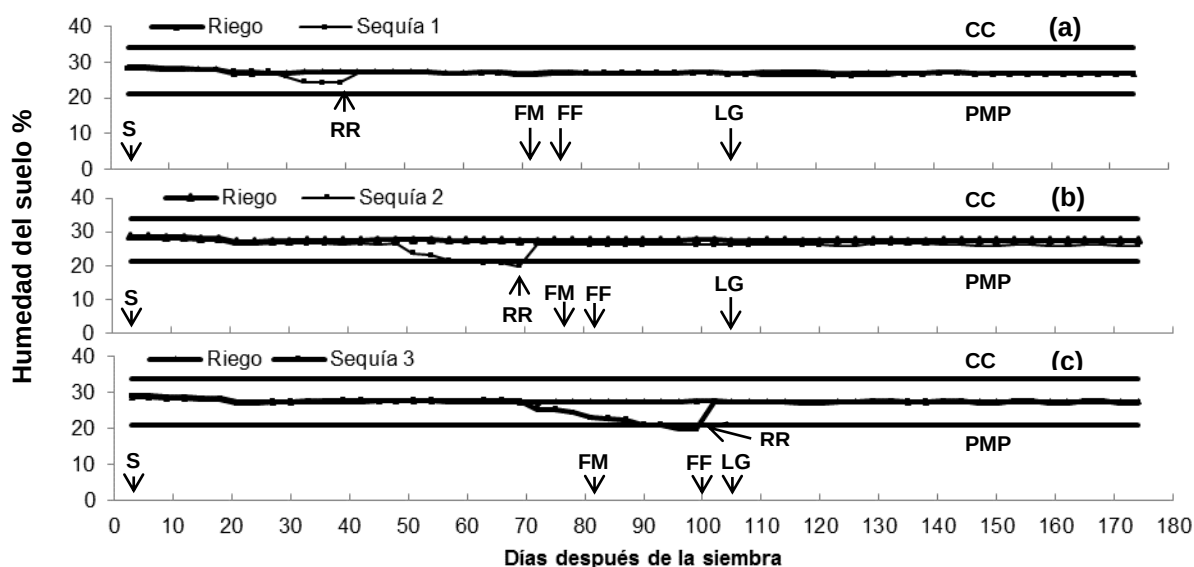


Figura 1. Contenido hídrico del suelo en riego y sequía 1 (a), riego y sequía 2 (b) y riego y sequía 3 (c) en invernadero, ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Estado de México. CC= capacidad de campo; PMP= porcentaje de marchitamiento permanente; S= siembra; FM= floración masculina; FF= floración femenina; LG= llenado de grano; RR= riego de recuperación.

Días a floración masculina y femenina. El comportamiento fenológico de los maíces criollos e híbridos fue afectado ($p \leq 0.05$) por el estrés hídrico; la floración masculina (FM) y la femenina (FF) se retrasaron por el efecto de la sequía en promedio 1, 6 y 9.5 días, y 1.5, 7.5 y 20.5 días con respecto a riego en S₁, S₂ y S₃, respectivamente (Cuadro 1). La deficiencia de nitrógeno no tuvo efectos en la FM en S₁ y S₂; en S₃ la deficiencia de nitrógeno retrasaron la FM un día, no hubo cambios en riego. Mientras que la FF se retrasó 1 día en S₁, S₂ y S₃, y en riego no tuvo cambios. El contenido hídrico del

suelo también afectó el intervalo antesis-floración femenina (IA-FF); el IA-FF se alargó 0.5, 1.5 y 17 días en S₁, S₂ y S₃ con respecto a riego; éste alargamiento en el IA-FF evitó la formación de grano en todas las plantas de los materiales en S₃. Las deficiencias de nitrógeno tuvieron efecto en las plantas de S₂ y S₃, donde el IA-FF fue de 1 y 11 días más largo que en riego con AN, y 1, 2 y 11 días más largo que en riego con BN (Cuadro 1). Otros estudios invernadero, se determinó que la sequía retrasó 19 días la antesis y 18 días la floración femenina en promedio de cuatro variedades de maíz (Cafime original, Zacatecas 58 original, Cafime SM16 y Zacatecas 58 SM19), sin cambios significativos en el intervalo antesis-floración femenina (Avendaño et al., 2008).

Cuadro 1. Días a floración masculina (FM) y femenina (FF) en promedio de riego, sequía 1, sequía 2 y sequía 3 con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN), en condiciones de invernadero, ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Genotipos	Riego				Sequia 1				Sequia 2				Sequia 3			
	AN		BN		AN		BN		AN		BN		AN		BN	
	FM	FF	FM	FF	FM	FF	FM	FF	FM	FF	FM	FF	FM	FF	FM	FF
H-49	71cde	75bc	72c	75d	72cd	83a	72e	83b	74f	87c	75f	87d	77ef	89c	77de	90c
H-44	76a	80a	75b	80bc	76b	81b	77b	82c	78e	83d	78e	84e	81d	-	82c	-
H-40	71cde	75bc	72c	75d	72cd	76c	72e	76d	74f	82d	74g	83f	78e	101b	78d	-
H-34	79a	82ab	79a	82ab	80a	83a	80a	84a	83b	88c	83b	89c	85b	-	87b	-
H-33	69ed	72ed	69d	72e	70ef	73d	70g	73e	73g	76f	73h	77h	76fg	-	77de	-
H-32	68e	71e	68d	71e	69f	71e	68h	72f	72h	79e	73h	80g	75g	90c	76e	95b
Criollo Rojo	75abc	80bc	75b	82ab	76b	83a	76c	84a	79d	88c	80d	89c	81d	117a	82c	119a
Criollo Blanco	73bcd	82cd	72c	83a	73c	83a	74d	83b	85a	90b	86a	94a	93a	-	92a	-
Criollo Azul	70de	81de	70cd	79c	71de	82ab	71f	83b	81c	92a	82c	91b	83c	93c	83c	92bc
Promedio	72	78	72	78	73	79	73	80	78	85	78	86	81	98	82	99
DMS ($p \leq 0.05$)	2.9	4	2	2.5	1.9	1.9	0	0.9	0	1.9	0	0.9	1.9	4	1.9	4.1

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

El material H-34 presentó mayor ($p \leq 0.05$) número de días a FM con AN y BN que el resto de los genotipos en riego. El H-34 con AN y criollo blanco y H-34 con BN presentaron mayor número de días a FF en riego que el resto de los materiales. En S₁ el H-34 con AN y BN obtuvo el mayor número de días a FM, y el H-34, H-49, criollo rojo y criollo blanco obtuvieron mayor ($p \leq 0.05$) número de días FF con AN que los demás cultivares, y el criollo azul, criollo blanco, criollo rojo y H-34 con BN presentaron el mayor ($p \leq 0.05$) número de días a FF que el resto de los materiales. En S₂ el H-34 con AN y BN presentó el mayor número de días a FM que los demás genotipos. El criollo rojo, criollo azul, criollo blanco y H-34 con AN y BN obtuvieron el mayor número de días a FF. En S₃ el criollo blanco con AN y BN presentó el mayor ($p \leq 0.05$) número de días a FM, y el criollo rojo con AN y BN obtuvo el mayor número de días FF que el resto de los materiales. En riego, S₁, S₂ y S₃ el H-32 con AN y BN tuvieron menor número de días a antesis y floración femenina que los demás genotipos; diferencias similares entre híbridos y criollos fueron observadas en condiciones de campo con riego, sequía y alto y bajo nitrógeno, donde los criollos bajo sequía tuvieron menor número de días antesis que los híbridos, sin diferencias entre criollos e híbridos para el número de días a floración femenina y el intervalo antesis-floración femenina (Serrem et al., 2009).

Rendimiento de grano (RG) y sus componentes. El estrés hídrico redujo ($p \leq 0.05$) el RG en 17 y 36 % en S₁ y S₂. En S₃ no se produjo grano en ninguno de los cultivares. Las deficiencias de nitrógeno redujeron el RG 17, 15 y 16 % en R, S₁ y S₂. El H-49 y H-34 con AN, y H-33 y H-49 con BN presentaron mayor RG que los demás genotipos en riego. El H-49 con AN, y H-33 y H-49 con BN en S₁ obtuvieron el mayor RG ($p \leq 0.05$) que el resto de los genotipos. El H-32 y H-49 con AN, y H-49 con BN presentaron el mayor RG que el resto de los cultivares en S₃. La reducción del RG en todos los materiales fue en mayor grado por el efecto del EH, que las deficiencias de nitrógeno (Cuadro 2); el

RG se reduce cuando las plantas sufren EH severo durante el periodo de floración (Cakir, 2004); el aborto de granos y mazorcas al inicio del llenado de grano y la reducción de la fotosíntesis.

Cuadro 2. Rendimiento de grano por planta (RGPP) en promedio de riego, sequía 1 y sequía 2 con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN), en condiciones de invernadero, ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Genotipos	Riego (g /planta)		Sequia 1 (g /planta)		Sequia 2 (g /planta)	
	AN	BN	AN	BN	AN	BN
H-49	60.3a	51.8a	57.1a	48.7ab	41.4a	40.6a
H-44	54.6b	48.1ab	49.2ab	46.7ab	40.9a	37.3a
H-40	57.2ab	46.9abc	53.1ab	44.8ab	37.4ab	36.5a
H-34	60.3a	45.3abc	55.3ab	40.3abc	35.9ab	32.1abc
H-33	53.3b	50.7ab	50.1ab	48.7a	39.9ab	36.1ab
H-32	53.8b	43.6bc	44.2ab	41.2abc	42.8a	31.0abc
Criollo Rojo	41.2c	40.2cd	37ab	32.9bc	33.1ab	25.5bcd
Criollo Blanco	36.8c	29.5e	34.4b	28.3c	23.1b	17.4d
Criollo Azul	55.1b	35.4de	50.6ab	34.1abc	40.4a	25.3cd
Promedio	53	44	48	41	37	31
DMS ($p \leq 0.05$)	4.6	7.8	20.9	15.4	16.8	10.8

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

El número de granos normales por mazorca (NGNM) se redujo ($p \leq 0.05$) por efecto de la sequía en 6 y 16 % en S_1 y S_2 , y 3, 3 y 7 % por efecto del BN en R, S_1 y S_2 , respectivamente; en S_3 no se obtuvo grano en ninguna de los genotipos. El BN también afectó significativamente la formación de granos abortados por mazorca (NGAM); el BN aumentó el NGAM en 33 % en S_1 y 20 % en S_2 (Cuadro 3). El H-49 y H-40 produjeron mayor número ($p \leq 0.05$) de granos normales por planta en R, S_1 y S_2 con AN y BN que el resto de los genotipos. Nielsen (2013) indica que la disminución en rendimiento se debe en gran medida a una reducción en el número de granos en la mazorca; el aborto de granos y mazorcas al inicio del llenado de grano y la reducción de la fotosíntesis y aceleración de la senescencia durante el llenado de grano (Bänzinger et al., 2012); resultado de una disminución en el contenido de agua en el ovario que reduce la viabilidad del grano en desarrollo (Otegui et al., 1995).

Cuadro 3. Número de granos normales (GN) y abortados (GA) en promedio de riego, sequía 1 y sequía 2 con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN), en condiciones de invernadero, ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Genotipos	Riego				Sequia 1				Sequia 2			
	AN		BN		AN		BN		AN		BN	
	GN	GA	GN	GA	GN	GA	GN	GA	GN	GA	GN	GA
H-49	174a	0ns	170a	0ns	166a	4ns	162a	5ns	154a	12d	138a	16d
H-44	134de	0ns	131d	0ns	128d	3ns	122d	4ns	113de	17ab	105de	21ab
H-40	162b	0ns	158b	0ns	155b	5ns	148b	6ns	136b	18a	118bc	23a
H-34	144c	0ns	140c	0ns	137c	2ns	133c	2ns	122cd	16ab	113cd	18bcd
H-33	132e	0ns	127e	0ns	124d	3ns	117de	4ns	111de	11d	103e	16d
H-32	122f	0ns	117f	0ns	114e	5ns	110e	6ns	106e	17ab	102e	20abc
Criollo Rojo	120f	0ns	116f	0ns	112e	2ns	108e	3ns	105e	15bc	101e	18bcd
Criollo Blanco	142cd	0ns	140c	0ns	139c	3ns	137c	3ns	128bc	13cd	125b	17cd
Criollo Azul	128ef	0ns	125e	0ns	113e	2ns	112e	4ns	106e	12d	104e	16d
Promedio	140	0	136	0	132	3	128	4	120	15	112	18
DMS ($p \leq 0.05$)	8.7	0	4.1	0	5.7	4.0	9.5	5.3	11.8	2.4	9.4	3.4

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); ns = No significativo.

El tamaño del grano (P100G) se redujo ($p \leq 0.05$) por efecto de la sequía en 17 y 40 % en S_1 y S_2 , y 17, 14 y 24 % por efecto del bajo nitrógeno en R, S_1 y S_2 , respectivamente (Cuadro 4). En R el criollo azul tuvo mayor ($p \leq 0.05$) tamaño de grano que los demás cultivares con AN, y el criollo rojo, H-34 y H-33 tuvieron mayor tamaño del grano que los demás genotipos con BN; en S_1 el criollo azul y criollo rojo con AN, y solo el criollo rojo con BN tuvieron mayor ($p \leq 0.05$) tamaño del grano que los demás

materiales genéticos; en S₂ el criollo rojo presento el mayor tamaño de grano con AN y BN que el resto de los genotipos (Cuadro 4). Estudios realizados en maíz revelaron que el híbrido “Indaco” presento menor efecto del estrés hídrico, al presentar un mayor número de granos y peso, qué los demás materiales genéticos sometidos a estrés hídrico (El Sabagh, et al., 2015).

CONCLUSIONES

La disminución del contenido hídrico edáfico se reflejó en una reducción de la floración masculina y femenina, antesis-floración femenina, rendimiento de grano y sus componentes, en todos los materiales. El estrés hídrico tuvo mayor efecto que las deficiencias de nitrógeno, en el incremento en el número de días a antesis y floración femenina e intervalo antesis-floración femenina de los criollos, qué en los híbridos. El estrés hídrico tuvo mayor efecto que las deficiencias de nitrógeno en la reducción de la formación de granos y peso de grano en los híbridos, qué en los criollos.

Cuadro 4. Peso de 100 granos en promedio de riego, sequía 1 y sequía 2 con alto (AN) y bajo nitrógeno (BN), en condiciones de invernadero. Ciclo verano-otoño 2013. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Genotipos	Riego (g)		Sequia 1 (g)		Sequia 2 (g)	
	AN	BN	AN	BN	AN	BN
H-49	29.4cd	27.5ab	24.4c	24.3bc	23.9b	18.6ab
H-44	31.6bcd	22.8bc	14.6d	14.5e	12.1d	11.5cd
H-40	29.9cd	29.0ab	28.6bc	23.3bc	13.6cd	12.9bcd
H-34	39.1b	33.8a	28.4bc	26.9b	23.9b	21.1a
H-33	34.3bc	33.2a	29.2bc	25.4bc	25.2b	18.1ab
H-32	29.6cd	28.2ab	20.7cd	20.4cd	19.9bc	16.7abc
Criollo Rojo	38.0b	35.7a	34.9ab	34.9a	34.9a	22.6a
Criollo Blanco	25.8d	16.2c	22.6cd	15.3de	12.1d	9.0d
Criollo Azul	48.5a	28.2ab	41.4a	26.2b	25.1b	15.1bc
Promedio	34.0	28.3	27.2	23.5	21.2	16.2
DMS ($p \leq 0.05$)	7.9	8.2	9.2	5.4	7.0	5.9

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

LITERATURA CITADA

- Avendaño, A.C.H., Molina, G.J.L., Trejo, L.C., López, C.C., y Cadena I.I. 2008. Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agronomía Mesoamericana* 19: 27-37.
- Bänziger, M., Edmeades, G.O., Beck, D., y Bellon, M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: In: CIMMYT (ed). De la teoría a la práctica. México, D.F.: CIMMYT. 61 p.
- Bolaños, J. and G.O. Edmeades. 1996. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Research* 48: 65-80.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89(1), 1-16.
- El Sabagh, A., Barutçular, C., and Saneoka, H. 2015. Assessment of Drought Tolerance Maize Hybrids at Grain Growth Stage in Mediterranean Area. *International Scholarly and Scientific Research and Innovation*, 9(9), 917-920.
- Giménez, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia Uruguay*, 16(2), 92-102.
- Otegui, M.E., Andrade, F.H., and Suero, E.E. 1995. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. *Field Crops Research* 40: 87-94.
- Statistical Analysis System, Versión 9.0 para Windows (2002). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Serren, K.C., López, C.C., y Shibata, K.J. 2009. Efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los valles altos de México. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 103-120.
- Soler, C.M.T., Hoogenboom, G., Sentelgas, P.C., and Duarte, A.P. 2007. Impact of Water Stress on Maize Grown Off-Season in a Subtropical Environment. *Agronomy Journal* 193: 247-261.
- Villalobos, G.A., López, C.C., Miranda, C.S., Aguilar, R.V.H., y López, H.M.B. 2014. Relaciones hídricas en condiciones de sequía y bajo nitrógeno en maíz. III Congreso Nacional y II Internacional en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Pág. 97.

Villalobos, G.A., López, C.C., López, H.M.B., y Medina, M.J. 2016. Efecto del estrés hídrico y nitrógeno en variedades híbridas y criollas de maíz. Primer Foro Internacional de Talento Mexicano Innovation Match MX. Articulando conocimiento global. 1-23.

Referencias informáticas

Nielsen, R.L. 2013. Effects of stress during grain filling in corn. Department of agronomy, Purdue University. <https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/GrainFillStress.html>.

SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 26 de mayo de 2016.

VARIEDADES DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. (MOENCH)) DULCE PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL CULTIVADAS EN CHIAPAS.

SWEET SORGHUM VARIETIES (*Sorghum bicolor* L. (MOENCH)) FOR ETHANOL PRODUCTION GROWN IN TOWN OF CHIAPAS.

¹Néstor Espinosa Paz, ²Noé Montes García, ³Rafael Ariza Flores, ¹Jesús Martínez Sánchez.

¹Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Km 3 Carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas, Méx., ²Campo Experimental Río Bravo. INIFAP, Tamaulipas, Méx., ³Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx. Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

Ante el posible déficit de los combustibles fósiles que se viene y las adversidades del cambio climático, es importante buscar alternativas de solución. Una de ellas es la producción de biocombustibles a partir de sorgo dulce debido a que este cultivo no es destinado para la dieta humana. El objetivo de la presente investigación fue validar variedades de sorgo dulce por su contenido de azúcares en el tallo. Durante el mes de agosto de 2015 se sembraron en los municipios de Ocozocoautla y Suchiapa del estado de Chiapas, siete variedades de sorgo procedentes del Campo Experimental Río Bravo del INIFAP ubicado en Tamaulipas, México. El manejo agronómico fue el recomendado por el INIFAP para el cultivo de sorgo en la depresión central de Chiapas. Las variedades RB-Candy #1, Fortuna, RB-Huasteco y RB-Norteño mostraron menor contenido de azúcares en el municipio de Ocozocoautla que en Suchiapa, mientras que la variedad RB-Paloma mostró mayor contenido de azúcares en la localidad de Ocozocoautla. En ambas localidades se observaron diferencias estadísticas significativas entre las variedades en estudio por su contenido de azúcares (°Brix). El promedio del contenido de azúcares de ambas localidades indica que las variedades RB-Candy #1, Fortuna y RB-Paloma fueron las sobresalientes con valores de 12, 10 y 8 °Brix, respectivamente. Se concluye que las variedades mostraron variabilidad genética para el contenido de azúcares en el tallo, siendo las variedades RB-Candy #1, Fortuna y RB-Paloma las más sobresalientes,

Palabras claves: *variedades, Sorghum bicolor, Bioetanol, Chiapas*

INTRODUCCIÓN

Ante los efectos del cambio climático ocasionado por la contaminación y el calentamiento del globo terrestre y, la reducción de la cantidad de recursos energéticos no renovables que en los últimos años ha elevado el precio de los combustibles (Montes *et al.*, 2010), resulta importante iniciar programas de producción de biocombustibles que no causen tanta contaminación y que reduzcan los gases con efecto invernadero que desestabilizan el clima. Ante esta situación, el Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) conjuntamente con la SAGARPA y el CONACYT, iniciaron la generación de variedades de sorgo dulce para la producción de etanol. Debido a su rápido crecimiento, alto valor de producción de energía y a su amplia adaptabilidad, el sorgo dulce resulta una excelente fuente de biomasa para producir etanol a partir del jugo del tallo (Smith *et al.*, 1987; Smith y Buxton, 1993) o del bagazo o residuo post extracción de los azúcares, ya que éste puede también ser utilizado como energía para el proceso de fabricación de etanol (Woods, 2000). Por lo anterior, Durante el PV-2015, se validaron siete variedades de sorgo dulce formadas en el programa de sorgo del Campo Experimental Río Bravo del INIFAP en el estado de Tamaulipas, México, en dos localidades del estado de Chiapas, México con el objetivo de cuantificar el contenido de azúcares (°Brix) en el tallo.

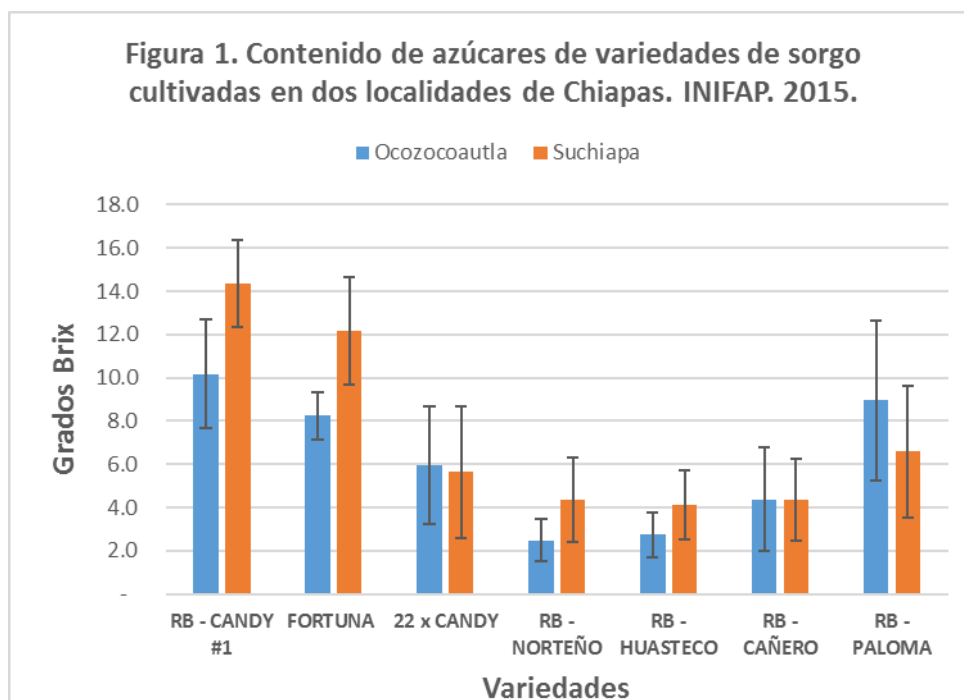
MATERIALES Y MÉTODOS

En los municipios de Ocozocoautla (800 m.s.n.m) y Suchiapa (600 m.s.n.m.), ambos de clima cálido subhúmedo, se sembraron en el ciclo PV-2015 las variedades RB-Candy #1, Fortuna, 22 x Candy, RB-Norteño, RB-Huasteco, RB-Cañero y RB-Paloma. El manejo agronómico consistió en lo siguiente: la preparación del terreno fue mediante un barbecho y un paso de rastra, la siembra se hizo con

maquinaria el 14 y el 16 de agosto respectivamente, la densidad de siembra fue de 7 a 8 kilogramos de semilla por hectárea (Montes *et al.*, 2010), el control de maleza se hizo con 2-4D Amina para malezas de hoja ancha en dosis de 2 l/ha y paraquat para el control de zacates en dosis de 2 l/ha, la fertilización se realizó mediante la aplicación de 80 kilogramos de nitrógeno y 40 de fósforo por hectárea, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto a los 40 días después de ésta, para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)) y *Diabrotica sp* se aplicó Clorpirifos en dosis de 2 l/ha y para el control del pulgón (*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)) se usó Dimetoato Diazinón en dosis de 2 l/ha (Montes *et al.*, 2010). El diseño de siembra fue en franjas, correspondiendo a cada variedad una franja de 20 metros de ancho y 50 de longitud. Se midió la cantidad de azúcares (°Brix) en las etapas fenológicas de floración y grano masoso en 25 plantas por variedad y en tres entrenudos del tallo con un refractómetro digital DR-103L. Se estimaron los estadísticos media general y desviación estándar. Cabe aclarar que en este ciclo hubo presencia de una sequía intraestival o “canícula” severa en ambas localidades presentándose solo 350 y 200 mm de precipitación durante el ciclo del cultivo en la localidad de Ocozocoautla y Suchiapa, respectivamente.

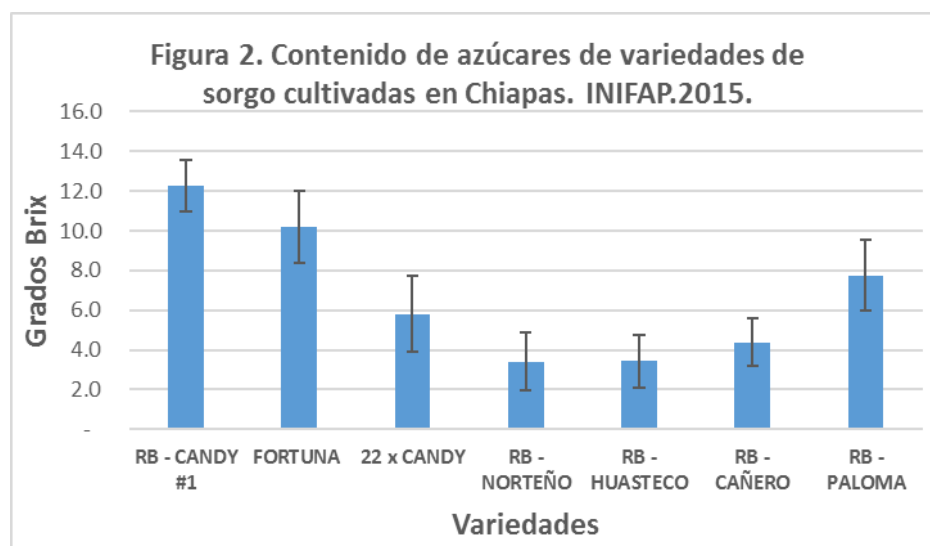
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En ambas localidades se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre las variedades por su contenido de azúcares (Figuras 1 y 2). En la localidad de Ocozocoautla las variedades RB-Candy #1, Fortuna RB- Norteño y RB-Huasteco presentaron menor contenido de azúcares en el tallo que en la localidad de Suchiapa (Figura 1), mientras que la variedad RB-Paloma su contenido de azúcares fue mayor en Ocozocoautla que en Suchiapa (Figura 1). El contenido de azúcares de las variedades 22 x Candy y RB-Cañero fue similar en ambas localidades. Considerando los valores promedio de las dos localidades (Figura 2) observamos que las variedades con mayor contenido de azúcares fueron las variedades RB-Candy, Fortuna y RB-Paloma con valores de 12, 10 y 8 °Brix, respectivamente. La variedad RB-Candy es de planta alta (2.50 m), fortuna de altura intermedia (1.60 m) y la variedad RB-Paloma de altura baja (1.35 m) (datos no presentados).



El tallo de la planta de sorgo dulce es jugoso y rico en azúcares fermentables con valores de hasta 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).



En la Depresión Central de Chiapas, la fecha óptima de siembra del cultivo del sorgo es durante la primera quincena del mes de julio (Sandoval y López, 2011), sin embargo, por la sequía severa que se presentó en 2015 la siembras de estas variedades se hizo un mes después, ésta pudo ser una de las razones del porqué las siete variedades de sorgo presentaron contenidos de azúcares menores a los reportados por Montes *et al.*, (2010) para el estado de Tamaulipas donde las siembras se realizan a principios del mes de julio, ya que siembras tardías reducen el contenido de azúcares (Almodares *et al.*, 1994) y esto también puede deberse a la reducción paulatina en el área foliar y en la altura de la planta como consecuencia de la sensibilidad al fotoperiodo o días más cortos (Montes *et al.*, 2010) y a la presencia de la sequía o “canícula”, ya que el primer proceso que se afecta por el déficit hídrico en la planta es el crecimiento (Espinosa-Paz, 1995).

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). Estos mismos autores señalan que el contenido de azúcares en el tallo de las variedades de sorgo dulce varía de 14 a 22 °Brix, mientras que los valores encontrados en el presente estudio variaron de 8 a 12 °Brix, lo que es probable se debió a las condiciones limitadas de humedad en el suelo que limitó la producción óptima del área foliar y a la fecha de siembra tardía. Sin embargo, las variedades de sorgo dulce validadas, mostraron un rápido crecimiento, diferente altura de la planta y buena adaptación (datos no mostrados), por lo que pueden considerarse como de triple propósito (forraje, grano y producción de etanol). El cultivo del sorgo presenta ventajas por su menor requerimiento de agua en relación con otros cultivos (caña de azúcar) que son usados comúnmente para la obtención de bioetanol (Prasad *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

1. Las variedades de sorgo dulce mostraron buena adaptación y variabilidad genética en la producción de azúcares en el tallo en ambas localidades de siembra
2. Las variedades con mayor contenido de azúcares en promedio de las dos localidades fueron RB-Candy #1, Fortuna y RB-Paloma con 12, 10 y 8 °Brix, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Almodares**, A., Sepahi, A., Dalilitajary, H., and Gavami, R. 1994. Effect of phenological stages on biomass and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. *Ann. Plant Physiol.* 8: 42-48.
- Almodares**, A., and Sepahi, A. 1996. Comparison among sweet sorghum cultivars, lines and hybrids for sugar production. *Ann. Plant Physiol.* 0: 50-55.

- Espinosa**, P.N. 1995. Comportamiento morfológico, anatómico y fisiológico de variedades de maíz cultivadas en tres agrosistemas bajo deficiencia hídrica en la Mixteca Alta de Oaxaca. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- 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.
- Prasad**, S., Singh, A., Jain, N., and Joshi, H.C. 2007. Ethanol Production from Sweet Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. *Energy Fuels* 21 (4): 2415-2420.
- Sandoval** M., C. y J. López M. 2011. Producción sustentable de sorgo de temporal con el uso de prácticas conservacionistas. Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP.. Folleto técnico No.12. Ocozacoautla, Chiapas. México.
- Smith**, G.A., Bagby, B.O., Lewellen, R.T., Doney, D.L., Moore, P.H., Hills, F.J., Campbell, L.G., Hogaboam, G.J., Coe, G.E. and Freeman, K. 1987. Evaluation of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Sci.* 27:788-793.
- Smith**, G.A. and Buxton, D.R. 1993. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. *Bioresource Technology*, Volume 43 (1): 71-75.
- Woods**, J. 2000. Integrating Sweet Sorghum and Sugarcane for Bioenergy: Modelling the Potential for Electricity and Ethanol Production in: SE Zimbabwe. PhD Thesis, King's College London.

CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE VARIEDADES DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. (MOENCH)) DULCE CULTIVADAS EN CHIAPAS.

PHENOTIPIC CHARACTERISTICS OF SWEET SORGHUM VARIETIES (*Sorghum Bicolor* L. (MOENCH)) PRODUCTION IN CHIAPAS.

¹Néstor Espinosa Paz, ²Noé Montes García, ³Rafael Ariza Flores, ¹Jesús Martínez Sánchez,

¹Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Km 3 Carretera internacional Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas, Méx., ²Campo Experimental Río Bravo. INIFAP, Tamaulipas, Méx.,

³Campo Experimental Iguala. INIFAP. Iguala, Gro. Méx. Autor para correspondencia: espinosa.nestor@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la depresión central de Chiapas se siembran anualmente 12 mil hectáreas de sorgo de grano principalmente en áreas con problemas de sequía intraestival o “canícula”. El objetivo de la presente validación fue caracterizar fenotípicamente siete variedades de sorgo dulce. Durante el mes de agosto de 2015 se sembraron en los municipios de Ocozocoautla y Suchiapa del estado de Chiapas, siete variedades de sorgo procedentes del Campo Experimental Río Bravo del INIFAP ubicado en Tamaulipas, México. El manejo agronómico fue el recomendado por el INIFAP para el cultivo de sorgo en la depresión central de Chiapas. Las variedades mostraron variabilidad genética para rendimiento de grano, días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, longitud de panoja, inserción y color de grano. Las variedades de mayor rendimiento de grano fueron RB-Paloma y Fortuna. Por su mayor altura de planta sobresalieron las variedades 22 x Candy, RB-Candy y RB-Cañero. Las variedades RB-Paloma y RB-Candy mostraron mayor número de días para la madurez fisiológica del grano. Las variedades RB-Paloma y RB-Huasteco mostraron mayor longitud de panoja. En General, las variedades Fortuna y RB-Paloma pueden considerarse para grano, forraje y producción de etanol, mientras que, las variedades RB-Candy, RB-Cañero y 22 x Candy pueden considerarse aptas únicamente para forraje y producción de etanol.

Palabras claves: *Fenotipo, sorgo dulce, Bioetanol, Chiapas*

INTRODUCCIÓN

En la depresión central de Chiapas se siembran anualmente 12 mil hectáreas para sorgo de grano principalmente en áreas con problemas de sequía intraestival o “canícula” (Sandoval y López, 2011). Ante las adversidades del cambio climático y la falta en un futuro cercano de los combustibles no renovables, es importante proponer alternativas viables para el campo y la industria. Una de ellas es la siembra de variedades de sorgo dulce de triple propósito (grano, forraje y etanol) debido a que éste es un cultivo que no compite con los granos básicos y es materia prima ideal para la producción de etanol (Almodares y Hadi, 2009; Montes et al., 2010). Por lo tanto, el objetivo de la presente validación fue caracterizar fenotípicamente siete variedades de sorgo dulce en la depresión central del estado de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los municipios de Ocozocoautla (800 m.s.n.m) y Suchiapa (600 m.s.n.m.), ambos de clima cálido subhúmedo, se sembraron en el ciclo PV-2015 las variedades RB-Candy #1, Fortuna, 22 x Candy, RB-Norteño, RB-Huasteco, RB-Cañero y RB-Paloma. El manejo agronómico consistió en lo siguiente: la preparación del terreno fue mediante un barbecho y un paso de rastra, la siembra se hizo con maquinaria el 14 y el 16 de agosto respectivamente, la densidad de siembra fue de 7 a 8 kilogramos de semilla por hectárea (Montes et al., 2010), el control de maleza se hizo con 2-4D Amina para malezas de hoja ancha en dosis de 2 l/ha y paraquat para el control de zacates en dosis de 2 l/ha, la fertilización se realizó mediante la aplicación de 80 kilogramos de nitrógeno y 40 de fósforo por hectárea, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto a los 40 días después de ésta, para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)) y *Diabrotica* sp se aplicó Clorpirifos en dosis de 2 l/ha y para el control del pulgón (*Rhopalosiphum maidis* (Fitch)) se usó Dimetoato Diazinón en dosis de 2 l/ha (Montes et al., 2010). El diseño de

siembra fue en franjas, correspondiendo a cada variedad una franja de 20 metros de ancho y 50 de longitud. Se midió el rendimiento de grano al 12 % de humedad, altura de la planta, longitud de la panoja, inserción, días a floración y días a madurez fisiológica del grano. Se estimaron los estadísticos media general y desviación estándar. Cabe aclarar que en este ciclo hubo presencia de una sequía intraestival o “canícula” severa en ambas localidades presentándose solo 350 y 200 mm de precipitación durante el ciclo del cultivo en la localidad de Ocozocoautla y Suchiapa, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las variedades estudiadas mostraron diferencias estadísticas significativas por su rendimiento de grano, altura de planta, longitud de la panoja, inserción, días a floración y días a madurez fisiológica (Figuras 1 y 2 y cuadro 1). En la figura 1, se presenta el rendimiento de grano observándose que las variedades RB-Paloma, Fortuna, RB-Huasteco y RB-Norteño su rendimiento fue mayor a tres toneladas por hectárea. De éstas RB-Paloma rindió 3.8 toneladas. En cuanto a la altura de la planta (Figura 2) las variedades más altas fueron 22 x Candy, RB-Candy y RB-Cañero cuyos valores variaron de 2.20 hasta 2.55 m. Las variedades RB-Paloma y Fortuna mostraron altura intermedia (1.75 m) y las variedades RB-Norteño y RB-Huasteco son de altura baja (1.30 - 1.35 m). La floración ocurrió de los 65 a los 77 días después de la siembra (dds) (cuadro 1), siendo las variedades 22 x Candy y RB-Candy las más precoces, mientras que las variedades Fortuna y RB-Paloma resultaron ser más tardías. La madurez fisiológica del grano ocurrió desde los 100 hasta los 111 dds (cuadro 1), siendo las variedades Fortuna, 22 x RB-Candy y RB-Cañero las más precoces (100 dds) y la variedad RB-Paloma la más tardía (111 dds). La longitud de la panoja varió de 17 a 30 cm (cuadro 1), siendo la variedad RB-Paloma la de menor longitud y las variedades RB-Huasteco y RB-Paloma de mayor longitud. La inserción varió de 11 hasta 27 cm (cuadro 1) correspondiendo a la variedad RB-Candy el menor valor y a la variedad RB-Huasteco el mayor.

Cuadro 1. Características fenotípicas de variedades de sorgo dulce cultivadas en Chiapas, México. INIFAP. 2015.

VARIEDAD	Días Floración (dds)		Días a MFG (dds)		Longitud de panoja (cm)		Inserción (cm)	
	Prom	Desvest	Prom	Desvest	Prom	Desvest	Prom	Desvest
RB-CANDY	65	±5	109	±5	17	±4	27	±4
FORTUNA	77	±4	101	±4	23	±5	13	±5
22 X CANDY	65	±6	100	±5	22	±6	23	±3
RB - NORTEÑO	69	±8	103	±3	25	±2	16	±2
RB - HUASTECO	71	±6	105	±5	30	±4	11	±4
RB - CAÑERO	67	±6	101	±6	26	±2	16	±3
RB - PALOMA	77	±4	111	±5	30	±2	14	±3

MFG= Madurez fisiológica del grano; dds= días después de la siembra

El principal uso del cultivo de sorgo en Chiapas es para la producción de grano para la elaboración de alimentos para aves y puercos y en segundo, para forraje. Por lo que, en la introducción de nuevas variedades debe de evaluarse el rendimiento de grano. Las variedades RB-Paloma y Fortuna son de grano color blanco, mientras que el resto de las variedades son de color rojo. El grano blanco sirve para la elaboración de tortillas y otros productos que forman parte de la dieta humana, mientras que el grano rojo es usado para la elaboración de alimentos para aves y puercos (Sandoval y López, 2011). La variedad Fortuna se siembra comercialmente en la Depresión Central logrando rendimientos hasta de cinco toneladas por hectárea, sin embargo, en este estudio su rendimiento fue menor debido a la sequía severa que se presentó provocando un déficit hídrico en la planta, mientras que, bajo estas condiciones ambientales la variedad RB;Paloma mostró un rendimiento de 3.8 toneladas por hectárea. El rendimiento de las variedades Huasteco, RB;Norteño y RB-Cañero (Figura 1) se considera aceptable. El rendimiento de grano es un carácter cuantitativo que interactúa fuertemente con el ambiente (Martínez *et al.*, 2016), sin embargo el rendimiento de las variedades Fortuna y RB; Paloma, mostraron poca variación entre comunidades, mientras que el resto de variedades mostraron mucha variación (datos no mostrados). Respecto a la altura de la planta, las variedades muestran mucha variabilidad genética. Las variedades 22 x Candy y RB-Candy son de plantas altas debido a que se

prefieren para la producción de etanol (Montes *et al.*, 2010) y probablemente también para forraje, además son de tallo delgado (datos no mostrados) en comparación con las variedades RB;Norteño, RB-Huasteco, Fortuna y RB-Paloma cuyo tallo es de mayor diámetro, donde es posible acumular mayor cantidad de azúcares (Montes *et al.*, 2010). En las evaluaciones hechas en el estado de Tamaulipas, Montes *et al.*, (2010) reportan los siguientes valores de altura de planta: RB-Cañero, 2.58 m; Fortuna, 1.8 m y RB-Paloma, 1.63 m. La altura de la planta también es un carácter que interactúa fuertemente con el ambiente (Martínez *et al.*, 2016), además que el déficit hídrico provocado por la sequía o “canícula afecta el crecimiento de la planta medido en altura (Espinosa-Paz, 1995).

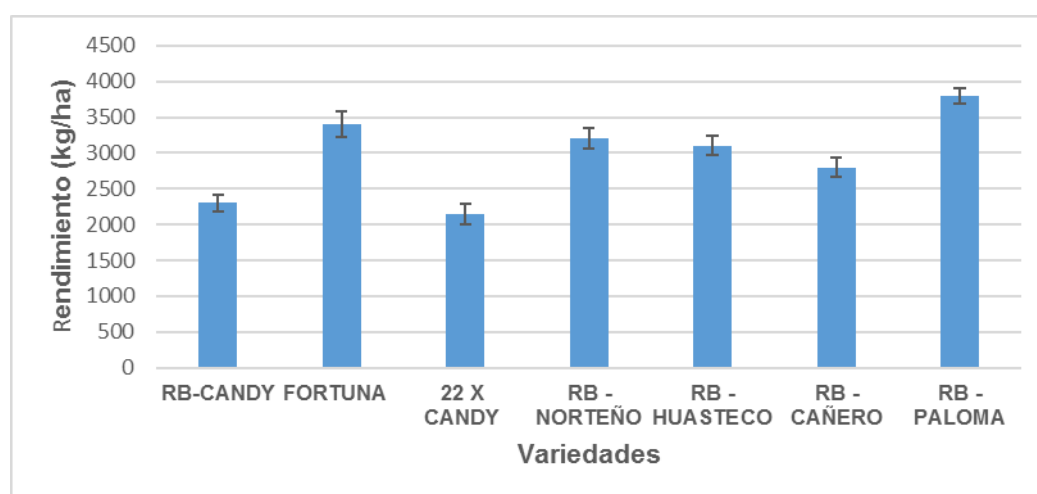


Figura 1. Rendimiento de grano al 12% de humedad de variedades de sorgo dulce cultivadas en Chiapas. INIFAP

Las variedades RB-Huasteco y RB-Cañero mostraron mayor longitud, mismos que concuerdan con los datos de peso de panoja (78 g) reportados por Montes *et al.*, (2010) en el estado de Tamaulipas para la variedad Fortuna, debido a que es una variedad formada para la producción de grano y en Chiapas también se prefiere por su producción de forraje. Siembras tardías retrasan el crecimiento y consecuentemente la altura de planta y longitud de panoja. (Almodares *et al.*, 1994). Respecto a los días a floración y madurez fisiológica del grano las variedades mostraron variabilidad genética pero no se observa una correlación positiva entre estas dos características, mismas que son importantes porque determinan la duración del periodo de llenado del grano y la acumulación de biomasa en el mismo, que finalmente se traduce en el rendimiento de grano, sin embargo este análisis no fue considerado. No se observó problemas en campo por la duración del ciclo de desarrollo en todas las variedades. La inserción es una característica importante en las variedades de sorgo para grano, porque en el momento de la cosecha las variedades con poca inserción, el grano puede mezclarse con materia verde disminuyendo su calidad comercial.

CONCLUSIONES

1. Las variedades validadas mostraron variabilidad genética en rendimiento de grano y características de planta.
2. Las variedades Fortuna, RB-Paloma pueden considerarse para la producción de grano, forraje y posiblemente producción de etanol.
3. Las variedades RB-Candy, RB-Cañero y 22 x Candy pueden considerarse aptas para forraje y quizás para producción de etanol.

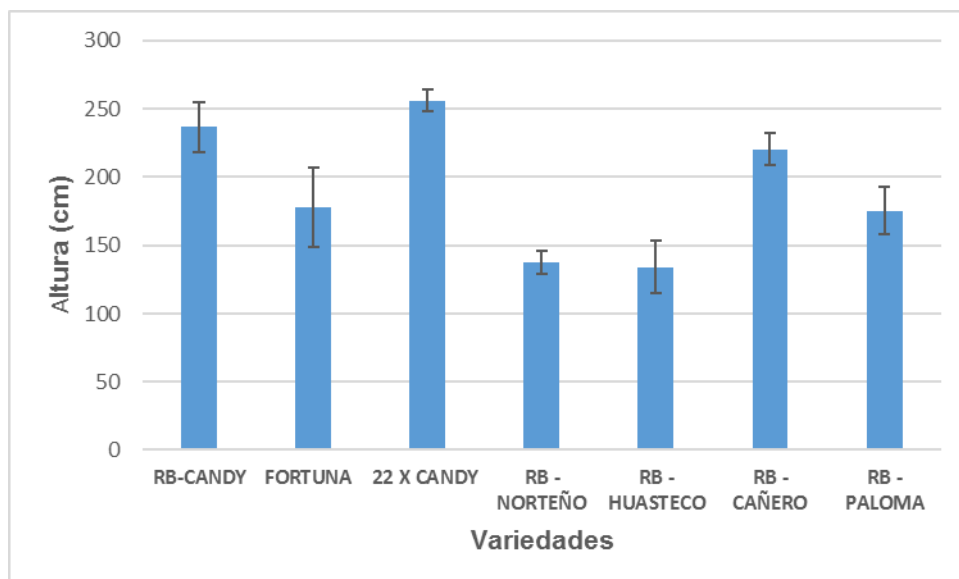


Figura 2. Altura de planta (cm) de variedades de sorgo dulce cultivadas en Chiapas. INIFAP 2015

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Almodares**, A., Sepahi, A., Dalilitajary, H., and Gavami, R. 1994. Effect of phenological stages on biomass and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars. *Ann. Plant Physiol.* 8: 42-48.
- Almodares**, A., and Sepahi, A. 1996. Comparison among sweet sorghum cultivars, lines and hybrids for sugar production. *Ann. Plant Physiol.* 0: 50-55.
- Espinosa**, P.N. 1995. Comportamiento morfológico, anatómico y fisiológico de variedades de maíz cultivadas en tres agrosistemas bajo deficiencia hídrica en la Mixteca Alta de Oaxaca. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Martínez** S., J., N. Espinosa P., Y. Villegas A. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agrosistemas* Vol 3(1):38-48.
- Montes** G., N., J.R. Salinas G., A. González, R. Loredo 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.
- Sandoval** M., C. y J. López M. 2011. Producción sustentable de sorgo de temporal con el uso de prácticas conservacionistas. Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Folleto técnico No.12. Ocozacoautla, Chiapas. México.

EVALUACION DE CINCO HÍBRIDOS DE SORGO EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO.

EVALUATION OF FIVE HYBRIDS OF SORGHUM IN THE CYCLE AUTUMN-WINTER CYCLE IN THE REGION OF THE CHONTALPA, TABASCO.

¹Barrón Freyre S.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México. Autor para correspondencia: barron.sabel@inifap.gob

RESUMEN

De los componentes tecnológicos el uso de semilla mejorada en sorgo es muy importante, sin embargo su utilización depende de una evaluación previa a la recomendación, ya que el hecho de que sea mejorado no implica un alto nivel productivo hasta en tanto no se tenga la seguridad que se adapta adecuadamente a las áreas de producción específica, pues las pruebas de comportamiento requieren hacerse en ambientes diferentes ya que reportes como los de Reyes, *et al.*, (2007) indican que los parámetros genéticos basados en uno o dos ambientes de evaluación son altamente sesgados, por lo que es necesario incrementar su número. Por ello en el otoño-invierno 2013/14 en el Campo Experimental Huimanguillo, del INIFAP se estableció un ensayo para evaluar las características agronómicas de los genotipos de sorgo RS-1000, 85P20, 83P17, 8282 y Ámbar. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de 4 surcos de 5 m de largo. La siembra se realizó el 10 de enero de 2014 a una densidad media de 250 mil plantas por hectárea. El sorgo se fertilizó con la fórmula 90-40-30, de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, además se controló malezas y plagas en su oportunidad. De los resultados se definió que el mejor comportamiento agronómico se observó en el híbrido 83P17, cuyo rendimiento medio fue de 7825.5 kg ha⁻¹; que el híbrido RS-1000 tuvo comportamiento de ciclo tardío, el 8282 como precoz y el 85P20, 83P17 y Ámbar como de ciclo intermedio, así también que por la altura de planta, el RS-1000 y el Ámbar pueden considerarse de porte intermedio y los híbridos 8282, 85P20 y 83P17 como de porte bajo.

Palabras clave: *sorgo, grano, comportamiento.*

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de sorgo creció entre 2013 y 2014, con un incremento de 33.1 %, con lo que se alcanzó un nivel máximo histórico superior a ocho millones de toneladas. Una parte de este incremento se atribuye al aumento de la superficie cosechada que creció 19.2 por ciento, alcanzando más de 2 millones de hectáreas cosechadas en el año agrícola 2014 (FIRA, 2015).

Los principales estados productores de sorgo son Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa y Michoacán. El mes de mayor producción del ciclo otoño-invierno, cuando Tamaulipas y Sinaloa cosechan la mayor parte de su producción, es junio y el mes de mayor producción del ciclo primavera-verano, cuando Guanajuato y Michoacán cosechan la mayor parte de su producción, es noviembre (FIRA, 2015).

En el ámbito estatal el cultivo de sorgo se produce en más del 90 % en la región de Los Ríos (Balancán y Emiliano Zapata); para el año agrícola 2014, se sembraron 7382 hectáreas y se cosecharon 4095 de ellas con una producción de 13,822 toneladas; su rendimiento medio es de 3.38 t ha⁻¹, lo que genera un volumen de 13,822 toneladas y un valor de la producción de \$38,433.00 (INEGI, 2015); Aceves *et al.*, (2008), señala que Tabasco cuenta con un área potencial de 40,876 ha en otoño invierno con un rendimiento medio de 5.25 t ha⁻¹ bajo condiciones de temporal.

Para incrementar la media de producción señalada es necesario utilizar los componentes tecnológicos ya recomendados como fecha de siembra, densidad de población, nutrición del cultivo, el control de plagas y enfermedades y el uso de genotipos adaptados a las condiciones agroclimáticas de Tabasco. De las componentes mencionadas, el uso de semilla mejorada es importante, sólo que para reducir el riesgo que implica se debe tener la seguridad que se adapta adecuadamente a las áreas de producción específica, para ello las pruebas de comportamiento requieren hacerse en ambientes diferentes ya que reportes como los de Reyes, *et al.*, (2007), indican que los parámetros genéticos

basados en uno o dos ambientes de evaluación son altamente sesgados, por lo que es necesario incrementar su número.

Por su parte Herrera *et al.*, (2002), mencionan la importancia de generar materiales que mantengan un alto nivel de rendimiento y contenido nutricional en una diversidad de ambientes, aunque se sabe que el sorgo tiene mayor capacidad morfológica, como fisiológica de adaptación, que otras especies.

En las áreas tropicales, el régimen pluviométrico y en consecuencia la humedad, a tanto edáfica como atmosférica, son los responsables de la variación de rendimiento, lo cual es posible dentro de una misma zona (Riccelli, 1973). Por ello Varvel y Peterson (1995), señalan que las diferentes respuestas de los cultivares de sorgo, se deben a las interacciones cultivar-medio ambiente, ya que la cantidad y distribución de la precipitación durante el ciclo influyen en los rendimientos de grano o biomasa del sorgo.

Lo anterior se corrobora al estudiar la producción de biomasa como respuesta al estrés hídrico (Castro *et al.*, 2000), pues mencionan que la biomasa total en sorgo se redujo en 17 % por efecto del estrés hídrico y que la mayor capacidad de los genotipos de acumular biomasa durante el período de recuperación, después de la sequía, se reflejó directamente en el rendimiento de grano.

Así mismo, González y Graterol (2003), señalan que el uso de material genético mejorado requiere del conocimiento de sus características agronómicas, además indican, que es prioritario producir y evaluar genotipos de sorgo de mayor rendimiento y con alta adaptabilidad a las condiciones ecológicas de las áreas de producción.

Por lo anterior el objetivo fue evaluar las características agronómicas de híbridos comerciales de sorgo en el ciclo otoño-invierno en la región de la Chontalpa, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el otoño-invierno 2013/14 en el Campo Experimental Huimanguillo, del INIFAP se estableció un ensayo para evaluar las características agronómicas de los genotipos de sorgo RS-1000, 85P20, 83P17, 8282 y Ámbar. En la prueba se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de 4 surcos de 5 m de largo, separados a 80 cm y utilizando 8 m² como parcela útil.

Los suelos del sitio experimental son de textura franco arenosa, pH de 7.9, bajo contenido de materia orgánica (1.6%) y de nitrógeno aprovechable (17.6 ppm de NH₄ + NO₃), el fósforo presente es de 14 ppm y el de potasio 0.30 me/100 g. La preparación de suelo consistió en un chapeo mecánico y un paso de rastra en la primera quincena del mes de noviembre, complementándose con dos pasos de rastra convencional en la segunda quincena de diciembre.

La siembra se realizó el 10 de enero en forma manual, realizando un aclareo a los 14 días después de la siembra (dds), para asegurar una densidad media de 250 mil plantas por hectárea. El sorgo se fertilizó con la fórmula 90-40-30, de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, incorporada al suelo en dos oportunidades, la primera a los siete días mezclando la mitad de nitrógeno, todo el fósforo y el potasio, el resto de nitrógeno se aplicó a los 33 dds; en ambas ocasiones se incorporó en banda a 10 cm de la planta.

Para eliminar la maleza se aplicó Atrazina (Gesaprim auto) en preemergencia y a los 33 dds se efectuó un cultivo aporque; así también los insectos plaga presentes, como la Diabrotica a 14 días y el Gusano Cogollero, a los 21, 32 y 54 días después de la siembra se controlaron con aplicaciones de Cipermetrina.

El comportamiento agronómico de los genotipos se midió cuantificando las variables de respuesta días a floración y a madurez fisiológica, altura de planta, tamaño y excursión de la panoja, rendimiento de grano al 14 % de humedad, % de acame, tipo de panoja, color de grano y se calificó la presencia de enfermedades en la planta, como tizón y roya a los 80 dds.

La escala de calificación para enfermedades fue de 1 a 9, donde 1 implica susceptibilidad y 9 nula presencia de enfermedad. También se midió la precipitación pluvial agrupándose en forma decenal. Estadísticamente se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias de Dunnett a las primeras seis variables y para el resto la información solo se utilizaron las medias aritméticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación ocurrida durante el período de evaluación fue de 293 mm, producto de 19 días con lluvia, esta cantidad fue suficiente para que el sorgo no mostrara síntomas de deficiencia de agua en las diversas etapas de desarrollo, su distribución a lo largo del ciclo provocó exceso de humedad en el

inició de la prueba y al final de la misma, sin embargo, ello no provocó daños por pérdida de planta o de enfermedades fúngicas en el grano, respectivamente.

Durante los primeros 40 días se acumuló el 53.2 % de la precipitación y sólo de los 41 a 50 de la siembra no ocurrieron lluvias; se considera que los 27 mm ocurridos en estado de embuche y floración fueron importantes para lograr buenos rendimientos de grano.

El análisis de varianza hecho a seis de las variables de respuesta, detectó diferencia altamente significativa en todos los casos (Cuadro 1) y los coeficientes de variación determinados son un indicativo que tales diferencias se deben a el comportamiento diferencial entre los tratamientos y no a errores experimentales en la prueba, pues sus valores oscilan entre el 0.63 % y 9.02 %.

Cuadro 1. Análisis de Varianza a Variables de Respuesta en la Evaluación de Cinco Híbridos de Sorgo en el Otoño-Invierno 2013/14. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.

Variable	C.M.E.	Media	C. V. (%)	P > F
Días a floración	0.8912	65.1	1.45	0.000
Días a madurez	0.3008	86.7	0.63	0.000
Altura de planta (cm)	96.4375	162.8	6.03	0.001
Tamaño de panoja (cm)	1.0767	23.6	4.40	0.000
Excursión de panoja (cm)	3.5431	20.9	9.02	0.000
Rendimiento (kg/ha)	225365.3281	7052.1	6.73	0.004

CME = Cuadrado medio del error

En el Cuadro 2 se tienen los resultados de las características agronómicas analizadas, así, para el caso de los días a floración, es posible señalar que entre el testigo comercial Ámbar y los híbridos RS-1000, 83P17 y 8282 existe diferencia estadística según la prueba de medias y de acuerdo a los valores, RS-1000 con 72 días a la floración es más tardío que Ámbar, mientras que 83P17 y 8282 con 61.3 y 59.5 días son más precoces que el testigo; 85P20 resultó con un comportamiento igual al Ámbar al registrar una media de 66.3 días.

Cuadro 2. Características Agronómicas y Prueba de Medias en la Evaluación de cinco Híbridos de Sorgo en el Otoño-Invierno 2013/14. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.

Genotipo	Días a		Altura Planta (cm)	Panoja (cm)		Rendimiento (kg ha ⁻¹)
	Floración	Madurez		Tamaño	Excursión	
RS-1000	72.0*	90.8*	184.3	19.2*	15.8*	6064.0
85P20	66.3	88.5	155.5	25.5*	18.9	7141.0
83P17	61.3*	84.0*	150.3*	26.8*	24.3	7825.5
8282	59.5*	82.0*	150.8*	24.8*	23.6	7254.8
Ámbar	66.3	88.0	173.3	21.8	21.8	6975.3
Dunette (P=0.95)	1.93	1.12	20.05	2.12	3.85	970.12

* = Diferencia significativa respecto al testigo Ámbar

En cuanto a los días a madurez, el comportamiento es similar al descrito para días a floración, ya que el RS-1000 es el que más tarda para madurar (90.8 días) y el más precoz es 8282 con 82 días lo que necesariamente los hace diferentes y muestra una desventaja del RS-1000, pues al sembrarse en una fecha cercana al final del período recomendado, estará expuesto a exceso de humedad en la cosecha, hecho que provoca incidencia de hongos en la espiga o de germinación del grano y por ende pérdida de la cosecha.

Al analizar el período que transcurre entre la floración y la madurez fisiológica se define que en promedio existen 21.6 días, siendo mayor el híbrido 83P17 con 22.7 días y menor para RS-1000 con 18.8 días lo cual puede implicar una diferencia en el rendimiento de grano, pues coincidentemente el primero es el más productivo y el segundo el menos productivo.

En al variable altura de planta se obtuvo una media de 162.8 cm, correspondiendo el porte mayor a RS-1000 con 184.3 cm y aunque no hay diferencia respecto a la del testigo, en la medida que se incrementa la altura, la eficiencia en la cosecha disminuye; por otra parte la menor altura se asocia al

83P17 con 150.3 cm seguido de 8282 con 150.8 cm, valores diferentes estadísticamente a la del testigo Ámbar.

El tamaño de panoja en todos los casos, tuvo un comportamiento diferente al del testigo según la prueba de medias; 85P20, 83P17 y 8282 con índices mayores y RS-20 con menor (19.2 cm); es conveniente mencionar que no necesariamente un valor mayor en esta variable implica mejor rendimiento, aunque para el caso así sucedió, ya que 83P17 con 7825.5 kg ha⁻¹ fue el más productivo y el de mayor longitud de panoja.

En referencia a la excursión de panoja, el híbrido RS-1000 resultó con el valor menor (15.8 cm), mismo que difiere estadísticamente del obtenido por el testigo (21.8 cm), el resto de genotipos muestra valores que son diferentes a los del Ámbar (21.8 cm); es importante mencionar que para la cosecha entre mayor sea la excursión, se tiene menor pérdida de grano.

El rendimiento medio del ensayo fue de 7052 kg ha⁻¹, superior a la media Estatal del 2014 en 3672 kg ha⁻¹, lo que representa más del 100 %; el resultado es una evidencia de la posibilidad de incrementar la producción de sorgo en Tabasco al manejar adecuadamente un genotipo con la tecnología disponible. Por otra parte, los resultados indican que el mejor comportamiento lo obtuvo el 83P17 al producir 7825.5 kg ha⁻¹, sin embargo la diferencia respecto al testigo es no significativa. Para el caso del híbrido RS-1000 el rendimiento es de 6064 kg ha⁻¹, mismo que no difiere estadísticamente del Ámbar, pero si del resto de híbridos.

Otras características agronómicas se describen en el Cuadro 3, tal es el caso del porcentaje de acame en el que sin duda el RS-1000 tiene desventaja con los demás genotipos evaluados al presentar un 44.4 % de acame, considerado muy alto pues en el testigo Ámbar asciende a 9.8 %; sin duda el nivel de acame del RS-1000 dificulta la cosecha mecánica y se genera una fuerte pérdida de grano al quedar sobre el terreno un porcentaje alto de panojas.

Cuadro 3. Características Agronómicas en la Evaluación de Cinco Híbridos de Sorgo en el Otoño-Invierno 2013/14. CEHUI. CIRGOC. INIFAP.

Genotipo	% Acame	Calificación de Enfermedades (80 dds)		Color de Grano	Tipo de Panoja
		Roya	Tizón		
RS-1000	44.4	9.0	8.3	Amarillo	Cerrada
85P20	0.0	9.0	9.0	Rojo oscuro	Cerrada
83P17	4.1	9.0	9.0	Rojo oscuro	Abierta
8282	6.6	9.0	8.8	Rojo oscuro	Abierta
Ámbar	9.8	9.0	8.0	Rojo oscuro	Cerrada
Media	12.0	9.0	8.6	-	-

Al calificar las enfermedades como la roya (*Puccinia purpurea*) y el tizón (*Helminthosporium turcicum* Pass.), a los 80 días de la siembra, se encontró que en el caso de roya su presencia fue nula en todos los casos, en cambio para tizón la RS-1000, la 8282 y Ámbar se calificaron con valores de 8 a 8.8, lo que implica una baja incidencia de enfermedad y por lo tanto ningún efecto negativo en el rendimiento. En cuanto al color de grano el híbrido RS-1000 es amarillo, los genotipos restantes presentan color rojo-oscuro; si se considera que las aves tienen preferencia por sorgos de color claro, la RS-1000 puede tener un factor de demérito. Por otra parte, el tipo de panoja de tres genotipos es cerrada y en dos abierta; para las condiciones de Tabasco se prefieren sorgos de panoja abierta o semi-abierta dadas las condiciones de alta humedad relativa y presencia de lluvias al final del ciclo de cultivo, con lo cual se incrementa la posibilidad de infestación de hongos en el grano o la germinación del mismo, lo que demerita su calidad y reduce el rendimiento.

CONCLUSIONES

El mejor comportamiento agronómico se observó en el híbrido 83P17, cuyo rendimiento medio fue de 7825.5 kg ha⁻¹.

De acuerdo a los días a floración y a madurez fisiológica el híbrido RS-1000 tuvo un comportamiento de ciclo tardío, el 8282 precoz y los híbridos 85P20, 83P17 y Ámbar como de ciclo intermedio. Por la altura de planta, el RS-1000 y el Ámbar pueden considerarse de porte intermedio y los híbridos 8282, 85P20 y 83P17 como de porte bajo. Con la tecnología de manejo actual y el genotipo adecuado es posible incrementar la media de producción del estado de Tabasco en 100 %.

LITERATURA CITADA

- Aceves, N. L. A.; Juárez, L. J. F.; Palma, L. D. J.; López, L. R.; Rivera, H. B.; Rincón, R. J. A.; Morales, C. R.; Hernández, A. R. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 41p.
- González R. y Graterol Y. 2003. Comportamiento de 23 híbridos de sorgo granífero bajo condiciones de norteverano en el estado Portuguesa Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2003, 20: 297-305
- Castro, N. S., Ortiz, C. J., Mendoza, C. M. C., Zavala, G. F. 2000. Producción de biomasa en líneas de sorgo como respuesta al estrés hídrico. Fitotecnia Mexicana 23(2): 321-334.
- Fideicomisos Instituidos con Relación en la Agricultura. 2015. Panorama agroalimentario, Sorgo 2015. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México, D. F. 42p.
- Herrera, A. J. L., Pánuco V. M., Chávez A. J. L., Rodríguez G. A. 2002. Variedad de sorgo para grano con potencial para su utilización en el consumo humano. Avances 2002. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. p 205-211.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. Anuario Estadístico y Geográfico de Tabasco 2015. Sección Agricultura. México, D. F. 266-281.
- Reyes, L. D., Molina, G. J. D., Mejía, C. J. A., López, R. J. J., Huerta, L. M., Pérez, C. A. 2007. Efectos de aptitud combinatoria general y específica en relación con el número de ambientes de evaluación. Agronomía Tropical 57(4):257-269.
- Riccelli, M. 1973. Aspectos fisiológicos y oportunidades para el mejoramiento de los sorgos en los trópicos. Agronomía Tropical 23(1): 29-46.
- Varvel, G. E. y Peterson, T. A. 1995. Precipitation use efficiency of soybean and grain Sorghum in monoculture and rotation Soil Sci. Soc. Am. J., 95:

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE MAÍZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN LA CHONTALPA, TABASCO.

AGRONOMIC BEHAVIOR OF CORN VARIETIES IN CONDITIONS OF TEMPORARY IN THE CHONTALPA, TABASCO.

¹Barrón Freyre S, ²Rodríguez Montalvo F A

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34 Carretera Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz, México. Autor para correspondencia: barron.sabel@inifap.gob

RESUMEN

La evaluación de materiales permite identificar los genotipos de mejor rendimiento y los más estables, es decir, aquellos que mantienen su alto potencial productivo a través de un amplio rango de condiciones ambientales; un ambiente representativo permite evaluar el comportamiento de los genotipos en condiciones agroecológicas particulares del cultivo en una región, mientras que un ambiente con representatividad genera información para una adaptación más amplia del genotipo en ambientes similares, (Hernández, 2015). Durante el ciclo de primavera-verano 2015 en el Campo Experimental Huimanguillo, se condujo un ensayo bajo condiciones de temporal para evaluar las características agronómicas de los híbridos de maíz RW-5000, RW-5001, RY-9000, DK-393, HS-23, HS-27, DK-7500, DK-7508, HE1B, HE3B, HE1A(17), y el testigo H-520, además la variedad VS-536. En la evaluación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 80 cm. De los resultados y su análisis se concluye que de los genotipos evaluados de grano blanco los híbridos DK-393 con un rendimiento de 7461 kg ha⁻¹ y el HE1B con 7112 kg ha⁻¹ fueron los de mejor comportamiento agronómico, mientras que los mejores de grano amarillo fueron DK-7508 con un rendimiento de 8016 kg ha⁻¹ y el DK-7500 con 7794 kg ha⁻¹. Por otra parte se corrobora la existencia de semillas de maíz que se adaptan a las condiciones agroclimáticas de la Chontalpa en Tabasco y que con un manejo agronómico adecuado permiten obtener rendimientos comerciales de grano superiores a las 6 t ha⁻¹.

Palabras clave: maíz, grano, comportamiento.

INTRODUCCIÓN

En el año agrícola 2014, en Tabasco se sembraron 82,386 hectáreas de maíz y se cosecharon 71.267 hectáreas con un rendimiento medio de 1,819 kg ha⁻¹, (INEGI, 2015); de la superficie sembrada el 39.5 % pertenece al otoño-invierno 2013/14 y el 60.5 % a primavera-verano 2014, entre los cuales existe un diferencial de rendimiento a favor del P-V de 41 kg ha⁻¹. Los municipios del Estado donde se concentró el 71.7 % de la producción de maíz fueron: Balancán, Huimanguillo, Tacotalpa, Tenosique, Cárdenas y Centla, destacando Balancán con el 23.8 % del área total.

Factores como el exceso y/o deficiencia de humedad, la acidez y el bajo contenido de nutrientes en el suelo, la utilización de genotipos no adaptados, las bajas densidades de siembra y manejo deficiente en la nutrición, en las malezas y las plagas, provocan bajos rendimientos en el maíz en Tabasco.

La siembra de maíz en Tabasco en el 70 % es de autoconsumo, por ello los productores utilizan poblaciones criollas, aun así, durante el 2014 se utilizó semilla mejorada en 43,216 hectáreas, de ahí la necesidad de recomendar genotipos que tengan buen desempeño productivo para minimizar los riesgos en la producción por esta componente tecnológica.

El crecimiento y desarrollo de las plantas dependen de su constitución genética, de las condiciones de suelo y clima en donde se ha establecido el cultivo; así mismo, la época de siembra y la variedad son factores críticos en todos los sistemas de producción, (Ávila, *et al.*, 2013).

En forma empírica, el mejoramiento genético del maíz se inicia con los indígenas de México, quienes del teocintle (*Zea Mays* spp. *Mexicana*) comenzaron a seleccionar plantas que ofrecían algunas características de su grano para ser aprovechadas en la alimentación, (Márquez, 2008), de tal forma

que en México se cuenta con una tradición de por lo menos 50 años en el mejoramiento genético del maíz obteniéndose variedades, sintéticos e híbridos, los más recientes superiores a sus predecesores en rendimiento o en alguna otra característica agronómica.

La evaluación de materiales permite identificar los genotipos de mejor rendimiento y los más estables, es decir, aquellos que mantienen su alto potencial productivo a través de un amplio rango de condiciones ambientales; un ambiente representativo permite evaluar el comportamiento de los genotipos en condiciones agroecológicas particulares del cultivo en una región, mientras que un ambiente con representatividad genera información para una adaptación más amplia del genotipo en ambientes similares, (Hernández, 2015).

Ramírez *et al.*, (2010), mencionan que los genotipos responden diferencialmente a los factores del ambiente (principalmente plagas, enfermedades y temperaturas) que se manifiesta en diversos grados a lo largo de la estación de crecimiento y que impacta al rendimiento y a la calidad del producto, por ello, la caracterización ambiental es importante para definir estrategias de selección en los programas de mejoramiento genético y como consecuencia es importante para evaluar nuevos cultivares en diferentes condiciones para estimar apropiadamente el potencial genético, productivo y la estabilidad fenotípica de los híbridos, además de proveer una estrategia para seleccionar los genotipos disponibles para las nuevas localidades, (Rodríguez *et al.*, 2005).

Por lo anterior el objetivo fue determinar el rendimiento y características agronómicas de genotipos de maíz bajo condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano 2015/15, en la Chontalpa, Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo de primavera-verano 2015 en el Campo Experimental Huimanguillo, se condujo un ensayo bajo condiciones de temporal para evaluar las características agronómicas de los genotipos de maíz RW-5000, RW-5001, RY-9000, DK-393, HS-23, HS-27, DK-7500, DK-7508, HE1B, HE3B, HE1A(17), VS-536, y el testigo H-520. En la evaluación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas experimentales de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 80 cm. El suelo del sitio es de textura franco arenosa, pH de 7.9, bajo contenido de materia orgánica (1.6%) y de nitrógeno aprovechable (17.6 ppm de $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$), el fósforo presente es de 14 ppm y el de potasio 0.30 me/100 g.

La preparación del suelo se inició el 29 de mayo con un chapeo mecánico y un paso de rastra para incorporar los residuos orgánicos de la cosecha anterior, dos pasos restantes se efectuaron el 25 de junio. La siembra se realizó el 1 de julio en forma manual y se depositaron dos semillas cada 20 cm; a los 15 días después de la siembra (dds) se efectuó el raleo a una planta por mata para lograr una densidad de 62,500 plantas por hectárea.

El maíz se fertilizó con la fórmula 130-60-30 de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente, incorporándose la mitad del nitrógeno, el total de fósforo y del potasio cinco días después de la siembra, el resto de nitrógeno se aplicó 24 días después de la siembra (dds).

Para reducir la presencia de maleza se aplicó en preemergencia la mezcla de glifosato y atrazina (1080 g.i.a./ha. + 960 g.i.a./ha respectivamente), complementándose con un cultivo aporque mecánico a los 23 dds. El control de plagas como la Diabrotica (*Diabrotica Balteata*) y el Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se llevó a cabo a los 8, 14, 20 y 29 dds con 50 g.i.a/ha de Cipermetrina. La dobla y cosecha se efectuaron en forma manual a los 85 y 134 dds respectivamente.

Las variables de respuesta fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, relación grano-olote, rendimiento de grano al 14 % de humedad, los porcentajes de acame, de mazorca con mala cobertura, daño de pájaro y podridas; sanidad de planta, sanidad de mazorca y calificación al arquetipo de planta y de mazorca.

La calificación de enfermedades en el follaje como la roya (*Puccinia polysora*) y el Tizón (*H. maydis* y *H. turcicum*) en la planta se hizo a los 80 días utilizando una escala de 1 a 9, donde uno indica ataque severo y 9 ausencia de enfermedad; así mismo, se calificó el arquetipo de planta y de mazorca, donde 1 implica arquetipo deficiente y el 9 arquetipo excelente.

A las seis primeras variables se les aplicó análisis de varianza y prueba de medias de Dunette a una $\alpha = 0.05$, al resto de variables sólo se determinó su media. En el ciclo y dadas las condiciones de precipitación y distribución se cuantificó la precipitación diaria y los días con lluvia, durante el tiempo de prueba agrupándose en períodos decenales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la distribución de la precipitación y eventos ocurridos en el período de prueba, se afirma que al menos en dos días llovió por período decenal y que durante 57 días de los 134 que duró la prueba hubo precipitación, acumulándose un total de 823.1 mm, cantidad suficiente para abastecer las necesidades hídricas del maíz; además, su distribución se considera adecuada pues antes y durante la floración y el llenado de grano no hubo deficiencia de humedad, después de la madurez fisiológica y hasta la cosecha se acumularon 279 mm lo que contribuye a aumentar los porcentajes de mazorca podrida y la calidad del grano.

En el Cuadro 1, se describen los resultados del análisis de varianza a variables de respuesta, de ellas, solo en la variable altura de planta no se detectó diferencia estadística significativa, el resto presentaron diferencias altamente significativas; los coeficientes de variación calculados en cuatro variables muestran valores por debajo del 5 %, una de ellas del 6.39% y el máximo índice corresponde a la altura de planta con 14.74 %, esto permite señalar que las diferencias encontradas son el resultado de la expresión fenotípica de los genotipos y no de errores experimentales cometidos en el proceso de evaluación.

Cuadro 1. Resultados del Análisis de Varianza de Seis Variables en la Evaluación de Variedades de Maíz en Condiciones de Temporal en Huimanguillo, Tabasco. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

VARIABLE	C.M.E.	MEDIA	C. V. (%)	Pr > F
Días a flor masculina	0.420139	51.7	1.25	0.000
Días a flor femenina	0.585503	52.1	1.47	0.000
Altura de planta (cm)	1491.618042	267.0	14.74	0.807
Altura de mazorca (cm)	33.836807	137.0	4.24	0.000
Relación grano/olote	0.000071	0.85	1.00	0.000
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	180280.890625	6643.0	6.39	0.000

CME = Cuadrado medio del error; CV = Coeficiente de variación.

En el Cuadro 2, se relacionan las variables de respuesta y sus valores para cada variedad evaluada, así como el resultado de la prueba de medias utilizando como testigo el híbrido H-520; para el caso de la variable días a floración masculina las variedades RY-9000, HS-23, HE3B, HE1A(17) y VS-536 muestran diferencia estadística respecto al testigo, su flor masculina se presenta entre los 51.8 y 53.8 días, mientras que otras variedades como RW-5001 la muestran a los 50.8 días o a los 51.3 días como es el caso de RW-5000, DK-393, HS-27, DK-7500, DK-7508 y HE1B.

La floración femenina promedio ocurrió a los 52.1 días de la siembra y la masculina a 51.7 días, es decir que ambas se presentan en general al mismo tiempo, lo que es sinónimo de buena adaptación, sincronía excelente y efecto positivo en la producción de grano. La prueba de medias indica que los genotipos RY-9000, HE3B y HE1A(17) se comportan diferente estadísticamente al H-520, testigo de la prueba, mientras que los diez genotipos restantes son similares a dicho material. El mayor número de días a floración femenina se presentó en el híbrido RY-9000 con 53.8 días y el menor número en el DK-7500 con 51 días, esta contrastación de valores es el fundamento para señalar que aún y cuando existen diferencias estadísticas entre genotipos el grupo evaluado tiene un comportamiento de ciclo intermedio, propio para siembras de maíz de temporal en Tabasco.

El promedio en la altura de planta fue de 267 cm con un rango de 34 cm producto de la diferencia en la altura del RW-5000 (283 cm) y el HE1A(17) (249 cm), sin embargo, la altura de mazorca si mostró diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados y respecto al testigo como es el caso del RY-9000 con 151 cm y el HE1A(17) con 123 cm, valores que están por arriba y por debajo del mostrado por el testigo respectivamente. Del análisis de alturas se puede concluir que el grupo de materiales evaluados son de porte intermedio y no porte bajo o alto, pues mientras el primero está por debajo de los 200 cm el segundo se considera por arriba de 300 cm para las condiciones bajo las cuales se realizó la prueba.

Para el caso de la variable relación grano-olote la media fue de 0.85, índice similar a los cuantificados en pruebas homólogas anteriores e igual al obtenido por el testigo H-520, destacan por su valor mayor los híbridos DK-7500 y DK-7508 con 0.88, por otra parte el híbrido RW-5000 con una relación de 0.80

mostró el valor más bajo; los índices descritos mostraron diferencia estadística con el cuantificado en el testigo H-520.

Cuadro 2. Características Agronómicas de Variedades de Maíz Evaluadas en Condiciones de Temporal en Huimanguillo, Tabasco. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

GENOTIPO	DIAS A FLORACIÓN		ALTURA (cm)		REL. Grano/olote	REND. (kg ha ⁻¹)
	Masculina	Femenina	Planta	Mazorca		
RW-5000	51.3	51.3	283	138	0.80*	6602
RW-5001	50.8	51.8	260	129	0.83	6856
RY-9000	53.5*	53.8*	280	151*	0.84	6783
DK-393	51.3	51.8	257	131	0.87	7461*
HS-23	52.5*	52.8	276	145	0.86	6626
HS-27	51.3	51.5	256	129	0.86	6341
DK-7500	51.3	51.0	270	143	0.88*	7794*
DK-7508	51.3	51.5	272	146	0.88*	8016*
HE1B	51.3	51.3	273	141	0.84	7112*
HE3B	52.8*	53.5*	264	136	0.84	6291
HE1A(17)	52.8*	53.5*	249	123*	0.84	5896
VS-536	51.8*	52.3	267	140	0.83	4574*
H-520	50.3	51.3	265	136	0.85	6003
Dunette (P=0.95)	1.34	1.58	ns	12.01	0.02	877

* = Diferencia estadística respecto al testigo H-520

El rendimiento de grano promedio fue de 6643 kg ha⁻¹ el cual supera en más del 200 % la media de producción Estatal actual; la evaluación demuestra una respuesta diferencial entre el material genético probado destacando los genotipos DK-7508, DK-7500, DK-393 y el híbrido experimental HE1B, con rendimientos de 8016, 7794, 7461 y 7112 kg ha⁻¹ respectivamente, mismos que son diferentes estadísticamente al testigo, es de mencionar el hecho que los dos primeros materiales son de grano amarillo y los otros de grano blanco, con lo cual se puede cubrir la demanda de semilla para la producción de maíz de grano en ambos colores. En la prueba el genotipo menos productivo fue la variedad VS-536 con 4574 kg ha⁻¹, dicho nivel de rendimiento está por debajo del obtenido por el testigo y su diferencia es corroborada por la prueba de medias.

En el Cuadro 3, se describen los resultados de otras nueve variables, mismas que complementan la información ya descrita, así, en referencia al porcentaje de acame, los materiales con el mejor desempeño son los que muestran valores del 0 al 2.6 % como es el caso de HS-27, DK-7508, DK-393, HS-23, HE1A(17), HE1B y RW-5001, mientras que VS-536 y RY-9000 con 79.3 % y 55.6 % respectivamente son los que presentan mayor desventaja en esta variable; en el testigo el acame fue de 17.2 %.

En relación a la mala cobertura, la media en el ensayo es de 5.7 %, con valores máximos en el genotipo HE1A(17) con 13.1 %, le sigue el HE3B con 7.2 %; los híbridos DK-7508, RY-9000 y RW-5001 con porcentajes de 2.1, 3.6 y 3.7 respectivamente muestran el mejor comportamiento. La cobertura de mazorca es determinante para que los productores adopten un nuevo material genético, sobre todo aquellos que producen básicamente para autoconsumo.

El daño de pájaro incrementa la posibilidad de que el grano se dañe por hongos, de tal manera que su calidad se demerita, por ello y de acuerdo a los resultados es posible señalar que genotipos como HE1A(17), HE3B, RY-9000 y DK-7500 están en desventaja, respecto a la variedad VS-536 y a los híbridos DK-393, RW-5001, HS-23, HS-27 y al testigo H-520, cuyos porcentajes de mazorca dañada por aves osciló entre el 2.6 % y el 5.5 %.

El porcentaje de mazorca podrida en forma total, como consecuencia de la infestación por hongos como *Fusarium sp.* y/o *Diplodia maydis* o del exceso de humedad, la media fue de 4.3 %, presentándose el mayor valor en los genotipos HE1A(17) (9.1 %), RY-9000 (5.4 %), HE3B (5.5 %) y

DK-7508 (5.3 %) y la menor pudrición en DK-393 (2.1 %) y RW-5001 (2.6 %), sin duda los dos últimos en este aspecto fueron los de mejor comportamiento.

Cuadro 3. Características Agronómicas de Variedades de Maíz Evaluadas en Condiciones de Temporal en Huimanguillo, Tabasco. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo.

GENOTIPO	PORCENTAJE				SANIDAD			CALIFICACION	
					Planta		Mzca	Planta	Mzca
	Acam e	Mala Cobertura	Daño Pájaro	Mazorca a Podrida	Roya	Tizón			
RW-5000	9.0	4.8	7.0	4.3	8.3	8.3	7.3	7.8	7.0
RW-5001	2.6	3.7	3.7	2.6	8.0	8.0	7.6	7.3	7.0
RY-9000	55.6	3.6	8.3	5.4	8.0	7.0	7.9	7.0	7.1
DK-393	0.5	5.3	2.6	2.1	9.0	8.3	8.1	9.0	7.5
HS-23	1.0	6.0	5.5	3.3	8.5	7.8	7.5	7.8	6.4
HS-27	0.0	7.2	5.6	3.9	8.3	8.0	7.0	7.5	6.3
DK-7500	4.1	4.4	7.8	4.4	8.0	7.8	7.4	7.5	6.9
DK-7508	0.5	2.1	6.4	5.3	8.5	8.0	7.4	8.0	7.4
HE1B	2.6	6.2	4.6	3.1	8.8	8.0	7.5	8.0	6.3
HE3B	4.8	7.2	9.4	5.5	8.5	8.3	7.5	8.3	7.6
HE1A(17)	1.0	13.1	10.8	9.1	8.3	7.8	7.3	7.5	6.5
VS-536	79.3	6.8	3.4	3.4	8.0	6.3	7.5	6.3	6.8
H-520	17.2	4.2	5.5	3.0	7.8	7.3	7.5	6.8	6.6
MEDIA	13.5	5.7	6.2	4.3	8.3	7.7	7.5	7.6	6.9

Al evaluar la sanidad de planta 80 días después de la siembra, los resultados muestran como la presencia de Roya (*Puccinia polysora*) fue reducida, pues las calificaciones asignadas en promedio fueron de 8.3 lo que indica una baja presencia de este patógeno, incluso en el híbrido DK-393 no fue posible detectarla; en el caso de Tizón (*H. maydis* y *H. turcicum*) la media fue de 7.7 con lo cual se puede concluir que respecto a la Roya, la presencia de Tizón fue mayor sin llegar a ser un problema que reduzca significativamente el rendimiento de grano, pues su presencia ocurre cuando la planta se acerca a la etapa de madurez y en las hojas más viejas; los genotipos VS-536, RY-9000 y H-520 con calificaciones de 6.3, 7.0 y 7.3 respectivamente presentan la mayor desventaja, mientras que RW-5000, DK-393 y HE3B con 8.3 fueron los mejores.

La sanidad de mazorca se calificó a la cosecha, su media fue de 7.5, con un valor máximo de 8.1 que pertenece al híbrido DK-393 seguido del RY-9000 con 7.9, mientras que el menor que fue de 7.0 se asignó al HS-27, como es posible observar, la diferencia entre los valores es mínima lo cual significa que en esta variable los genotipos evaluados tuvieron un comportamiento similar y que el grano cosechado puede cumplir con la calidad requerida por el productor.

En cuanto al comportamiento del arquetipo de planta los híbridos DK-393, HE3B, HE1B y DK-7508 con 9.0, 8.3 y 8.0 fueron los más uniformes en cuanto a grosor de tallo, altura de planta y de mazorca, mientras que la variedad VS-536 con 6.3 fue la menos uniforme; por otra parte, al evaluar la uniformidad de mazorca, es posible concluir que existe mayor variabilidad que en la planta, pues su media de 6.9 es menor a la de la planta, (7.6), sin embargo los valores más altos pertenecen al DK-393 y al HE3B con 7.5 y 7.6 respectivamente.

CONCLUSIONES

De los genotipos evaluados de grano blanco, los híbridos DK-393 con un rendimiento de 7461 kg ha⁻¹ y el HE1B con 7112 kg ha⁻¹ fueron los de mejor comportamiento agronómico en la prueba.

Del grupo de genotipos de grano amarillo, los híbridos DK-7508 con un rendimiento de 8016 kg ha⁻¹ y el DK-7500 con 7794 kg ha⁻¹ fueron los de mejor comportamiento agronómico en el primavera-verano 2015.

Existen genotipos de maíz comerciales que se adaptan a las condiciones agroclimáticas de la Chontalpa y que con un manejo agronómico adecuado permiten obtener rendimientos comerciales de grano superiores a las 6 t ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Ávila, P. M. A.; Dorantes, G. R. A.; Gámez, V. a. J.; Hernández, C. R. E.; Bobadilla, M. M.; Virgen V. J. y Gámez, V. F. P. 2013. Comportamiento agronómico de ocho híbridos de maíz amarillo bajo diferentes fechas de siembra. Ciencia y Tecnol. Agrop. México. Vol.1 (1): 20-25.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. Anuario Estadístico y Geográfico de Tabasco 2015. Sección Agricultura. México, D. F. 266-281.
- Hernández, A. E. 2015. Selección de híbridos de maíz precomercial con base a comportamiento agronómico y estabilidad para el Sureste de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 68p.
- Márquez, S. F. 2008. De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. Rev. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 5(2): 151-166.
- Ramírez, D. J. L.; Wong, P. J. J.; Ruiz, C. J. A. y Chuela, B. M. 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. Rev. Fit. Mex. Vol. 33(1): 61-68.
- Rodríguez, P. J. E.; Sahagún, C. J.; Villaseñor, M. H. E.; Molina, G. J. D. y Martínez, G. A. 2005. La interacción genotipo x ambiente en la caracterización de áreas temporales de producción de trigo. Agrociencia, Vol. 39(1): 51-64.

RENDIMIENTO DE GRANO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE SORGO EN CONDICIONES DE TEMPORAL.

GRAIN AND FEATURES PERFORMANCE AGRONOMICAS SORGHUM UNDER TEMPORARY

¹Hernández Pérez M, ¹Villalobos González A, ¹Medina Méndez J, ¹Soto Rocha J, ¹Orona Castro F

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Edzná. Carretera Campeche-Tixmucuy Km 15.5 Campeche, Camp. C.P. 24529.
Autor para correspondencia: hernandez.mirna@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la respuesta de rendimiento y características agronómicas de un grupo de materiales genéticos de sorgo en condiciones de temporal en el estado de Campeche. La siembra se realizó en septiembre de 2014 en la localidad de San Antonio Cayal, Campeche, Campeche; bajo el establecimiento de parcelas de validación de ± 0.5 hectárea por material. Los tratamientos fueron: Ámbar, 85P20, 83P17, TT1013, GW9417, GW9320, CB112, CB103, CB107, CB113, R.B. Norteño, R.B. Huasteco, R.B. Paloma. La densidad de población fue de 225 mil plantas por hectárea, con una dosis de fertilización de: nitrógeno (110) y fósforo (46). La distribución de la precipitación fue irregular en el desarrollo y crecimiento de los materiales de sorgo; lo que ocasionó un ligero marchitamiento de las hojas a los 33 días después de la siembra y un severo marchitamiento de las hojas 10 y 11 a los 50 días después de la siembra en CB113, que fue ocasionado por un déficit hídrico de 15 días y 30 días. A pesar de las restricciones de agua; Ámbar y 85P20 presentaron un rendimiento superior ($p \leq 0.05$) al resto de los materiales con 4652 y 4555 kg/ha⁻¹, respectivamente. CB113 y R.B. Paloma presentaron el mayor ($p \leq 0.05$) número de días a bota, floración, grano lechoso, grano masoso, grano maduro y altura de planta que el resto de los genotipos.

Palabras clave: *material genético, primavera-verano, Campeche.*

INTRODUCCIÓN

El sorgo posee características agronómicas que lo han llevado a aumentar el área en los últimos años. Este cultivo está incluido entre los cultivos de seguridad alimentaria mundial y constituye en nuestro país una alternativa necesaria en zonas con limitantes edafoclimáticas, sobre todo en periodos de sequía debido a que es más eficiente en la utilización del agua (Barberis y Sánchez, 2013), aunque por su versatilidad también responde eficientemente en los mejores ambientes. Sin embargo, los cambios en los patrones del clima están causando pérdida de cosecha a nivel global y poniendo en peligro la seguridad alimentaria. En el caso del sorgo se han reflejado en reducción y hasta la pérdida total del rendimiento en algunas regiones del país. Es indudable que el clima y su variabilidad juegan un papel importante en la productividad física de los cultivos agrícolas de temporal (López y Salazar, 1998).

Las variaciones en el rendimiento por efecto de temporales ráquicos son menos marcadas en el sorgo, debido a su menor sensibilidad al estrés hídrico. A pesar de que el sorgo tiene la capacidad de permanecer latente durante la sequía, para después crecer en los periodos favorables, el estrés modifica el comportamiento: el inicial conduce generalmente a una prolongación del ciclo de cultivo, mientras que el tardío acelera la madurez (Pérez *et al*, 2010). En este sentido el sorgo es un cultivo que presenta adaptación a los ambientes de baja precipitación y altas temperaturas (Valdés y Flores, 2009). Por lo tanto, se siembra en regiones áridas y semi-áridas (Doggett, 1965). No obstante, el rendimiento de grano se reduce cuando la sequía es severa, lo cual ocurre en diversas partes del mundo (Rosenow, *et al.*, 1997).

En México, en el año 2014, se sembraron en los dos ciclos: Primavera-Verano (P-V) y Otoño-Invierno (O-I), alrededor de 2.3 millones de hectáreas de sorgo; produciendo 8.4 millones de toneladas de grano y 4.45 millones de toneladas de forraje verde (SIAP, 2014). El 69 % de la superficie sembrada se concentra en el ciclo agrícola P-V. Tamaulipas, Guanajuato, y Sinaloa figuran como los principales estados en la producción nacional de sorgo para grano, al concentrar el 72 % del volumen. Entre los principales estados productores de forraje verde figuran: Coahuila, Durango y Chihuahua, quienes aportan el 58 % del volumen. Actualmente bajo condiciones de temporal se registra un rendimiento de

grano promedio de 3.25 t/ha⁻¹, que en comparación con el que se obtiene en riego (5.2 t/ha⁻¹) es bajo (SIAP, 2014); este bajo rendimiento en temporal se debe principalmente a la frecuente presencia de deficiencias hídricas que coinciden con las etapas críticas de desarrollo de la planta, al disminuir considerablemente el rendimiento de grano en gran parte del área cultivada bajo condiciones de secano; lo cual incide en la obtención de genotipos más eficientes para el aprovechamiento de la humedad disponible del suelo; además, el ciclo biológico debe ser más corto, o intermedio, para adecuarse a la distribución errática de la precipitación pluvial.

En la península de Yucatán, bajo condiciones de temporal, se obtiene un rendimiento promedio de 2.7 t/ha⁻¹ (SIAP, 2014). Campeche, ocupa el lugar quince a nivel nacional con una producción de 51,913.10 toneladas de grano, que corresponde a una aportación a la producción nacional de 0.6 % y cuyo rendimiento promedio es de 3.1 t/ha⁻¹, aunque en algunos lugares productores específicos del estado (Hopelchén, Hecelchakán, Carmen y Palizada), se obtienen bajos rendimientos (menores a 2.0 t/ha⁻¹) debido a la ocurrencia de temporales erráticos, por lo que ante esta situación es de suma importancia considerar la evaluación de genotipos de sorgo-grano en el estado, (Villalobos, et al., 2012). En este sentido Félix (2008), Moreno, et al. (2011) y Villalobos, et al. (2012) coinciden en que uno de los principales factores que limita la producción de este cultivo en temporal es la falta de materiales que resistan condiciones extremas, como temporales erráticos (precipitaciones menores de 350 mm y su mala distribución); por lo que se requiere la identificación de materiales de sorgo con buen comportamiento agronómico para el estado de Campeche. Ante lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la respuesta de rendimiento y características agronómicas de un grupo de materiales de sorgo en condiciones de temporal en el estado de Campeche. Hipótesis: Al menos un material genético se adapta a las condiciones edafoclimáticas del estado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La parcelas de validación se establecieron en la localidad de San Antonio Cayal del municipio de Campeche, Campeche (19°45'16.9"N, 90°09'38.2"W y 50 msnm). La parcela de validación consto de ± 0.5 hectárea por material. La densidad de población fue de 225 mil plantas por hectárea, con una dosis de fertilización de: nitrógeno (110) y fosforo (46), para todos los genotipos. Los tratamientos (genotipos) evaluados se muestran el Cuadro 1. Para el manejo agronómico de las parcelas se empleó el paquete tecnológico para la producción de sorgo en condiciones de temporal en el estado de Campeche desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Cuadro 1. Materiales de sorgo, evaluados en condiciones de temporal en la localidad de San Antonio Cayal, Campeche, San Francisco de Campeche. Año 2014.

Genotipos	Color de grano	Compañía
TT1013	Rojo	Dekalb
85P20	Rojo	Pionner
83P17	Rojo	Pionner
CB112	Rojo	Berentsen
CB113	Rojo	Berentsen
CB103	Rojo	Berentsen
CB107	Blanco	Berentsen
Ámbar	Rojo	Asgrow
GW9417	Rojo	Gay Land Ward
GW9320	Rojo	Gay Land Ward
R.B. Norteño	Rojo	INIFAP
R.B. Paloma	Blanco-cremoso	INIFAP
R.B. Huasteco	Rojo	INIFAP

Se registraron las siguientes variables: días a floración o antesis (DF), el que se obtuvo al contar el número de días desde la siembra (dds) hasta el momento en que las plantas de sorgo presentaran el 50 % de las panículas en antesis media. Los días a bota (DB); se determinó al contar el número de dds hasta que los materiales de sorgo presentaran el 50 % de despliegue de la bota. Los días a grano lechoso (DGL); se obtuvo al contar el número de dds hasta que los genotipos presentaran el 50 % una característica blanda y un jugo lechoso blanco, este sale si se lo aprieta. Los días a grano masoso

(DGM); se obtuvo al contar el número de dds hasta que los genotipos presentaran al apretarse entre los dedos con poca o nula presencia del jugo lechoso blanco. Los días a grano maduro se determinaron al contar el número de dds hasta que los materiales no pueden ser comprimidos entre los dedos; para todo ello se seleccionaron veinticinco plantas de sorgo al azar de cada tratamiento. La altura de planta (ALP) obtuvo al medir la distancia promedio en centímetros de la superficie del suelo hasta el ápice de la panoja. El rendimiento de grano (RG) se determinó pesando los granos provenientes de 10 panojas tomadas al azar ajustando el número teórico de plantas por parcela útil al 14 % de humedad. Se registró la precipitación y temperatura; este se obtuvo de los datos almacenados en la Red de Estaciones Agro climatológicas del INIFAP para la localidad de San Antonio Cayal, Campeche, Campeche. A los datos se les realizó un análisis de varianza con el programa SAS para Windows Versión 9.0 (SAS, 2002) en forma individual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación (PR) y temperatura (TE). De la siembra (S) a la madurez fisiológica se presentó un acumulado de lluvia de 689 mm (Figura 1); que su distribución fue errática en el crecimiento y desarrollo de los materiales de sorgo evaluado, y qué repercutió sobre los días a: bota (BT), floración (FL), grano lechoso (GL), grano masoso (GMS), grano maduro (GM), altura de planta y sobre todo en el rendimiento de grano (Villalobos, et al, 2016). Las plantas de todos los cultivares, al presentar en promedio entre tres a cuatro hojas en el tallo e inicio de bota (Figura 1), prestaron el primer estrés por deficiencia hídricas; por un lapso de 15 días, qué causó un ligero marchitamiento de las hojas del CB 113 y R.B. Paloma en comparación con el resto de los materiales. A los 50 días después de la siembra y 11 días antes y después de la floración se presentó una severa sequía, al observar un severo marchitamiento de la hoja número 10 y 11 en promedio del CB 103 (Figura 2); acompañado de una incidencia de enfermedades, por ejemplo mancha sonada de la hoja; seguido de los materiales CB 113, R.B. Paloma y R.B. Huasteco en comparación con el resto de los materiales genéticos.

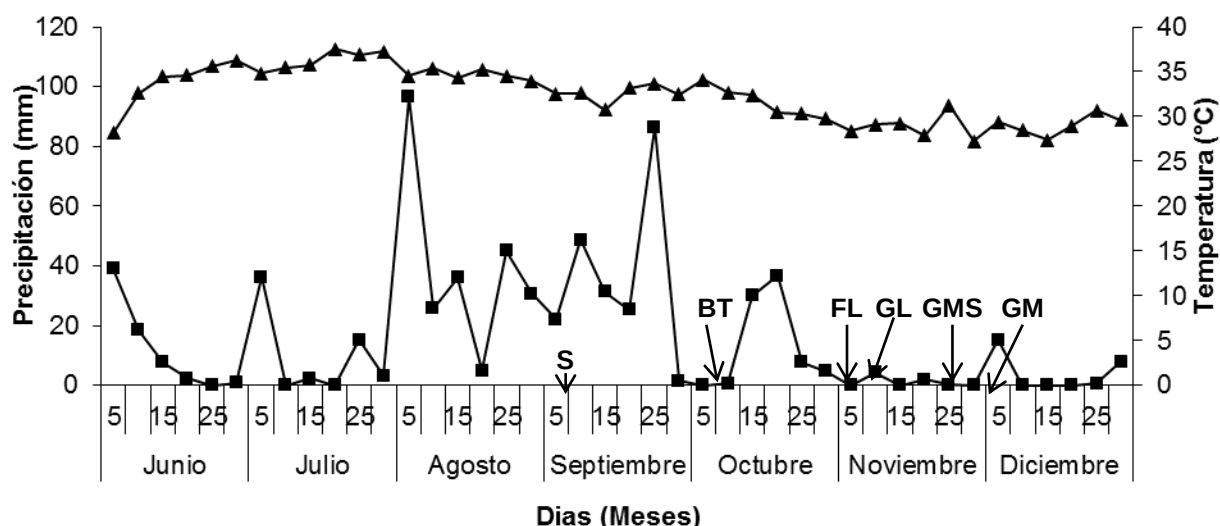


Figura 1. Precipitación y temperatura en San Antonio Cayal, Campeche, San Francisco de Campeche, en cual se realizó la evaluación de materiales de sorgo en condiciones de temporal en el año 2014.

Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de sorgo de todos los genotipos la temperatura (TE) promedio fue de 32 °C (Figura 1). Bita y Gerats, (2013), señalan que el calentamiento global se prevé que tenga un efecto negativo sobre el crecimiento general de la planta debido al efecto perjudicial de las altas TE en el desarrollo de la planta. La creciente amenaza de los extremos del clima histológicas incluyendo TE muy altas puede conducir a la pérdida catastrófica de la productividad de los cultivos. Antes, durante y después del desarrollo de la BT en todos los genotipos, las TE presentaron un comportamiento promedio de 34° C por un lapso de 15 días (Figura 1); y qué de acuerdo a Pérez, et al., (2010) las TE muy altas durante los días posteriores a la FL reducen el peso final del grano.

Asimismo la TE de 38°C merma los rendimientos por el aborto de sus flores; mientras que la de 27°C resulta ideal para el período reproductivo, y 21°C representa la mínima para un buen crecimiento, y 18°C significa la óptima del suelo para su germinación.



Figura 2. Panorama de los materiales Ámbar (izquierda) y CB 103 (derecha) en condiciones de temporal en San Antonio Cayal, Campeche, Campeche. 2014.

Rendimiento de grano (RG). El RG de Ámbar y 85P20 fue mayor ($p \leq 0.05$) que el resto de los materiales evaluados, con una producción de 4652 y 4555 kg/ha^{-1} , respectivamente (Figura 3). Los cultivares R.B. Huasteco, R.B. Paloma y CB113 presentaron el menor ($p \leq 0.05$) RG con un 60, 57 y 52 % menos que los materiales de mayor RG y con un promedio del 47 % de menor RG que el resto de los materiales genéticos (Villalobos, et al., 2012). Las condiciones que prevalecen normalmente en cultivos de sorgo de temporal en otras zonas de país de México, señalan que bajo este sistema de producción se ocasionan reducción en el RG y la calidad del grano hasta 30 %, y si el estrés persiste durante el desarrollo, las pérdidas pueden llegar a 100 % (García y Franco, 2006). Trabajos en la variedad Perla-101 en condiciones de temporal señalan que presentó adaptación a condiciones adversas (temporal raquítrico) que los híbridos comerciales (Espinal, et al., 2011).

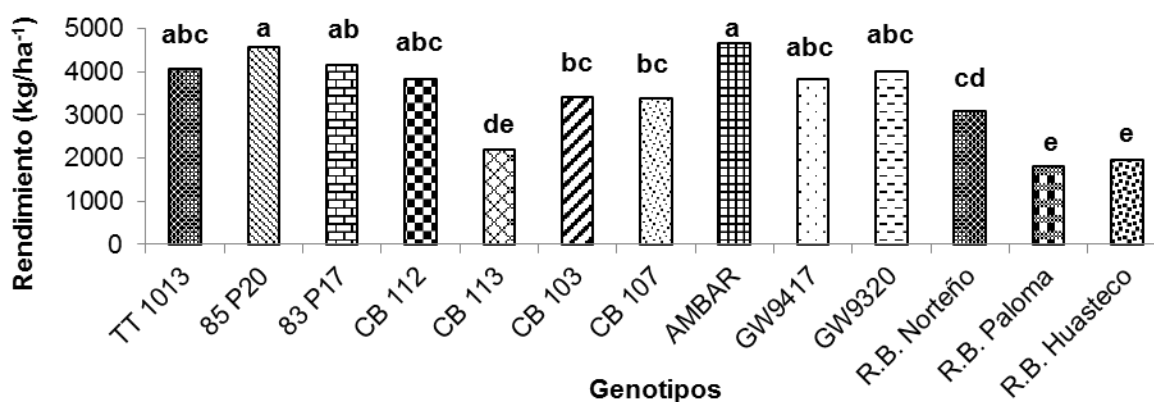


Figura 3. Rendimiento de grano, precipitación y temperatura de materiales evaluados en condiciones de temporal en San Antonio Cayal, Campeche, San Francisco de Campeche. 2014. Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

El rendimiento de grano fue afectado por las condiciones climáticas de la región; al presentarse un déficit hídrico y altas temperaturas en periodos críticos para la formación y llenado de grano, que en algunos caso el rendimiento de grano alcanza un total de 1810 kg/ha^{-1} ; por lo que es vital la comprensión de estas implicaciones para los cultivos agrícolas es fundamental para el desarrollo de sistemas de cultivo resistentes a las tensiones inducidas por el cambio climático (Hatfield, et al., 2011). Trabajos realizados durante el ciclo productivo O-I (2005-2006), se presentó un promedio de rendimiento de 2570 kg/ha^{-1} , el cual fue superior al obtenido en el ciclo productivo O-I (2006-2007) de 2115 kg/ha^{-1} , en el que las diferencias en rendimiento se atribuye a las condiciones climáticas diferentes (Alanís, et al., 2009).

Características agronómicas. Los datos analizados para días a: bota, floración, grano lechoso, grano masoso, grano maduro y altura de planta presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). En promedio todos los materiales presentaron los días a bota, floración, grano lechoso, grano masoso, grano maduro a los 48, 61, 73, 81 y 91 días después de la siembra, y una altura de 141 cm, respectivamente. El CB113, CB107, AMBAR y R.B. Paloma presentaron el mayor ($p \leq 0.05$) número de días a bota con un promedio de 56 a 54 días en comparación al resto de los materiales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza de días a bota, floración, grano lechoso, grano masoso, grano maduro y altura de planta de los materiales de sorgo evaluados en condiciones de temporal en San Antonio Cayal, Campeche, San Francisco de Campeche, 2014.

Genotipos	Numero de días a:					Altura de planta (cm)
	Bota	Floración	Grano lechoso	Grano masoso	Grano maduro	
TT 1013	24f	66 ^a	76b	84ab	95ab	153c
85 P20	48bcd	52c	62d	75bc	85c	139e
83 P17	49bc	53c	64d	75bc	85c	120i
CB 112	51b	65 ^a	72c	76bc	65e	144d
CB 113	56a	66 ^a	76b	84ab	96ab	159b
CB 103	43e	54bc	63d	68c	78d	112j
CB 107	55a	65 ^a	75bc	84ab	95ab	153c
AMBAR	54a	64 ^a	75bc	84ab	95ab	152c
GW9417	46cde	63 ^a	74bc	83ab	95ab	137
GW9320	45e	64 ^a	73bc	83ab	95ab	133g
R.B. Norteño	44e	63 ^a	73bc	83ab	95ab	124h
R.B. Paloma	55a	65 ^a	84 ^a	89a	98a	170 ^a
R.B. Huasteco	46de	57b	74bc	79b	91b	125h
Media general	48	61	73	81	92	141
DMS ($p \leq 0.05$)	3.1	3.6	4.2	9.2	5.0	1.9

Medias con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Observamos que los genotipos 85P20, 83P17 y CB103 (Cuadro 2), presentaron el menor ($p \leq 0.05$) número de días a floración que el resto de los cultivares con 52, 53 y 54 días, respectivamente. El R.B. Paloma obtuvo el mayor ($p \leq 0.05$) número de días a grano lechoso, masoso y maduro con 84, 89 y 98 días, y mayor altura de planta con 170 cm en comparación con los demás materiales genéticos. El estrés hídrico en etapa reproductiva del material Giza 15 y otros híbridos provocó un doble aumento en longitud de la rama lateral y número de panojas. Sin embargo, el rendimiento de grano y peso total de panojas se redujeron significativamente en todos los cultivares debido a este estrés (Ibrahim, et al., 2013).

CONCLUSIONES

La distribución de la precipitación fue irregular en el desarrollo y crecimiento de los materiales de sorgo; lo que ocasionó un ligero marchitamiento de las hojas a los 33 días después de la siembra y un severo marchitamiento de las hojas 10 y 11 a los 50 días después de la siembra en CB113, que fue ocasionado por un déficit hídrico de 15 días y 30 días. A pesar de restricciones de agua; Ámbar y 85P20 presentaron un rendimiento superior ($p \leq 0.05$) al resto de los materiales con 4652 y 4555 kg/ha⁻¹, respectivamente; el cual coincide con nuestra hipótesis planteada. CB113 y R.B. Paloma presentaron el mayor ($p \leq 0.05$) número de días a bota, floración, grano lechoso, grano masoso, grano maduro y altura de planta que el resto de los genotipos.

LITERATURA CITADA

- Alanís, W.H., Quintero, P.V., García, M.N., Velarde, P.O., Cavazos, A.C.G., y Martínez, V.V.A. 2009. Reacción de Variedades de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para Grano a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Revista mexicana de fitopatología*, 27(2), 148-155.
- Barberis, N. y Sanchez, C. 2013. Informe de cultivo de sorgo: evolución y perspectivas. Un análisis de las estadísticas, julio 2013. Boletín Cartilla Digital Manfredi, INTA EEA Manfredi. Pág. 1-14.

- Bitá, C., and Gerats, T. 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in plant science*, 4, 273.
- Doggett, H. 1965. The development of cultivated Sorghum. En: Huchins, S.J.B. (ed.). *Essays on crop plant evolution*. London, UK. Cambridge University Press. 50 p.
- Félix, M.J.G. 2008. Guía del cultivo de sorgo para grano en el norte de Sinaloa. Pág. 7-8.
- García, M.N. y Franco, D.A. 2006. Fitopatología. *In*: Rodríguez del Bosque, L. A. (ed.). *Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de investigación agropecuaria en el norte de Tamaulipas, historia, logros y retos*. 192-213 pp.
- Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., y Wolfe, D. 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy journal*, 103(2), 351-370.
- Ibrahim, A.H., El-Shahaby, O.A., Abo-Hamed, S.A., and Younis, M.E. 2013. Parental drought and defoliation effect on yield, grains biochemical aspects and drought performance of sorghum progeny. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9(1).
- Moreno, G.T. y Hernández, E.L.A. 2011. Producción de semilla de sorgo de polinización libre. *Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa, A.C.* Pág. 7.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H.B., Reyes, F., Oquendo, G. y Milian, I. 2010. Caracterización y potencialidad del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*, 33(1), 1-1.
- Rosenow, D.T., G. Ejeta, L.E. Clark, M.L. Gilbert, R.G. Henzell, A.K. Borrell y R.C. Muchow. 1997. Breeding for pre- and post-flowering drought stress resistance in sorghum. *Proceedings of the International Conference on Genetic Improvement of Sorghum and Pearl Millet*. INTSORMIL., Lincoln, Nebraska. pp. 400-411.
- Statistical Analysis System, Versión 9.0 para Windows. 2002. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- López, M.J.D y Salazar, S.E. 1998. Comparación de genotipos de maíz bajo condiciones deficientes de humedad en el suelo. *Terra*, 16 (4). Pág. 330-335.
- Valdés L., C.G.S. y A. Flores N. 2009. Formación de líneas de sorgo tolerantes a sequía para la sostenibilidad de los agroecosistemas Norestenses. *Agricultura Sostenible Vol. 6. Libro de Memoria. X Simposio Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Villalobos G.A., Medina M.J. y López H.M.B. 2012. Rendimiento de grano de sorgo en el Estado de Campeche, México. *LVII Reunión anual del PCCMCA-Panamá, 2012*. Pág. 252.
- Villalobos, G.A., Hernández, P.M., López, H.M.B., Medina, M.J. y Orona, C.F. 2016. Cantidad y distribución del agua sobre la producción de sorgo bajo temporal en Campeche. *Memoria LXL Reunión Anual del PCCMCA, San José Costa Rica*. Pág. 125.

Referencias informáticas

- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 26 de mayo de 2016.

RENDIMIENTO E INDICE DE COSECHA EN MAÍZ DE RIEGO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGANICA EN LUVISOL RODICO DE YUCATAN.

YIELDS AND HARVEST INDEX IN IRRIGATED CORN WITH ORGANIC AND INORGANIC FERTILIZATION IN RODIC LUVISOL OF YUCATAN

¹Ramírez Silva J.H.*, ¹Tun Dzul J de la C., ¹Cano González A.

¹Investigadores del Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP.
Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.
Autor para correspondencia: ramirez.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los *Luvisoles rodicos*, del estado de Yucatán toman cada día más importancia al ser considerados como los principales suelos arables cultivados con maíz y existir una constante demanda tecnológica para aumentar la productividad. La fertilización es uno de los componentes más demandados debido a su potencialidad para aumentar rendimientos pero, en contraste, es uno de los insumos más caros. En este trabajo se estudió el potencial de rendimiento del maíz con fertilización orgánica e inorgánica evaluando el papel de la biomasa (Índices de Cosecha) en el rendimiento. Se estudiaron 12 tratamientos con fertilizante inorgánico, gallinaza y biofertilizantes distribuidos en Bloques Completamente al Azar. La producción de grano se sometió a un Análisis de Varianza comparando medias con prueba Tukey al 5%. Se cuantificó la acumulación de biomasa (base seca), en tres tratamientos específicos, evaluando producción de tallo, hoja, totemoxtle y fruto, así como su contenido nutrimental al final del ciclo del cultivo con lo que se calculó el Índice de Cosecha de Grano (ICG), Índice de Cosecha de Nitrógeno (ICN) y cantidad de N en biomasa para producir una tonelada de grano. Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes, siendo el tratamiento **(120-80-00)+Gallinaza+Biofertilizante** el más sobresaliente con 10.58 Ton/ha el cual obtuvo un rendimiento relativo del 149.64% con respecto al menos sobresaliente (00-00-00). El ICG varió de 0.49 a 0.63 de acuerdo a lo reportado por la literatura. El ICN fluctuó entre 0.71 y 0.81 sugiriendo que entre 71% y 81% del N total de la biomasa se concentra en el grano. Para producir una tonelada de grano por hectárea se requiere que la biomasa total extraiga y acumule entre 15.54 y 18.35 Kilogramos de Nitrógeno.

Palabras clave: Índice de Cosecha, Biomasa, Nutrientes.

INTRODUCCIÓN

Cada día los *Luvisoles rodicos*, del estado de Yucatán toman importancia por considerarse los principales suelos arables cultivados con maíz y existir una constante demanda tecnológica para aumentar la productividad. La fertilización es uno de los componentes más demandados debido a su potencialidad para aumentar rendimientos, pero, en contraste, es uno de los insumos más caros.

En el 2013 se sembraron en el estado de Yucatán 5,936 ha obteniendo solamente 3.42 ton/ha bajo riego, considerado como muy bajo al compararlo con rendimientos contrastantes de 5.39 ton/ha del estado de Campeche.

Este trabajo tiene como objetivo de estudiar el potencial de rendimiento del maíz al aplicar diferentes dosis (solos o combinados) de fertilización inorgánica y orgánica; así como evaluar el papel de la biomasa y su contenido nutrimental (Índices de Cosecha) en el rendimiento de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Característica de sitio y establecimiento. El experimento se estableció en un suelo *Luvisol ródico* del Sitio Experimental Uxmal del INIFAP en el Sur del estado de Yucatán, con Ph neutro (7.0), baja Conductividad Eléctrica (0.43 mS/cm) y CIC de 25 meq/100 gr. Se encuentran rangos óptimos de Nitrógeno Nitrato, Fósforo, Calcio y excesos de Potasio.

El experimento se estableció en septiembre del 2015 con maíz H-526 de grano blanco en unidades experimentales de 5m x 4m (20 m²), estableciendo 4 hileras de maíz de 5 m de longitud, separadas 1.0 m y población real establecida de 60,000 Plantas/ha. La parcela útil fue de 2 x 4m (8m²) conformada por las dos hileras centrales dejando 0.5 m de orilla en cada lado.

Tratamientos, Diseño Experimental, Variables y análisis estadístico.

Se estudiaron 12 tratamientos de fertilización resultado de la combinación de la fertilización inorgánica N-P₂O₅-K₂O (80-40-00, 120-80-00 y 00-00-00) con dos dosis de gallinaza (0 y 5 ton ha⁻¹) y dos dosis de biofertilizante (Azospirillum + micorriza) (0% y 100%). La gallinaza se aplicó al voleo sobre el surco de siembra antes del establecimiento, el biofertilizante impregnado a la semilla; el fertilizante inorgánico se realizó con Fosfato Diamónico (18-46-00) a los ocho días de la emergencia, complementando la dosis con urea 12 días antes del inicio de la etapa reproductiva. Los tratamientos se distribuyeron en un Diseño de Bloques Completamente al Azar con dos repeticiones.

Las variables evaluadas fueron producción de grano en Ton/ha al 13% de humedad sometida a un Análisis de Varianza comparando medias con la prueba Tukey al 5%. Con información sobre: producción de biomasa (base seca), de tallo, hoja, totomoxtle y fruto, al final del ciclo del cultivo, se calculó el Índice de Cosecha de Grano (ICG), para tres tratamientos extremos (00-00-00, 120-160-00, 120-80-00+Gallinaza). Para esto se tomaron al azar dos plantas con competencia completa en la repetición I.

El contenido nutrimental de Nitrógeno (N) para los componentes de la biomasa: tallo, hoja grano fue analizado para calcular el Índice de Cosecha de Nitrógeno (ICN), definido como el porcentaje de N en la biomasa extraído por el grano. También se calculó la cantidad de N (Kg/ha) necesario para producir una tonelada de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de grano y análisis estadístico

En el cuadro 1 se observan los rendimientos de maíz (Ton/ha) a humedad comercial del 13% así como los rendimientos relativos (%) de cada tratamiento y la comparación de medias por prueba Tukey al 5%.

Cuadro 1. Rendimientos comerciales (Ton/ha), relativos (%) y comparación de medias (Tukey 5%) para maíz con fertilización orgánica e inorgánica en un Luvisol ródico de Yucatán. Septiembre-Enero, 2015.

Tratamiento	Ton /Ha			Rendimiento Relativo (%)	Comparación medias
	I	II	□		
(120-800)+Gallinaza+Biofertilizante.	10.58	10.58	10.58	149.64	a
(80-40-00)+Gallinaza+ Biofertilizante.	10.29	10.27	10.28	145.40	ab
(120-160-00)	10.21	9.82	10.02	141.72	abc
(120-80-00) + Gallinaza	8.26	9.09	8.68	122.77	abc
120-120-00	9.24	7.99	8.62	121.92	abc
(80-40-00)	8.48	8.32	8.40	118.81	abc
linaza	8.05	8.07	8.06	114.00	abc
(80-40-00) + Gallinaza	9.14	6.98	8.06	114.00	abc
(120-80-00)	7.46	8.65	8.06	114.00	abc
(120-80-00) + Biofertilizante	7.49	7.86	7.67	108.48	abc
Biofertilizante.	7.09	7.55	7.32	103.53	bc
(00-00-00)	6.09	8.05	7.07	100.00	c

Producción de Biomasa

El Análisis de Varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos con un Coeficiente de Variación de 8.85%. El (120-80-00) + Gallinaza + Biofertilizante fue sobresaliente (a) estadísticamente, seguido de (80-40-00 + Gallinaza + Biofertilizante (ab). Existen ocho tratamientos estadísticamente iguales (abc), los cuales coinciden con tratamientos inorgánicos solos, o bien combinados parcialmente ya sea con Gallinaza o con Biofertilizante pero no ambos. El testigo absoluto (00-00-00) fue el más bajo estadísticamente (c).

Existe una tendencia clara de la influencia que tienen los tratamientos de índole orgánica cuando se mezclan (Gallinaza+Biofertilizante) y se combinan con la fertilización inorgánica. El (120-80-00) + Gallinaza + Biofertilizante obtuvo el rendimiento más alto con 10.58 Ton/ha seguido del (80-40-00) +

Pollinaza + Biofertilizante con 10.28 Ton/ha. El tratamiento inorgánico con la dosis más alta estudiada (120-160-00) obtuvo un rendimiento promedio de 10.02 Ton/ha.

Los tratamientos orgánicos, por si solos, no contribuyen a un aumento significativo de los rendimientos. La combinación Gallinaza+Biofertilizantes crean sinergias importantes para un incremento de la producción. De todas maneras los rendimientos siguen siendo satisfactorios al tener 8.68 Ton/ha con (120-80-00) + Pollinaza; 8.06 Ton/ha con Pollinaza; 8.06 Ton/ha con (80-40-00) + Pollinaza; 7.67 Ton/ha con (120-80-00) + Biofertilizante y 7.32 con Biofertilizante solo.

El tratamiento con Biofertilizante es solamente un 3% superior al tratamiento testigo absoluto (00-00-00), indicando poca respuesta a la aplicación del Biofertilizante (Azospirillum + Micorrizas). Esto puede estar relacionado con los contenidos relativamente altos de Nitrógeno asimilable (N-NO₃) y Materia Orgánica (%) encontrados originalmente en el suelo.

En la Figura 1 se exponen los rendimientos de biomasa (Kg/ha), base seca, de tres tratamientos específicos. El testigo absoluto (00-00-00) obtuvo la producción más baja de biomasa total con 10,800 kg/ha seguida del tratamiento (120-160-00) con 12,190 Kg/ha y el (120-80-00)+Gallinaza con 14,798 Kg/ha. La cantidad de Biomasa presenta una estrecha relación con los rendimientos de grano, al 13% humedad, obtenidos en el tratamiento testigo absoluto (00-00-00) vs (120-160-00) cuyos rendimientos promedio fueron 7.07 y 10.02 Ton/ha respectivamente (Cuadro 3). El tratamiento (120-80-00)+Gallinaza obtuvo un rendimiento promedio de 8.68 Ton/ha aun cuando la biomasa fue más alta que el (120-160-00).

Estos resultados coinciden con las apreciaciones de Karlen et al. (1987) quien sugiere que los rendimientos se relaciona bien con el aumento de materia seca y la consecuente acumulación de nutrientes; con esto se puede cuantificar con mayor certeza el consumo nutrimental de un cultivo de la siembra a la cosecha, precisando la cantidad mínima requerida para obtener un rendimiento determinado (Bertsch, 2004). Sin embargo en este trabajo preliminar la acumulación de la biomasa no necesariamente se relaciona con el rendimiento de grano; como fue el caso del tratamiento (120-80-00)+Gallinaza de la Figura 1.

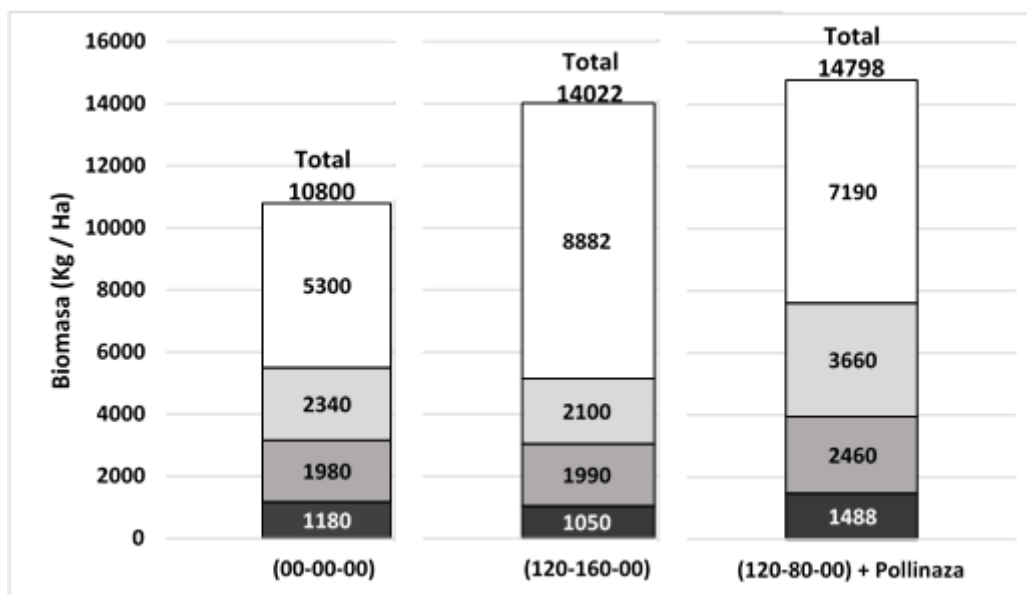


Figura 1. Producción de Biomasa base seca (Kg/ha) con diferentes tratamientos de fertilización en un suelo Luvisol ródico de la Península de Yucatán. Sitio Experimental Uxmal-INIFAP.2015. Totomoxtle ■ Hoja ■ Tallo ■ Grano □

Producción de Biomasa e Índices de Cosecha.

En los cuadros 2, 3 y 4 se expone la cantidad de Nitrógeno (Kg/ha) extraído por cada componente de la biomasa, considerando el % de N encontrado en cada uno de ellos. Para el testigo absoluto (00-00-00), referido en el Cuadro 2, el 22% de la biomasa total se concentra en tallo, 18% en hoja, 11% totomoxtle y 49% en grano. El índice de cosecha de grano referido al 0.49 (49%) está en el rango

considerado en la literatura (Cimpiatti et al. 2010). En este tratamiento el contenido de N en Tallo (0.44%), Hoja (0.43%) y Totomoxtle (0.44%) no varían; en contraste con el grano con 1.34% de N. Al ser esos porcentajes de N extrapolados a la cantidad de biomasa, producida por cada componente morfológico, se encuentra que el grano acumula 71.02 Kg de N/ha el cual representa el 75% del total (95.02 Kg de N/ha) extraído por la planta; es decir un ICN de 0.75 de acuerdo también con lo reportado por la literatura. En el tratamiento testigo, se requirieron 13.40 Kg N/ha extraído por el grano para poder producir una tonelada del mismo; o en su caso 17.90 Kg N/ha requeridos por la biomasa para producir una tonelada de grano.

Al considerar el tratamiento (120-160-00), del Cuadro 3, se observa una producción de biomasa total de 14,022 Kg/ha, distribuyéndose el 15% en tallo, 14% en hoja, 7.4% en totomoxtle y 63% en grano. Siendo el ICG un índice apropiado (0.63) de acuerdo a los rangos previstos por la literatura.

Cuadro 3. Producción (Kg/ha base seca) de biomasa e Índice de Cosecha de Grano y de N en tratamiento (120-160-00) en Luvisol ródico de Yucatán. Sitio Experimental Uxmal-INIFAP. Septiembre-Febrero, 2015.

Tratamiento	Parámetro	Biomasa (B.S)					
		Tallo	Hoja	Totomoxtle	Grano		Biomasa Total (M.S)
					(13% H)	(0% H)	
(120-160-00)	Kg / Ha	2,100	1,990	1,050	10,210	8,882	14,022
	IC. (Biomasa)	0.15	0.14	0.074		0.63	
	N (%)	0.38	0.68	0.36		1.27	
	Kg N/ha para 1 Ton de biomasa	3.80	6.80	3.60		12.70	26.90
	ICN	0.057	0.097	0.027		0.81	

El contenido de N (%) en hojas fue mayor (0.68%) al aplicar (120-160-00) vs 0.43% del (testigo absoluto). Al calcular el Nitrógeno extraído en Kg/ha, se encuentra que la biomasa total extrae 138.09 Kg de N/ha acumulándose el 81% en grano; es decir un ICN del 0.81. Para este tratamiento se necesitaron 12.70 Kg N/ha en el grano y 15.54 en la biomasa total para producir una tonelada de grano.

Cuando se combina el fertilizante inorgánico más orgánico, (120-80-00) + Gallinaza (Cuadro 4) la biomasa aumenta hasta 14,798 Kg/ha; es decir 3,998 kg/ha más que el tratamiento testigo absoluto (Cuadro 2) y 776 Kg/ha más que el tratamiento con la máxima cantidad de N y P estudiada (120-160-00). El ICG para este tratamiento combinado fue de 0.49 mientras que el ICN de 0.71. La cantidad de N necesaria, en el grano, para producir una tonelada fue de 13.0 KgN/ha; mientras que en la biomasa se requieren 18.35 KgN/ha.

CONCLUSIONES

- La producción de maíz se potencializa al aplicar cantidades adecuadas de fertilizantes inorgánicos, solos o combinados con gallinaza y/o biofertilizantes.
- El tratamiento (120-80-00)+Gallinaza+Biofertilizante fue el más sobresaliente con 10.58 Ton/ha.
- El ICG varió de 0.49 a 0.63 indicando que entre el 49% y el 63% de la biomasa total pertenece a la producción de grano.
- El ICN fluctuó entre 0.71 y 0.81 sugiriendo que entre 71% y 81% del N total de la biomasa se concentra en el grano.
- Para producir una tonelada de grano por hectárea se requiere que la biomasa extraiga entre 15.54 y 18.35 Kg N/ha y entre 12.70 y 13.40 Kg N/ha por el grano.

Cuadro 4. Producción (Kg/ha base seca) de biomasa e Índice de Cosecha de Grano y de N en Tratamiento (120-80-00) + Gallinaza en Luvisol ródico de Yucatán. Sitio Experimental Uxmal-INIFAP. Septiembre-Febrero, 2015.

Tratamiento	Parámetro	Biomasa (B.S)					
		Tallo	Hoja	Totomoxtle	Grano		Biomasa Total (M.S)
					(13% H)	(0% H)	
(120-80-00) + Gallinaza	Kg / Ha	3,660	2,460	1,488	8,270	7,190	14,798
	IC (Biomasa)	0.25	0.17	0.10		0.49	
	N (%)	0.37	0.8	0.36		1.30	
	Kg N/ha para 1 Ton de biomasa	3.70	8.00	3.60		13.00	28.30
	ICN	0.10	0.15	0.04		0.71	

LITERATURA CITADA

- Bertsch, F. 2004. Utilidad de los estudios de absorción de nutrimentos en el afinamiento de las recomendaciones de fertilización. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Manabí Ecuador p.1-22.
- Cimpiatti, I.A., M. Boxler y F. García. 2010. Nutrición de Maíz: Requerimientos y absorción de nutrientes. Informaciones Agronómicas de Cono Sur N°48. IPNI Cono Sur. Buenos Aires, Argentina. 48:14-18.
- Karlen, D.L., E.J. Sadler & C.R. Camp. 1987. Dry matter, N, P and K accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. Agronomy Journal 79:649-656.

LOS BIOFERTILIZANTES COMO TECNOLOGÍA POTENCIAL, PARA ELEVAR LA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN VERACRUZ, MÉXICO

BIOFERTILIZERS AS POTENTIAL TECHNOLOGY FOR INCREASING PRODUCTION AND PROFITABILITY OF IMPROVED VARIETIES OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) IN VERACRUZ, MEXICO

Durán Prado A.¹, Vásquez Hernández A.¹, Meneses Márquez I. y Aguirre Medina J. F.²

¹INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Km. 34.5 Carretera Fed. Veracruz-Córdoba, Mpio. de Medellín de Bravo, Ver., México. C. P. 94270. ²INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chis., México. Apartado Postal Núm. 96 C. P. 30700 Tapachula, Chis., México.

Autor para correspondencia: *durán.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trabajo se estableció en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, durante los meses de octubre de 2000 a enero de 2001. Los objetivos fueron reducir la fertilización química recomendada para frijol con la aplicación de los biofertilizantes *Rhizobium* y Micorriza INIFAP en al menos 33 a 66% en parcela de validación. Se sembraron seis variedades de frijol: 1). Negro INIFAP; 2). Negro Medellín; 3) Negro Tropical, 4) Negro Tacaná; 5) UCR-55 y 6) DOR-448 a una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹. En total se evaluaron siete tratamientos de los cuales cinco fueron inoculados a la semilla: 1). *Rhizobium* + Micorriza + 26-26-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O; 2). Sin biofertilizante + 40-40-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O; 3). Testigo absoluto (00-00-00); 4). *Rhizobium* + Micorriza (00-00-00); 5) *Rhizobium* + Micorriza + 13-13-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O; 6). *Rhizobium* (00-00-00) y 7). Micorriza (00-00-00). Se utilizó un parcelas completamente al azar con cuatro repeticiones. La variable principal fue rendimiento de grano de frijol (kg ha⁻¹) ajustado al 14% de humedad y se realizó el análisis económico (CIMMYT, 1988). De acuerdo al rendimiento de frijol promedio de las variedades, se manifestaron como los tres mejores tratamientos validados: el tratamiento 1, 2 y 5 que corresponden el 1 y el 5 a la aplicación de 2/3 y 1/3 de la fertilización recomendada complementados con *Rhizobium* y Micorriza, el segundo mejor tratamiento fue el tratamiento 2) Sin biofertilizante y fertilizado con 40-40-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O; tratamiento que aplican productores con capacidad económica en Veracruz. El análisis económico, indicó que puede sustituirse al menos del 33% al 66% la fertilización química nitrogenada con *Rhizobium* y fosfatada con Micorriza INIFAP ambos aplicados en los genotipos Negro Medellín, Negro Tacaná, DOR-448 y Negro INIFAP.

Palabras clave: Biofertilizantes, *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizobium* sp., micorriza.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el estado de Veracruz, se siembran anualmente 33,984 hectáreas, y se producen 22,919 toneladas (SIAP, 2013) con un rendimiento promedio de 0.62 t ha⁻¹ en 2014, ese mismo año a nivel nacional se cosecharon 1'755,000 ha con un volumen de producción de 1'294,634 toneladas con rendimiento promedio de 0.74 t ha⁻¹, el valor de la producción ascendió a 12,832 millones de pesos (SIAP, 2014), ante este escenario los productores de frijol del área tropical de Veracruz requieren de manera urgente tecnologías prácticas, eficientes y redituables, que logren que dichos productores de escasos recursos económicos recuperen y mantengan su productividad, sin que los costos de producción sean elevados. En base a esta situación que enfrentan los productores en Veracruz, el INIFAP ofrece algunas alternativas pertinentes para satisfacer las necesidades de abasto nutrimental de esta leguminosa, ya que esta se cultiva en suelos marginales de baja fertilidad nativa, aunado a problemas de fuerte acidez que limita la pobre fijación biológica de nitrógeno (Graham, 1981) y al bajo nivel de fósforo (Hernández *et al.*, 1985 y Graham, 1981), deficiencias y/o toxicidades de elementos (N, P, Ca, S, Mn), que limitan la obtención de una productividad sostenible, aún con el empleo de variedades mejoradas con la característica de buena producción en condiciones adversas de suelo como es el caso de la variedad Negro INIFAP, la cual requiere un abasto mínimo necesario ya sea de fertilizante químico o de biofertilizantes eficientes

como sería la simbiosis de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*) así como también de la asociación de hongos benéficos como micorriza-arbuscular (*Glomus intraradices*), estos dos últimos de fácil aplicación por parte del productor y de menor costo que los fertilizantes químicos. Ante esta problemática, México importa en promedio más de 82,295 toneladas con un valor de 84.5 millones de dólares (SIAP, 2015) para abastecer la demanda de la población de poco más de 120 millones de habitantes. En consecuencia algunos autores han reportado que los inoculantes con dos cepas de *Rhizobium* sobresalientes (USDA -2674 y USDA-2667) responden favorablemente en Papantla, Ver., de 11% a 24% y en Papaloapan en suelo ácido de (pH de 4.7) con las cepas (487 y CM-12) de 19 a 29% de incrementos de rendimiento respecto al control sin inoculación (Durán, et al., 1993). Al evaluar 46 genotipos de frijol tolerantes a bajo fósforo del suelo ácido con pH de 4.5 se detectaron tres genotipos eficientes en la fijación biológica de nitrógeno como BAT-1467, TLP-22 y DOR-446 con los cuales se puede reducir del 50 al 100% la fertilización química nitrogenada. (Durán, et al., 2007). Como tecnología llave en mano el INIFAP recomienda la inoculación de frijol con la mezcla de cepas (151, 477 y 613) para utilizarse en variedades de frijol tropical como Jamapa, Negro Veracruz, Negro Huasteco-81 Negro Tacaná y Negro INIFAP (Durán, 1999). Chailloux (1997) aisló y evaluó cepas de *Rhizobium* específicas y eficientes para frijol en diferentes agroecosistemas en Cuba, las cuales son capaces de aportar hasta el 75% de los requerimientos nitrogenados del cultivo. En Brasil reportaron que al evaluar la respuesta de frijol a la inoculación con cepas de *Rhizobium*, se lograron incrementos en el rendimiento de grano de 189%, 282% y 314% en las variedades Negro Argel, Capixaba Precoce y C-178, respectivamente, comparados con los testigos sin inocular (Vargas et al., 1991). Ramírez citado por Alvarado et al., (1994), mencionó que la nutrición del frijol con nitrógeno se puede resolver parcialmente buscando mejorar la fijación biológica de nitrógeno con cepas de *Rhizobium* tolerantes a la acidez del suelo y poco exigentes en fósforo. Existen variedades mejoradas de frijol como el Pinto Villa el cual su rendimiento se incrementó en 40% al fertilizar con nitrógeno y en 25% cuando se inoculó con *Rhizobium*, respecto al rendimiento del testigo absoluto (Acosta et al., 1993). El INIFAP a través del Programa Nacional de Biofertilizantes logró incrementos de rendimiento promedio en frijol de 22.1% con el empleo de biofertilizantes a nivel nacional (Aguirre et al., 2010). Grageda-Cabrera 1990 citado por (Aguirre, et al., 2007), menciona que la respuesta del frijol a *Rhizobium etli* ha sido muy variable, sin embargo en Querétaro la cepa *R. etli* fue superior en 31% en rendimiento al testigo sin biofertilizar, mientras que el hongo *Glomus intraradices* indujo incrementos que van de 17 y 25% en el rendimiento de frijol en el estado de México y Tlaxcala, respectivamente. En consecuencia los objetivos del presente trabajo fueron reducir la fertilización química recomendada del frijol con la aplicación de los biofertilizantes *Rhizobium* y Micorriza INIFAP en al menos 33 a 66%.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el C. E. Cotaxtla ubicado entre 18° 56' 9.47" de latitud Norte y 96° 11' 32.31" de longitud Oeste a una altitud de 17 metros sobre el nivel del mar. Se estableció durante el ciclo de otoño-invierno 2000-2001, una parcela de validación de 1.0 ha en el Lote C5, en suelo fluvisol, con un pH de 6.04 y 6.03 a 0-15 y 15-30 cm de profundidad (Cuadro 1). La fecha de siembra fue el 16 de octubre de 2000 y la fecha de cosecha el 17 de enero de 2001. Se aplicaron las recomendaciones agronómicas del INIFAP para el cultivo de frijol para esta zona de surcado, control de malezas, plagas y enfermedades oportunamente, la cosecha fue manual cuando la planta había tirado todas sus hojas y las vainas empezaron a secarse en campo.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo donde se desarrolló la evaluación de biofertilizantes en seis variedades de frijol. Ciclo Otoño-Invierno 2000-2001.

Profundidad	%						ppm
(cm)	pH	Arena	Arcilla	Limo	M. O.	N	P
0-15	6.04	31.2	16.8	52.0	2.27	0.114	201.0
15-30	6.03	40.2	11.8	48.0	1.56	0.078	172.0

*)= Análisis realizado en el Laboratorio de suelos, agua y plantas del C. E. Cotaxtla. INIFAP.

Se emplearon seis variedades de frijol negro adaptados al trópico mexicano las cuales fueron: 1). Negro INIFAP; 2). Negro Medellín ; 3) Negro Tropical, 4) Negro Tacaná; 5) UCR-55 y 6) DOR-448, a estas se validaron siete tratamientos de 1,666 m² cada uno: 1). *Rhizobium* (Rh.) + Micorriza (MA) + 26-26-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente; 2). Sin biofertilizante + 40-40-00 kg ha⁻¹ de N,

P₂O₅ y K₂O, respectivamente; 3). Testigo absoluto (00-00-00); 4). *Rhizobium* + Micorriza (00-00-00); 5) *Rhizobium* + Micorriza + 13-13-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; 6). *Rhizobium* (00-00-00) y 7). Micorriza (00-00-00), los cuales se indican en el Cuadro 2. La dosis de *Rhizobium* fue de 0.350 kg ha⁻¹, y de la Micorriza arbuscular INIFAP (*Glomus intraradices*) fue de 1.0 kg ha⁻¹ (Durán y Aguirre, 2008) aplicados solos o combinados a 45 kg ha⁻¹ de semilla de frijol mediante un adherente a base de carboxi metil celulosa en dosis de 60 ml ha⁻¹, una vez aplicados se dejaron secar a la sombra para su siembra en el campo. El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP (López *et al.*, 1994). Se evaluaron en total tratamientos derivados de seis variedades y siete tratamientos de El tamaño de las parcelas fueron franjas de 27 surcos de 0.6 m de ancho y 100 m de longitud dentro de las cuales se distribuyeron los siete tratamientos a validar el tamaño de parcela fue de cuatro surcos de 0.60 m de ancho y de 14.0 m de longitud con cuatro repeticiones se cuantificó el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad en kg ha⁻¹. Con estos datos se realizó un análisis económico mediante la metodología de CIMMYT (1988) con los datos de precio del producto en el año 2001.

Cuadro 2. Tratamientos de fertilización química y biofertilizantes evaluados en seis variedades de frijol en Veracruz. Ciclo Otoño-Invierno 2000-2001.

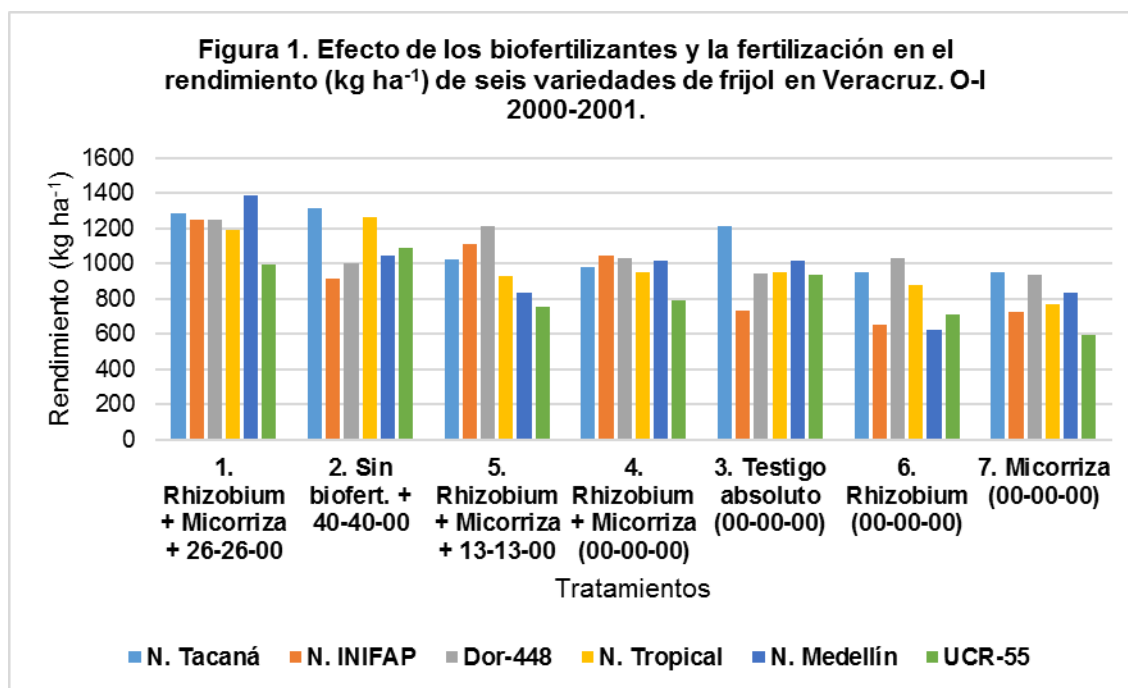
Nº Trat.	Biofertilizante	Fertilización química (kg ha ⁻¹ N-P-K)
1	<i>Rhizobium</i> (Rh.) + Micorriza (MA)	26-26-00
2	Sin biofertilizante	40-40-00
3	Testigo absoluto	00-00-00
4	<i>Rhizobium</i> (Rh.) + Micorriza (MA)	00-00-00
5	<i>Rhizobium</i> (Rh.) + Micorriza (MA)	13-13-00
6	<i>Rhizobium</i> (Rh.)	00-00-00
7	Micorriza (MA)	00-00-00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de rendimiento de grano ajustados al 14% de humedad, indican que la mejor producción promedio fue de Negro Tacaná con 1102 kg ha⁻¹, le siguió la variedad Negro INIFAP con 1089 kg ha⁻¹, enseguida por DOR-448 con 1057 kg ha⁻¹, después Negro Tropical produjo 991 kg ha⁻¹, en quinto lugar la variedad Negro Medellín con 966 kg ha⁻¹, y la de menor producción promedio fue la línea UCR-55 que obtuvo 839 kg ha⁻¹, la cual fue superada en 31.3%; 29.7%; 25.9%; 18.1% y 15.1% respectivamente por las variedades antes mencionada. Los tratamientos validados que reportaron los mejores rendimientos promedio fueron 1). *Rhizobium* + Micorriza + 26-26-00 con 1226 kg ha⁻¹, los genotipos que reportaron el mayor rendimiento con este tratamiento fueron Negro Tropical, Negro INIFAP y DOR-448, con 1389 kg ha⁻¹, 1286 kg ha⁻¹ y 1250 kg ha⁻¹ respectivamente (Figura 1); el segundo mejor tratamiento fue el 2). Sin biofertilizantes y 40-40-00 kg ha⁻¹ de N-P-K que produjo en promedio 1103 kg ha⁻¹, los genotipos que respondieron mejor a este tratamiento fueron con la variedad Negro Tacaná, la variedad Negro Tropical y la línea UCR-55 con 1310 kg ha⁻¹; 1262 kg ha⁻¹ y 1042 kg ha⁻¹; el tratamiento que ocupó el tercer sitio fue el 5). *Rh.* + MA + 13-13-00 kg ha⁻¹ de N-P-K con 977 kg ha⁻¹, los materiales que respondieron con los mejores rendimientos de grano fueron DOR-448, Negro INIFAP y Negro Tacaná, los cuales produjeron 1210 kg ha⁻¹; 1111 kg ha⁻¹ y 1024 kg ha⁻¹ respectivamente; de los tres tratamientos antes descritos, sólo los dos primeros superaron al tratamiento 3. (Testigo absoluto, sin biofertilizante y 00-00-00) con 16.91% y 14.18% respectivamente coinciden con incrementos respecto al testigo sin inocular con los reportados por Durán *et al.*, (1993); Grageda-Cabrera (1990) citado por Aguirre *et al.*, (2007) el rendimiento de grano promedio fue de 1007 kg ha⁻¹, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.05$) con un coeficiente de variación de 12.28% (Cuadro 3).

En el Cuadro 4, en base al análisis económico realizado con la metodología del CIMMYT (1988), se reportan los beneficios netos (BN) en \$ ha⁻¹ obtenidos por los genotipos en respuesta a los siete tratamientos de biofertilización validados y como resultado del análisis económico este parámetro indica la bondad del tratamiento T1). *Rhizobium* + Micorriza + (26-26-00 kg ha⁻¹ de N. P₂O₅ y K₂O respectivamente) en cada uno de los genotipos en estudio, se observa que el tratamiento T1, obtuvo su mayor ingreso neto (IN) en dos genotipos principalmente: Negro Medellín y Negro Tacaná con \$5,444.80 y \$4,620.00, con índices de beneficio costo (B/C) de 1.96 y 1.81 respectivamente, los otros

cuatro genotipos ofrecieron índices desde 1.40 hasta 1.76, los cuales son aceptables, esto indica que los seis genotipos evaluados responden positivamente a este tratamiento. El tratamiento 2), corresponde al fertilizado químicamente con 40-40-00 kg ha⁻¹ de N. P₂O₅ y K₂O respectivamente sin biofertilizante, y se aprecia que todos los genotipos responden a este insumo químico y que la variedad Negro Tacaná y Negro Tropical presentan los máximos índices de B/C de 1.71 y 1.65 respectivamente. Otro tercer mejor tratamiento fue el T5). *Rhizobium* + Micorriza + (13-13-00 kg ha⁻¹ de N. P₂O₅ y K₂O respectivamente) con las mejores respuestas en los genotipos DOR-448 y Negro INIFAP con índices de 1.73 y 1.59 respectivamente, estos resultados indican que el frijol biofertilizado puede disminuir su fertilización química como lo reportan Durán *et al.*, (2007); Vargas *et al.*, (1991); así como Ramírez *et al.*, (1991) citados por Alvarado *et al.*, (1994) y como lo recomienda el INIFAP (Durán, 1999).



Cuadro 3. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de variedades de frijol en respuesta a la fertilización química y biológica en Veracruz. Ciclo Otoño-Invierno 2000-2001.

N° Trat.	N. Tacaná	N. INIFAP	Dor-448	N. Tropical	N. Medellín	UCR-55	Media*
1. Rh. + MA + 26-26-00	1286	1250	1250	1190	1389	992	1226 a
2. Sin biofert. + 40-40-00	1310	917	1000	1262	1042	1091	1104 ab
5. Rh. + MA + 13-13-00	1024	1111	1210	929	833	754	976 bc
4. Rh. + MA (00-00-00)	976	1042	1028	952	1019	794	968 bc
3. Testigo absoluto	1214	736	944	952	1019	933	966 bc
6. Rh. (00-00-00)	952	653	1032	881	625	714	809 c
7. MA (00-00-00)	952	722	933	771	833	595	801 c
Media	1102	1089	1057	991	966	839	1007
C. V. (%)							12.28

ANOVA							**

&: Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Cuadro 4. Análisis económico, Beneficio Neto (BN) y relación Beneficio/Costo (B/C) de seis variedades de frijol negro a tratamientos de biofertilizantes. C. E. Cotaxtla. Ciclo O-I 2000-2001.

Nº Trat.	Negro Tacaná	Negro INIFAP	Dor-448	Negro Tropical	Negro Medellín	UCR-55
1 BN \$ ha ⁻¹	4,620.80	4,332.80	4,332.80	3,852.80	5,444.80	2,268.80
1 B/C	1.81	1.76	1.76	1.67	1.96	1.40
2 BN \$ ha ⁻¹	4,370.00	1,226.00	1,890.00	3,980.00	2,226.00	2,618.00
2 B/C	1.71	1.20	1.30	1.65	1.36	1.42
5 BN \$ ha ⁻¹	2,620.40	3,316.40	4,108.40	1,860.40	1,092.0	460.40
5 B/C	1.47	1.59	1.73	1.33	1.19	1.08
4 BN \$ ha ⁻¹	2,456.00	2,984.00	2,872.00	2,264.00	2,800.00	1,000.00
4 B/C	1.45	1.55	1.53	1.42	1.52	1.18
3 BN \$ ha ⁻¹	4,392.00	568.00	2,232.00	2,296.00	2,832.00	2,144.00
3 B/C	1.82	1.10	1.41	1.43	1.53	1.40
6 BN \$ ha ⁻¹	2,284.00	-108.00	2,924.00	1,760.00	-332.00	380.00
6 B/C	1.42	0.97	1.54	1.32	0.93	1.07
7 BN \$ ha ⁻¹	2,274.00	431.00	2,127.00	826.00	1,322.00	-582.00
7 B/C	1.42	1.08	1.39	1.15	1.24	0.89

En el Cuadro 5, se muestran los resultados del análisis económico del rendimiento promedio de las seis variedades de frijol evaluadas en respuesta a los tratamientos de biofertilizantes aplicados, en este cuadro se observa que el tratamiento de menor costo variable fue el T3) Testigo absoluto (00-00-00) con un costo de producción de \$5,320.00 ha⁻¹, mismo que junto con los tratamientos 2, 4, 5, 6 y 7 los cuales tuvieron una relación beneficio costo (B/C) de 44, 44, 40, 21 y 20% de margen de utilidad recuperado por cada peso invertido los cuales fueron superados por el tratamiento T1) que logró la mayor relación B/C de 1.73, recuperando 73 centavos además del peso invertido en aplicar *Rhizobium* + Micorriza + 26-26-00 kg ha⁻¹ de N. P₂O₅ y K₂O respectivamente, siendo de 42.87% más barato que el tratamiento T2) Sin biofertilizante + 40-40-00 kg ha⁻¹ de N. P₂O₅ y K₂O respectivamente.

Cuadro 5. Análisis económico, Beneficio Neto (\$ ha⁻¹) y relación Beneficio/Costo (B/C) del rendimiento promedio de seis variedades de frijol a tratamientos de biofertilizantes. Ciclo O-I 2000-2001.

Nº Trat.	Rend. (kg ha ⁻¹)	Beneficio Bruto (\$ ha ⁻¹)	Costo variable (\$ ha ⁻¹)	Costo de producción (\$ ha ⁻¹)	Beneficio Neto (\$ ha ⁻¹)	Relación (B/C)
1	1,226	8,582.00	287.20	5,607.20	2,974.80	1.73
2	1,104	7,728.00	502.80	6,110.00	1,618.00	1.44
3	966	6,762.00	0.00	5,320.00	1,442.00	1.45
4	968	6,776.00	32.00	5,352.00	1,424.00	1.44
5	976	6,832.00	159.60	5,511.60	1,320.40	1.40
6	809	5,663.00	12.00	5,332.00	331.00	1.21
7	801	5,607.00	22.00	5,342.00	265.00	1.20

CONCLUSIONES

1. Los mejores tratamientos evaluados fueron el T1, T2 y T5 que corresponden el T1 y el T5 a la aplicación de 2/3 y 1/3 de fertilizante químico recomendado complementados con la inoculación de *Rhizobium* y Micorriza INIFAP, el segundo mejor tratamiento fue el tratamiento T2) Sin biofertilizante y fertilizado con 40-40-00 tratamiento que aplican los productores con solvencia económica en Veracruz.

2. En este trabajo se determinó que las variedades de frijol de mejor respuesta a la aplicación de biofertilizantes bacterianos y micorrízicos fueron Negro Medellín, Negro INIFAP, DOR-448 y Negro Tropical, con rendimientos superiores a los 1111 kg ha⁻¹, con lo que se asevera que existen variedades con mayor simbiosis que otras a estos insumos biológicos en un suelo fluvisol y en condiciones tropicales de Veracruz.
3. El análisis económico indicó que puede sustituirse el 33% y 66% la fertilización química al suelo, mediante el uso de biofertilizantes como *Rhizobium* y Micorriza INIFAP ambos aplicados a la semilla antes de la siembra en los genotipos Negro Medellín, Negro INIFAP, DOR-448 y Negro Tropical en el centro de Veracruz.

LITERATURA CITADA

- Acosta, G. J., Sánchez, V. I., Ochoa, M. R., Pajarito, R. A., e Ibarra, P. F. J. 1993. Pinto Villa nueva variedad de frijol de temporal para el estado de Durango. Folleto técnico Núm. 3. SARH. INIFAP. Campo Experimental Valle de Guadiana. Durango, Dgo., México. p. 10-14.
- Aguirre-Medina, J. F. 2007. Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del Programa y resultados de validación en México. *En: Díaz-Franco, A. y N. Mayek-Pérez (editores). La biofertilización como tecnología sostenible.* Plaza y Valdés. México. p. 117-135.
- Aguirre M. J. F., Irizar, G. M. B., Durán, P. A., Grajeda, C. O. A., del Río, P. M. A., Loreda, O. C. y Gutiérrez B. A. 2010. Micorriza INIFAP: Biofertilizante para la agricultura, mejor nutrición, mejor crecimiento de raíz. INIFAP. SAGARPA. Desplegable informativo Núm. 13.
- Alvarado, A., Acuña, O. y Uribe, I. 1994. Tecnología de bajos insumos para la fertilización del frijol tapado. *En: Thurston, D. H., Smith, M., Abawi, G., y Kearl, S. (eds.). Tapado. Los sistemas de siembra con cobertura.* CATIE-CIIFAD. 189-199.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D. F. México. 86 p. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf> (consultado el 6 de junio de 2016).
- Chaillux, L. M. 1997. Nutrición y fertilización en Cuba. *En: Resúmenes XLIII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales.* Panamá, C. A., 17-21 de marzo de 1997. p. 87.
- Durán, A., Espinosa, J., Cumpián, J. and Rodríguez, R. 1993. Evaluation of selected strains of *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* in beans in Veracruz-México. *In: Palacios, R. and Mora, J. 1993. New horizons in nitrogen fixation. Proc. Of the 9th Intern. Congress on Nitrogen Fixation, Cancún, México, December 6-12, 1992.* p. 717.
- Durán, P. A., Espinosa, M. J., Rodríguez, R. R. y Cumpián, G. J. 1997. Inoculación de frijol con cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* en Veracruz, México. *En: Agric. Téc. En Méx. Vol. 23. Núm. 1. Enero-Junio 1997.* P. 49-68.
- Durán, P. A. 1999. Biofertilización en frijol. *En: INIFAP. 1999. 500 Tecnologías Llave en Mano.* SAGAR. INIFAP. México, D. F. p. 25.
- Durán, P. A. y Aguirre, M. J. F. 2008. Biofertilizantes: Una alternativa para incrementar la rentabilidad de los cultivos en Veracruz. Desplegable para productores Núm. 11. Junio de 2008. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla.
- Durán, P. A., López, G. V. y Cumpián, G. J. 2007. Respuesta de germoplasma de frijol a la fertilización química y biológica. *En: Díaz-Franco, A. y N. Mayek-Pérez (Editores). La biofertilización como tecnología sostenible.* Plaza y Valdés. México. p. 191-193.
- Graham, P. H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*: A review. *Field Crops Res.* 4: 93-112.
- Hernández, G., Toscano, V., Gómez, L., Méndez, N., Reyes, R. y Veranez, O. 1995. Trabajos realizados en el programa de factores limitantes de la fijación biológica de nitrógeno en bajo fósforo en Cuba. *En: Araya, V. R. y Beck, D. (Comps. y eds.). Mejoramiento y manejo agronómico de frijol común (Phaseolus vulgaris) para adaptación en suelos de bajo fósforo. Memoria del Taller Internacional sobre Bajo Fósforo en el cultivo de frijol.* San José, Costa Rica. 13-15 de nov. De 1995. P. 76-84.
- López, S. E., Durán, P. A., Becerra, L. E. N., Esqueda, E. V. A. y Cano, R. O. 1994. Manual de producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para productores Núm. 7. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Cotaxtla, Ver., México. 29 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas agroalimentario 2014. Primera edición. SAGARPA. 2014. México, D. F. 196 p.
- Vargas, M., A. T., Méndez, I. C., Péres, J. R. R. y Suhett, A. R. 1991. Response of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars to inoculation in Brazilian sabanas (Cerrados). *En: Resúmenes I Encuentro Iberoamericano de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno. III Congreso Nacional de la Fijación Biológica de Nitrógeno.* Cuernavaca, Mor., México. Dic. 2-5 de 1991. p. 53.

Referencias informáticas

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2013. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 18 de junio de 2015.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2014. Atlas agroalimentario 2014. Primera edición. SAGARPA. 2014. México, D. F. p. 66-67.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2015. Atlas agroalimentario 2015. Primera edición, 2015. México, D. F. p. 77-78.

BIOFERTILIZACIÓN: TECNOLOGÍA SUSTENTABLE PARA EL CULTIVO DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] EN EL CENTRO DE VERACRUZ

BIOFERTILIZATION: SUSTAINABLE TECHNOLOGY FOR SORGHUM CROP [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] IN THE CENTER OF VERACRUZ

Durán Prado A.¹, Vásquez Hernández A.¹, Meneses Márquez I.¹, Aguado Santacruz G. A.² y Uribe Gómez Sergio¹

¹INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Km. 34.5 Carretera Fed. Veracruz-Córdoba, Mpio. de Medellín de Bravo, Ver., México. C. P. 94270. ²INIFAP. Campo Experimental Bajío-INIFAP. Km. 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Gto., México. C. P. 38110 Celaya, Gto. México.

Autor para correspondencia: *duran.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trabajo se estableció en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, durante los meses de noviembre de 2009 a marzo de 2010. Los objetivos fueron reducir la fertilización química de sorgo en proporción del 33 a 50% con el uso de biofertilizantes Micorriza INIFAP y la Bacteria (cepa 2709) INIFAP. Se sembró el híbrido de sorgo Pionner 8282 a una densidad de 250,000 plantas ha⁻¹. En total se evaluaron seis tratamientos de los cuales cuatro fueron inoculados a la semilla: T1). Micorriza + 138-00-00 kg ha⁻¹ de N-P-K; T2). Micorriza INIFAP + 138-46-00 kg ha⁻¹ de N-P-K; T3). Micorriza INIFAP + 69-23-00 kg ha⁻¹ de N-P-K; T4). Micorriza + Bacteria INIFAP (cepa 2709) + 46-15-00 kg ha⁻¹ de N-P-K; T5) Sin biofertilizante + 138-46-00 kg ha⁻¹ de N-P-K y T6). Sin biofertilizante y sin fertilizante (00-00-00). La variable de respuesta estimada fue rendimiento de (t ha⁻¹) con el que se realizó un análisis económico de relación beneficio/costo. El rendimiento obtenido en el tratamiento T3 con Micorriza INIFAP + 1/2 (69-23-00 de N-P-K) de la fertilización química con 4.19 t ha⁻¹, superó 873 kg ha⁻¹ al tratamiento T6 (testigo absoluto) en 26.31% y en 1.1 t ha⁻¹ al rendimiento promedio estatal de 2.8 t ha⁻¹, lo que significa 39.28% de aumento en la productividad al adoptarse esta tecnología sustentable. El tratamiento T3 con la Micorriza INIFAP + 1/2 (69-23-00 de N-P-K) de la fertilización química resultó el más rentable, por lograr el mayor ingreso neto y el mayor índice de relación beneficio costo de 1.38, mencionando además que la micorriza INIFAP puede disminuir la fertilización química nitrogenada y fosfatada del sorgo en un 50%. Se corrobora que el menor costo de producción fue con el tratamiento T4 donde se utilizó Micorriza INIFAP + Bacteria (cepa 2709) INIFAP y + 1/3 (46-15-00 kg ha⁻¹ N-P-K).

Palabras clave: *Sorgo, bioertilizantes micorrizicos, bacterianos, fertilización.*

INTRODUCCIÓN

En el estado de Veracruz, durante 2014, se cosecharon 20,979.3 hectáreas de sorgo [*Sorghum bicolor* L. (Moech.)], de las que se produjeron 81,573 toneladas de grano con un rendimiento promedio de 3.89 t ha⁻¹; en ese mismo año, a nivel nacional se cosecharon 2'013,908 ha con un volumen de producción de 8'394,056 toneladas y un rendimiento promedio de 4.17 t ha⁻¹; el valor de la producción ascendió a 19,983 millones de pesos (SAGARPA, 2015). Ante este escenario los productores de sorgo del área tropical de Veracruz requieren tecnologías económicas, eficientes y redituables, que logren que dichos productores recuperen o mantengan su productividad, sin que los costos de producción sean elevados. En base a esta situación que enfrentan los productores de Veracruz, el INIFAP ofrece algunas alternativas pertinentes para satisfacer las necesidades de abasto nutrimental de esta gramínea, la cual se cultiva en suelos de mediana a baja fertilidad, con bajos niveles de fósforo y nitrógeno principalmente que limitan la productividad sostenible del cultivo. Ante esta problemática, México importa en promedio más de 56,496 toneladas con un valor de 12.9 millones de dólares (SAGARPA, 2015) para abastecer la demanda del sector pecuario principalmente para la alimentación de ganado. El cultivo del sorgo en la región centro del estado de Veracruz representa una alternativa para el uso óptimo de los recursos naturales con que se cuenta, además de existir una demanda insatisfecha de este grano en la región. Carranco (2010) menciona que en el estado de Tamaulipas, se ha logrado incrementar el rendimiento y rentabilidad del sorgo de 20 a 25%, con la inoculación de la semilla con micorriza, un insumo de bajo costo (\$45 pesos/ha), complementariamente su utilización ha permitido al productor lograr disminuir o sustituir la fertilización

química y por ende su impacto en el entorno agroecológico (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000; Díaz-Franco y Mayek-Pérez, 2007). En consecuencia, los objetivos del presente trabajo fueron reducir la fertilización química recomendada del sorgo con la aplicación de los biofertilizantes Micorriza INIFAP y Bacteria (cepa 2709) INIFAP en al menos 33 a 50% de nitrógeno y fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de evaluación se estableció dentro del C. E. Cotaxtla ubicado entre los meridianos 95°58' y 96°03' de longitud oeste y entre los paralelos 18°44' y 18°48' con 18 metros sobre el nivel del mar, el tipo de suelo es un fluvisol eutricto, se estableció una parcela de validación de 1.0 ha en el lote B7 bajo condiciones de humedad residual (Otoño-Invierno 2009-2010) con las tecnologías siguientes: Siembra de surcos a 0.80 m en el híbrido Pioneer 8282 en la cual se validaron seis tratamientos de biofertilización (tratamientos): T1). Aplicación a la semilla de Micorriza INIFAP en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ antes de la siembra + fertilización química (138-00-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) empleando como fuentes urea (46.0 % de N) y superfosfato de calcio triple (46% de P₂O₅) aplicada al momento de la siembra, T2). Aplicación a la semilla de Micorriza INIFAP (*Glomus intraradices*) en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ antes de la siembra + fertilización química (138-46-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) empleando las mismas fuentes que el tratamiento anterior, T3). Aplicación a la semilla de Micorriza INIFAP en dosis de 1.0 kg/ha antes de la siembra + fertilización química (69-23-00 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) que equivale a 2/3 del tratamiento 2, T4). Aplicación a la semilla de Micorriza INIFAP en dosis de 1.0 kg ha⁻¹ + la bacteria INIFAP (cepa 2709) en dosis de 1.5 kg /ha antes de la siembra + fertilización química (46-15-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) que equivale a 1/3 del tratamiento 2, T5). Sin biofertilizante + fertilización química (138-00-00 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente) y T6). Sin biofertilizante y sin fertilización química (testigo absoluto) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de validación de tratamientos con biofertilizantes en sorgo de humedad residual en el centro de Veracruz. Ciclo O-I 2009-2010.

N° de tratamiento	Biofertilizante (kg ha ⁻¹)	Fertilización N-P-K (kg ha ⁻¹)
1	1 kg micorriza INIFAP	138-00-00
2	1 kg micorriza INIFAP	138-46-00
3	1 kg micorriza INIFAP	69-23-00
4	1 kg micorriza INIFAP	46-15-00
5	+ 1.5 kg bacteria cepa 2709 INIFAP	
6	Sin biofertilizante	138-46-00
	Sin biofertilizante	00-00-00

La fecha de siembra fue el 6 de noviembre de 2009 con siembra mecanizada, en surcos separados a 80 cm entre ellas con una densidad de siembra de 12 kg ha⁻¹ de semilla empleándose el híbrido Pioneer 8282, con esta distancia de siembra puede lograr rendimientos superiores a los reportados a nivel nacional. La distancia entre plantas fue de 5 cm., depositando a "chorrillo" de 19 a 22 semillas por metro lineal, la densidad de siembra fue de 200,000 a 250,000 semillas por hectárea. Se midió la altura de plantas a los 22, 34, 44, 54, 66, 76, 86, 99 días después de la siembra (DDS), Se midió el diámetro del tallo de planta con un vernier a partir de los 34, 44, 54, 66, 76, 86, 99 DDS, rendimiento de grano (t ha⁻¹) ajustado al 14% de humedad. Se realizó el análisis económico del rendimiento empleando la metodología propuesta por CIMMYT (1988). Los datos de precipitación pluvial mensual, fueron obtenidos de la estación climatológica del C. E. Cotaxtla. Durante el periodo en que se condujo la parcela de validación se cuantificó una precipitación pluvial de 49.0 mm en total caída en el ciclo de fines del temporal de lluvias Otoño-invierno (ocurridas del mes de noviembre de 2009 al mes de febrero de 2010). El manejo de los tratamientos de micorrizas INIFAP se basó en las recomendaciones técnicas del Campo Experimental Cotaxtla para la inoculación de la semilla (Durán y Aguirre, 2008). La maleza se controló mediante dos cultivos (a los 15 y 30 días después de la siembra). Los demás factores como lo es el control fitosanitario de plagas y enfermedades que se presentaron se manejaron conforme a las

recomendaciones técnicas del INIFAP (Rodríguez *et al.*, 1992), al momento de cosechar se registró el peso de grano de los tratamientos evaluados ajustados al 14% de humedad determinado mediante el un determinador digital Burroughs modelo 700, se ajustaron los rendimientos en base a los humedades registradas para después convertir a ton ha⁻¹ de grano comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de variables cuantificadas: Altura de planta. En el Cuadro 3. se puede apreciar que a los 22 días después de la siembra (DDS) la mayor altura se registró en el tratamiento T5 sin biofertilizante y con 138-46-00 de N-P-K con 27.10 cm, seguido por el tratamiento T2 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K y el tratamiento T3 Micorriza + 1/2 de la F. Q. con 26.60 y 25.10 cm respectivamente; el tratamiento T1, Micorriza + 138-00-00 de N-P-K logró la menor altura-de planta con 22.02 cm; a los 34 DDS la mayor altura la obtuvo el tratamiento T2 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K y el tratamiento T1 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K con 38.20 y 37.40 cm respectivamente; a los 44 DDS se estimó la mayor altura con el tratamiento T1 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K con 65.22 cm, seguido por el tratamiento T2 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K con 63.10 cm; a los 54 DDS, se comportaron con mayor altura el tratamiento 3 Micorriza + 1/2 de la F. Q. con 81.80 cm seguido por el tratamiento 2 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K con 81.17 cm (Cuadro 2). En cuanto a la altura registrada a los 66 DDS, fue mayor en el tratamiento T1, Micorriza + 138-00-00 de N-P-K con 119.47 cm seguido por el tratamiento 2 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K con 119.35 cm; a los 76 DDS el tratamiento que manifestó la mayor altura lo fue el T4 Micorriza + Bacteria 2709 + 1/3 de la F. Q. con 128.25 cm, seguido por lo el tratamiento T3 Micorriza + 1/2 de la F. Q. con 127.27 cm; a los 86 DDS el tratamiento se colocó como el más alto el mismo tratamiento 4 con la misma altura de 10 días antes de 128.25 cm y en segundo lugar de mayor altura de planta lo fue el tratamiento 1, Micorriza + 138-00-00 de N-P-K con 127.8 cm; a los 99 DDS el tratamiento más alto fue el T3 Micorriza + 1/2 de la F. Q. con 128.37 cm, seguido por el T2 Micorriza + 138-46-00 de N-P-K con 128.00 cm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura de planta (cm) de sorgo cuantificada en diferentes días después de la siembra, en los tratamientos de fertilización validados en el centro de Veracruz.

Tratamiento	Días después de la siembra			
	22	34	44	54
1. Micorriza + 138-00-00	22.02 a	37.40 a	65.22 a	80.77 a
2. Micorriza + 138-46-00	23.75 a	38.20 a	63.10 a	81.17 a
3. Micorriza + 69-23-00	23.55 a	36.35 a	61.07 a	81.80 a
4. Micorriza + bacteria 2709 + 46-15-00	22.57 a	35.95 a	59.67 a	77.67 a
5. Sin biofertilizante + 138-46-00	25.45 a	36.90 a	60.25 a	77.55 a
6. Sin biofertilizante y sin fertilización	24.40 a	34.85 a	58.00 a	80.92 a
Promedio por fecha de medición	24.63	36.60	61.21	79.98

* Valores con diferente letra en la misma variable s

n estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

Cuadro 2. Continuación.....

Tratamiento	Días después de la siembra			
	66	76	86	99
1. Micorriza + 138-00-00	119.47 a	126.92 a	127.80 a	127.90 a
2. Micorriza + 138-46-00	119.35 a	127.20 a	127.72 a	128.00 a
3. Micorriza + 69-23-00	107.25 ab	127.27 a	128.40 a	128.37 a
4. Micorriza + bacteria 2709 + 46-15-00	108.77 ab	128.25 a	126.72 ab	127.47 a
5. Sin biofertilizante + 138-46-00	114.00 ab	125.62 a	126.75 ab	127.05 b
6. Sin biofertilizante y sin fertilización	97.62 b	123.67 a	123.85 b	124.42 b
Promedio por fecha de medición	111.07	126.48	126.66	127.20

* Valores con diferente letra en la misma variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$)

Diámetro de tallo. La medición del diámetro del tallo de planta de sorgo se realizó mediante un vernier y se inició a partir de los 34 DDS donde el tratamiento T4 Micorriza + Bacteria 2709 + 1/3 de la F. Q. obtuvo un grosor de tallo de 6.984 mm mientras que el testigo (tratamiento 6) midió 5.903, a los 44 DDS

el tratamiento T1, Micorriza + 138-00-00 de N-P-K logró 12.641 mm como tallo más grueso que el resto de tratamiento, le siguió el tratamiento T2 Micorriza + 38-46-00 de N-P-K con 12.455 mm; a los 54 DDS el tratamiento T2 Micorriza + 38-46-00 de N-P-K fue el mayor grueso e tallo con 15.999 mm, seguido por el tratamiento T1, Micorriza + 138-00-00 de N-P-K con 15.822 mm (Cuadro 3). A los 76 DDS se obtuvo el mayor diámetro con el tratamiento T4 Micorriza INIFAP + Bacteria + 1/3 de F. Q. con 17.782 mm, seguido por el 15.822 mm; a los 65 DDS el tratamiento T5 Sin biofertilizante +138-00-00 de N-P-K midió 17.200 mm y le siguió el tratamiento T4 Micorriza + Bacteria 2709 + 1/3 de F. Q. con 16.977 mm (Cuadro 3), tratamiento T2 Micorriza + 38-46-00 de N-P-K con 17.736 mm; a los 86 DDS el tratamiento T1, Micorriza INIFAP + 138-00-00 de N-P-K el cual logró el mayor diámetro de tallo con 17.78 mm, seguido por el tratamiento T5 Sin biofertilizante +138-00-00 de N-P-K el cual midió 17.370 mm, finalmente a los 99 DDS el tratamiento T5 Sin biofertilizante +138-00-00 de N-P-K tuvo 18.056 mm, seguido por el tratamiento T1 Micorriza + 138-00-00 de N-P-K con 17.941 mm.

Cuadro 3. Diámetro de tallo de planta (mm) de sorgo cuantificado en diferentes días después de la siembra en los tratamientos de fertilización validados en el centro de Veracruz.

Tratamiento	Días después de la siembra			
	34	44	54	65
1. Micorriza + 138-00-00	6.672 a	12.641 a	15.822 ab	16.688 a
2. Micorriza + 138-46-00	6.512 a	12.455 ab	15.999 a	16.870 a
3. Micorriza + 69-23-00	6.591 a	10.562 bc	15.669 ab	16.748 a
4. Micorriza + bacteria 2709 + 46-15-00	6.984 a	10.945 abc	15.328 ab	16.977 a
5. Sin biofertilizante + 138-46-00	6.951 a	10.999 abc	15.639 ab	17.200 a
6. Sin biofertilizante y sin fertilización	5.903 a	9.791 c	14.510 b	15.890 a
Promedio por fecha de medición	6.602	11.232	15.494	16.728

* Valores con diferente letra en la misma variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$)

Cuadro 3. Continuación.....

Tratamiento	Días después de la siembra		
	76	86	99
1. Micorriza + 138-00-00	17.700 a	17.788 a	17.941 a
2. Micorriza + 138-46-00	17.736 a	17.200 ab	17.375 a
3. Micorriza + 69-23-00	16.876 a	17.020 ab	17.165 a
4. Micorriza + bacteria 2709 + 46-15-00	17.782 a	16.848 ab	17.717 a
5. Sin biofertilizante + 138-46-00	17.805 a	17.379 a	18.056 a
6. Sin biofertilizante y sin fertilización	15.859 a	15.740 b	17.040 a
Promedio por fecha de medición	17.191	16.99	17.549

* Valores con diferente letra en la misma variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

Rendimiento ($t\ ha^{-1}$). El tratamiento con mayor rendimiento de grano fue el T3 Micorriza + 1/2 de F. Q. (69-23-00 $kg\ ha^{-1}$ de N-P-K) con $4.190\ t\ ha^{-1}$, en tanto el tratamiento T6 (testigo absoluto), rindió $3.317\ t\ ha^{-1}$ 873 kilos menos que equivalen a 26.31% menos que el tratamiento anterior (Cuadro 4). El rendimiento promedio de este trabajo fue de $3.9\ t\ ha^{-1}$ similar al rendimiento promedio estatal de $3.89\ t\ ha^{-1}$ logrando mantener la productividad del cultivo de sorgo contribuyendo a disminuir la fertilización química del cultivo en al menos 50%, y consecuentemente mejorando la rentabilidad del cultivo en el centro de Veracruz, mediante la aplicación de biofertilizantes en la productividad al adoptarse este cultivo con alguno de tecnologías sustentables.

Análisis económico. Con los rendimientos obtenidos se realizó el análisis económico, considerando el precio de venta de la tonelada de sorgo de \$3,536.00 fijado por ASERCA. En el Cuadro 4, se muestra que el mayor ingreso bruto se obtuvo con el tratamiento T3 Micorriza + 1/2 de F. Q. con \$14,815.84/ha el menor lo obtuvo el tratamiento T6 (testigo) sin biofertilizante y sin fertilización química; el costo de producción más bajo lo fue el tratamiento 4 Micorriza + Bacteria 2709 + 1/3 de F.Q. con \$10.193.40/ha; el más alto ingreso neto (IN) lo logro el tratamiento T3 Micorriza + 1/2 de F. Q. con \$4,107.84/ha, mientras que el menor lo obtuvo el tratamiento T2 Micorriza + 138-46-00 con \$1,816.17/ha; el índice de relación Beneficio/Costo más elevado de los seis tratamientos validados lo fue el de dichos tratamientos,

se puede observar que el tratamiento T3 Micorriza + 1/2 de F. Q. obtuvo el mayor ingreso bruto (IB) de \$14,815.84, así como la máxima utilidad neta (UN) de \$4,107.84 y el más alto Beneficio-Costo (B/C) lo obtuvo este mismo tratamiento con 1.38 al igual que el tratamiento T5 Sin biofertilizante + 138-46-00; cabe mencionar que el tratamiento el tratamiento T2 Micorriza + 138-46-00 solo obtuvo un índice de 1.14. Es importante citar que la precipitación durante el desarrollo del cultivo fue de 49.0 mm la cual se considera limitante para la máxima expresión del rendimiento de grano de esta gramínea ya que sus costos se elevaron al aplicar seis riegos por gravedad.

Cuadro 4. Rendimiento de sorgo y análisis económico de tratamientos de biofertilización y fertilización química en el cultivo de sorgo en el centro de Veracruz.

Tratamiento	RG (t ha ⁻¹)	IB (\$ ha ⁻¹)	CP (\$ ha ⁻¹)	IN (\$ ha ⁻¹)	Rel B/C
1. Micorriza + 138-00-00	3.984 a	14,087.42	11,666.00	2,421.42	1.20
2. Micorriza + 138-46-00	3.977 a	14,062.67	12,246.00	1,816.17	1.14
3. Micorriza + 69-23-00	4.190 a	14,815.84	10,708.00	4,107.84	1.38
4. Micorriza + bacteria 2709 + 46-15-00	3.894 a	13,769.18	10,193.40	3,575.78	1.35
5. Sin biofertilizante + 138-46-00	4.057 a	14,345.55	10,343.40	4,002.15	1.38
6. Sin biofertilizante y sin fertilización	3.317 a	11,728.91	9,095.00	2,633.91	1.28

* Valores con diferente letra en la misma variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

Precio de venta: \$3,536.00/t. Fuente: http://www.infoaserca.gob.mx/fisicos/sya_pci.asp

CONCLUSIONES

1. La mayor altura de plantas se obtuvo con el tratamiento T3 Micorriza INIFAP + 50% de la fertilización química (69-23-00 kg ha⁻¹ de N-P-K), con 128.37 cm, a los 99 días después de la siembra.
2. El rendimiento de sorgo obtenido en el tratamiento T3 con Micorriza INIFAP y 50% de la fertilización química (4.19 t ha⁻¹) superó 873 kg ha⁻¹ al tratamiento T6 testigo absoluto en 26.31%.
3. El tratamiento T3 con la Micorriza INIFAP + 50% de la fertilización química resultó el más rentable por lograr el mayor ingreso neto y el mayor índice de relación beneficio costo de 1.38 para el cultivo de sorgo, por lo que la micorriza INIFAP puede disminuir la fertilización química nitrogenada y fosfatada en un 50% en el centro de Veracruz.

LITERATURA CONSULTADA

- Aguirre-Medina, J. F., Irizar-Garza, M. B., Durán-Prado, A., Grajeda-Cabrera, O. A., Del Río-Peña Ma. de los A., Loredó-Osti, C. y Gutiérrez-Baeza, A. 2010. Micorriza INIFAP, biofertilizante para la agricultura, mejor nutrición, mejor crecimiento de raíz. Desplegable informativo Núm. 13. SAGARPA. INIFAP.
- Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. Agric. Téc. Méx. 26:191-203.
- Carranco, A. J. C. 2010. Uso de micorriza (*Glomus intraradices*) en cultivos de maíz y sorgo. Programa Elaboración de Casos de Éxito de Innovación en el Sector Agropecuario. Fundación Produce Tamaulipas. IICA. México. 56 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D. F. México. 86 p. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf> [consultado el 6 de junio de 2016].
- Díaz-Franco, A., Garza-Cano, I., Pecina-Quintero, V. y Magallanes-Estala, A. 2007. Micorrización del sorgo (*Sorghum bicolor*): impacto de la productividad en Tamaulipas. In: Díaz-Franco, A. y Mayek-Pérez, N. (eds.). La biofertilización como Tecnología Sostenible. México. pp. 39-53.
- Durán, P. A. y Aguirre, M. J. F. 2008. Biofertilizantes; Una alternativa para incrementar la rentabilidad de los cultivos en Veracruz. Desplegable para productores Núm. 11. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla.
- Rodríguez, M. F. A., Romero, M. J. y Tinoco, A. C. 1992. Manual de producción de sorgo para grano en el estado de Veracruz. Folleto para productores Núm. 1. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver., México. 11 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 20 de junio de 2015].

VALUACIÓN DE ENCAPSULADO DE GRANO DE MAÍZ CON DOSIS DE FERTILIZANTE EN LA MESETA COMITECA, CHIAPAS, MÉXICO.

EVALUATION OF ENCAPSULATED OF MAIZE GRAIN WITH DOSES OF FERTILIZER ON THE MESETA COMITECA, CHIAPAS, MEXICO.

¹López Martínez J, ¹Villar Sánchez B, ¹Camas Gómez R, ¹Reynoso Santos R, ¹Cruz Chávez FJ, ²Grajales Solís M

¹Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP. km. 3, Carretera Ocozocoautla-Cintalapa. Ocozocoautla de Espinosa, C.P. 64120. Chiapas, México. ²Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas.

Autor para correspondencia: lopez.jaime@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los campesinos de las regiones semicálida y templada de Chiapas privilegian la siembra variedades criollas de maíz. En 2013 más de 80 mil hectáreas de maíz amarillo se sembraron en la Meseta Comiteca, la Sierra Madre y los Altos de Chiapas. Sólo 1,140 hectáreas se sembraron en la región cálida con maíces amarillos, casi todos mejorados de empresas transnacionales. La tecnología de producción se ha enfocado a incrementar la oferta de maíz de grano blanco, pues es la materia prima que demanda la industria harinera. No obstante, en las poblaciones rurales el consumo de maíces nativos de grano amarillo sigue siendo alto. Además, la brecha tecnológica de producción en regiones donde se cultivan las variedades nativas es amplia. El encapsulado de las semillas es una tecnología sustentable pues incorpora biofertilizantes que han demostrado incrementar el rendimiento y rentabilidad de los cultivos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta de cuatro variedades de maíz al encapsulado en combinación con dosis de fertilizante. Los resultados permitieron llegar a las siguientes conclusiones: se detectaron diferencias estadísticamente significativas a tratamientos de encapsulado-fertilización y a la interacción variedades *por encapsulado-fertilización; con el encapsulado de la variedad Chapingo más la aplicación de la mitad de la dosis de fertilización convencional, se obtuvo el mayor rendimiento de grano de maíz; en términos de producción y económicos el mejor tratamiento fue el encapsulado de semilla más la aplicación de mitad de la fertilización convencional, con este tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto y una tasa marginal de retorno (TRM) de 66.7%.

Palabras clave: *encapsulado, nutrición, maíces nativos, análisis económico.*

INTRODUCCIÓN

En Chiapas, como en otras regiones maiceras de México, muchos productores no aplican tecnologías adecuadas a sus sistemas productivos. La brecha de producción que existe entre el rendimiento potencial que se puede obtener cuando se aplican técnicas adecuadas al cultivo y el que actualmente tiene el campesino, sigue siendo amplia. El promedio de rendimiento de maíz que reporta el SIAP es de 2.3 ton/ha, muy por debajo de los rendimientos que se han obtenido en parcelas de validación y demostrativas que ha manejado el propio INIFAP en las zonas maiceras que han llegado a ser en promedio de 6.5 ton/ha. Esta brecha se hace más amplia en las regiones donde los genotipos son principalmente variedades criollas, pues “los productores no tienen conocimientos referentes al manejo agronómico adecuado de progenitores, híbridos, variedades nativas y mejoradas, con potencial de rendimiento y adaptación a las diferentes regiones agroecológicas...”. (Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos, SAGARPA-CONACYT).

Es bien conocido que los productores de estas regiones, que se caracterizan por su alto grado de marginación, en su mayoría grupos étnicos indígenas, tienen un limitado acceso a las tecnologías adecuadas. Los proyectos productivos que aportan recursos a través de programas públicos son, por un lado, muy escasos, con baja cobertura territorial, y, por otro, cuando llegan a gestionarse, muchas veces no incluyen las tecnologías apropiadas, que sean acordes con los requerimientos específicos de los agroecosistemas que maneja el campesino. De esta manera, las tecnologías de producción

sostenida que generan los centros de investigación deberán ir acompañadas de un esquema de transferencia innovador que tenga como principio la participación efectiva del productor y el acompañamiento técnico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El encapsulado es una técnica que consiste en adherir a los granos servirán como semilla, compuestos a base de biofertilizantes, fungicida e insecticida de bajo impacto ecológico. Se ha demostrado que mejora el sistema radical de la planta y propicia un mayor desarrollo de la raíz. De esta manera la planta puede explorar mayor área del suelo y tener mejores condiciones para absorber agua y nutrientes. El trabajo tuvo como finalidad evaluar la respuesta del encapsulado en el cultivo de maíz, pues este componente tecnológico ha tenido buenos resultados en otros cultivos como cacahuete y frijol. Se planteó como hipótesis lograr mejores rendimientos del cultivo y bajar los costos de producción asociados a los gastos que conlleva la aplicación de fertilizantes convencionales.

El encapsulado de semilla se evaluó en cuatro variedades de grano amarillo. Dos mejoradas, V-238AC y V-556A y dos nativas, Mayero y Chapingo. La V-238AC es una variedad mejorada de grano amarillo, con alta calidad de proteína y fue generada por INIFAP para las condiciones de la región Meseta Comiteca, la V- 556A, también de grano amarillo es una variedad mejorada de la empresa PROCESO; las variedades nativas utilizadas son maíces destacados por su alto rendimiento en la región, de grano amarillo ambas; Mayero, del municipio de La Independencia y Chapingo, de Las Margaritas. Adicionalmente, en el mismo ensayo, para evaluar el efecto combinado del encapsulado con la fertilización convencional de Nitrógeno y Fósforo, se incorporó la fórmula (125-46-00) que se recomienda para el agrosistema 9 (maíz PV de temporal-1201 a 1800 msnm-suelos planos-1 a 3% de materia orgánica). (López, *et al*, 2008). Las fuentes de fertilizante fueron Urea, para el caso de N y Fosfato Diamónico para P.

El experimento que se ubicó en el ejido Santa Rita, municipio de Las Margaritas de la región Meseta Comiteca, Chiapas. En la región predomina el clima semicálido húmedo con lluvias en verano (de 800 a 1,200 mm anualmente); con un rango de temperatura media anual de 18° a 20°C. Tiene una población de 450,440 habitantes, que representa el 8.7% del total estatal. El 22.9% de la superficie (7,243 km²) se dedica a la agricultura de temporal, unas 120 mil hectáreas se cautivan con maíz. El ensayo se estableció en verano de 2015 en la parcela del agricultor Leobardo Calvo. El terreno es plano, menos de 5% de pendiente, con suelo profundo, de textura arcillosa, alta CIC, pH moderadamente alcalino, alto nivel de materia orgánica, moderadamente bajo en fosforo, bajo de potasio y suministro moderado de nitrógeno inorgánico.

Bajo un diseño de tratamiento en parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, se incluyeron en las parcelas grandes las cuatro variedades de maíz y en las parcelas chicas los siguientes tratamientos: 1) encapsulado más fertilización convencional (125-46-00), 2) fertilización convencional, 3) encapsulado más ½ de fertilización convencional y, 4) encapsulado sin fertilización.

La parcela experimental fue de cuatro surcos de seis metros de largo y 0.90 m de ancho. La siembra se efectuó el 22 de julio, manualmente con cubo (coa con punta de hierro) en suelo con buena humedad. De parcela útil se consideraron los dos surcos centrales. Los datos de las variables de planta, mazorca y rendimiento de grano al 14% de humedad se analizaron con el programa SAS v9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observan los resultados del ANVA de variables evaluadas en planta, mazorca, grano y rendimiento. Con la variable rendimiento se detectaron diferencias estadísticamente significativas a tratamientos de encapsulado-fertilización (parcelas chicas) y a la interacción variedades (parcelas grandes) por encapsulado-fertilización, no así a variedades. No obstante, se detectaron diferencias entre variedades con las variables altura de planta, mazorca y pudrición de grano, lo cual significa que el comportamiento morfológico resultó diferenciado entre genotipos evaluados.

Como se aprecia en el Cuadro 2, las variedades nativas presentaron valores mayores en altura de planta y fueron menos susceptibles a pudrición de grano. Destaca el alto valor (32.2%) granos podridos de la V-556^a, este genotipo que no se adaptó a las condiciones de alta humedad relativa que se presentaron al final del ciclo de cultivo en la región. Es importante resaltar la sanidad del grano que se obtuvo con la variedad nativa Chapingo, este genotipo apenas tuvo un 5% de pudrición de grano y además se logró numéricamente el mayor rendimiento. La variedad Chapingo, ha sido obtenida

Cuadro 1. Análisis de Varianza para las variables de planta, mazorca y rendimiento. Ejido Santa Rita, La Trinitaria, Chiapas. Ciclo P-V 2015.

Variables	CM(PG)	CM(PCH)	CM(PG*PCH)	CV (%)
Altura de planta (cm)	11,154.55**	13,672.37**	3,281.88**	8.70
Diámetro de tallo (cm)	0.07NS	0.83**	0.24**	11.14
Longitud de la mazorca (cm)	34.92**	16.02**	0.48NS	8.80
Diámetro de la mazorca (cm)	0.46NS	0.55NS	0.52NS	12.93
Hileras por mazorca	41.08**	1.51NS	1.50NS	8.32
Granos por hilera	10.80NS	80.69**	12.62NS	8.51
Pudrición de grano (%)	0.20**	0.01NS	0.03**	45.78
Rendimiento (kg/ha)	995,926NS	15,483,071**	4,220,440**	20.35

*Significativo; **Altamente significativo; NS:no significativo; CM:Cuadrados medios, PG:Parcela grande, PCH:Parcela chica, PG*PCH:Parcela grande por parcela chica, C.V:Coeficiente de variación.

mediante selección empírica por un productor del ejido Bello Paisaje, municipio de Las Margaritas ubicado en la Meseta Comiteca.

Cuadro 2. Promedios de variables altura de planta, tallo, pudrición de grano y rendimiento de tratamientos de los genotipos evaluados. Ejido Santa Rita, La Trinitaria, Chiapas. Ciclo P-V 2015.

Variedad	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Pudrición (%)	Rendimiento (kg/ha)
CHAPINGO	284.80 a	2.45 a*	5.06 c	4,654 a*
MAYERO	305.12 a	2.39 a	19.81 b	4,435 a
V-238AC	243.65 c	2.31 a	20.37 b	4,106 a
V-556A	264.71 bc	2.32 a	32.25 a	4,138 a

* Medias con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, 5%).

Los resultados del efecto del encapsulado combinado con fertilización sobre algunas variables de planta y de rendimiento se puede observar en el Cuadro 3.

El encapsulado incrementó los valores de altura de planta, diámetro de tallo medido a 10 cm del suelo y de rendimiento. El menor rendimiento (2.9 ton/ha) se obtuvo con el tratamiento que no llevó el encapsulamiento de grano aun cuando se aplicó la fórmula de fertilización convencional (125-46-00). La baja producción de maíz que se obtuvo sin el encapsulado puede atribuirse al déficit de humedad que se presentó durante las etapas de crecimiento del cultivo. Una de las ventajas del encapsulado es que propicia un mayor desarrollo radical, con lo cual se logra una mayor capacidad de absorción de agua y nutrimentos en las plantas. Resultados experimentales han demostrado que la incorporación de microorganismos en la semilla ayuda a mejorar la sanidad y la productividad del cultivo. (Chávez, 2014)

Cuadro 3. Promedios de altura de planta, diámetro de tallo y rendimiento de tratamientos de encapsulado y fertilización. Ejido Santa Rita, La Trinitaria, Chiapas. Ciclo P-V 2015.

Dosis	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Encapsulado + N-P	290.93 ab	2.51 ab	5,058 a
Encapsulado +½ N-P	299.16 a	2.58 a	4,928 a
Encapsulado	274.73 b	2.30 bc	4,473 a
Sin encapsulado + N-P	233.45 c	2.08 c	2,917 b

* Medias con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, 5%).

La interacción encapsulado*fertilización resultó significativa lo cual significa que al menos con una variedad respondió al efecto de combinar ambos factores. En la Figura 1 se puede constatar gráficamente que con el encapsulado de la variedad Chapingo más la aplicación de la mitad de la dosis de fertilización convencional, se obtuvo el mayor rendimiento de grano de maíz (6,579 kg/ha).

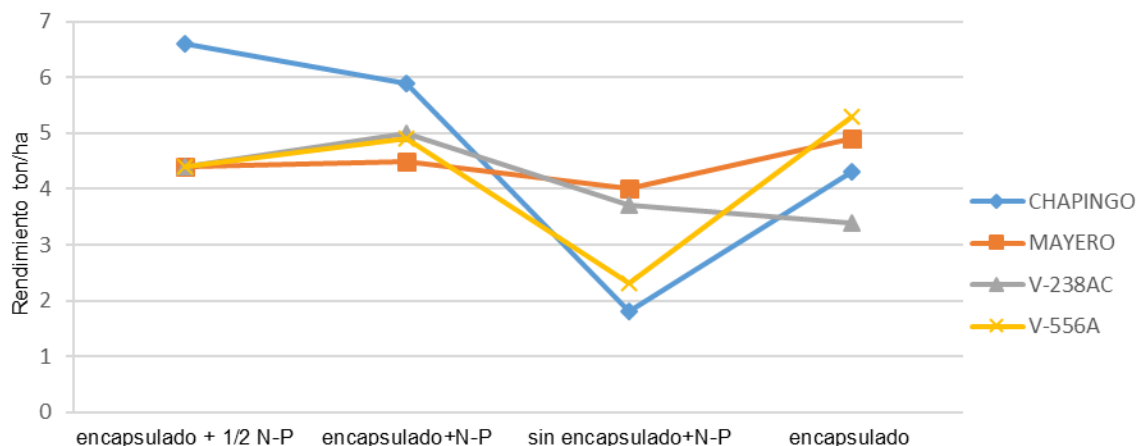


Figura 1. Efecto de la interacción encapsulado*fertilización. Ejido Santa Rita, La Trinitaria, Chiapas. Ciclo P-V 2015.

Se realizó un análisis económico para definir el mejor tratamiento en términos del rendimiento obtenido y de los costos variables y los beneficios netos asociados a cada tratamiento. El procedimiento denominado tasa marginal de retorno (TMR) se define como el incremento en beneficios netos dividido entre el incremento de los costos variables conforme se pasa de tratamiento a siguiente más costoso. (CIMMYT, 1988; Harrington, 1982). En el Cuadro 4, se presentan resultados de los conceptos que se involucran para la estimación de la TMR. Puede observarse que si bien el mayor rendimiento (5,058 kg/ha) está asociado al tratamiento encapsulado más fertilización completa (125-46-00) y también a los costos variables más altos (\$3,156/ha), no obstante no tuvo un valor de beneficio neto negativo (-\$115/ha). Así mismo, el tratamiento sin encapsular más fertilización resultó dominado, o sea que a medida que se incrementaron sus costos variables no se aumentó el rendimiento y, por lo tanto, ni sus beneficios. Entonces, el tratamiento que obtuvo mayor beneficio neto fue el de encapsulado con la mitad de la fertilización. La TRM estimada para este tratamiento fue de 66.7%, que resulta de dividir sus valores de incremento de beneficios netos entre el incremento de costos variables. La TMR se interpreta como el porcentaje de retorno al capital que se invierte, esto es, por cada peso que se gasta con aplicar este tratamiento se recupera la inversión más 66.7 pesos de ganancia.

Cuadro 4. Análisis económico marginal de la respuesta a tratamientos de encapsulado más fertilización en el cultivo de maíz. Ejido Santa Rita, La Trinitaria, Chiapas. Ciclo P-V 2015.

Tratamiento	Rendi- miento (kg/ha)	Costos variables (CV) (\$/ha)	Increm. rend. (kg/ha)	Increm. en (CV) (\$/ha)	Beneficio bruto (\$/ha)	Beneficio neto (\$/ha)
Encapsulado + N-P	5,058	3,156	130	700	585	-115
Sin encapsulado + N-P	2,917	2,456	dominado	528		
Encapsulado +½ N-P	4,928	1,928	455	1,228	2,047	819
Encapsulado	4,473					

CONCLUSIONES

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas a tratamientos de encapsulado-fertilización y a la interacción variedades por encapsulado-fertilización.

Con el encapsulado de la variedad Chapingo más la aplicación de la mitad de la dosis de fertilización convencional, se obtuvo el mayor rendimiento de grano de maíz.

En términos de producción y económicos el mejor tratamiento fue el encapsulado de semilla más la aplicación de mitad de la fertilización convencional. Con este tratamiento que obtuvo el mayor beneficio neto y una TRM de 66.7%.

LITERATURA CITADA

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

Cruz CFJ, López LA, Garrido RER, Ruiz SE. 2014. Validación de la técnica de encapsulado de la semilla de cacahuete para mejorar su rentabilidad en el estado de Chiapas, México. Memoria de la IX Reunión Nacional Agrícola. Mérida, Yucatán.

Harrington L. 1982. Ejercicios sobre análisis económico de datos agronómicos. Documento de Trabajo. México D.F., México: CIMMYT.

López-Báez. W.; A. López-Luna; B. Coutiño-Estrada; R. Camas-Gómez; B. Villar-Sánchez; J. López-Martínez; V. Serrano-Altamirano; P. Cadena-Iñiguez; A. Zamarripa-Morán y C. Sandoval-Morado. 2008. Zonas potenciales y recomendaciones técnicas para la producción sustentable de Maíz en Chiapas. Libro Técnico No. 1. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 228 páginas.

USO DE DRONES EN LA AGRICULTURA: PRUEBA PILOTO EN EL SITIO EXPERIMENTAL UXMAL, YUCATÁN

USE OF DRONES IN AGRICULTURE: PILOT TEST IN EXPERIMENTAL SITE UXMAL, YUCATAN

¹Aguilar Duarte Y, ²Gijón Yescas G, ¹Cano González A, ¹Ramírez J, ¹Ramírez G.

¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

²Proactiva Medio Ambiente Setasa. Km. 1.5 de la Carretera Susulá-Chalmuch, Periferico Poniente, Mérida, Yucatán.

*yaguilarduarte@gmail.com

RESUMEN

El uso de drones se está popularizando a nivel mundial para múltiples aplicaciones. En el contexto agrícola, Japón y Brasil son los países pioneros usando esta tecnología dirigido a una agricultura de precisión. En México, el uso de drones es aún incipiente. El objetivo de este trabajo es documentar una prueba piloto del uso de dron para la zonificación del sitio experimental "Uxmal" en Yucatán, con fines de reconocimiento de los espacios agrícolas actuales. El estudio incluyó el levantamiento de las coordenadas geográficas en campo que delimitan el predio (100 ha), y en gabinete, la elaboración de planes de vuelo por medio de la página web DroneDeploy para Drones DJI, donde se establecieron los parámetros de altura (100 m), traslape lateral (70%) y frontal (55%) para la toma de imágenes. En campo, se utilizó un dron Phantom 3 Standard y la App DroneDeploy en un dispositivo móvil con sistema operativo IOS para el vuelo autónomo. Posteriormente las imágenes fueron cargadas a la misma página web para su procesamiento. Se obtuvieron un total de 1200 imágenes, el resultado principal fue un ortomosaico del sitio experimental donde se observan claramente los diferentes usos de suelo e infraestructura usando ArcGis 10.2. Se logró cubrir aproximadamente el 90% del área total, debido a complicaciones con la velocidad del viento. También se presentan algunos casos específicos con imágenes individuales para la observación de procesos como la deficiencia de nitrógeno en cocotero y los diferentes estratos de la vegetación secundaria. Las principales conclusiones fueron que a pesar de las condiciones meteorológicas, el producto generado es útil para la cartografía actual del uso de suelo del sitio experimental, sin embargo, para fines de estudios a detalle, es importante considerar otras variables, como la altura del vuelo, la superficie a analizar, la necesidad de sensores, entre otros.

Palabras clave: *agricultura de precisión, parcelas, condiciones meteorológicas, uso de suelo.*

INTRODUCCIÓN

Un vehículo aéreo no tripulado (VANT), también conocido coloquialmente como dron, es un pequeño avión portátil y de despliegue rápido. Los drones han evolucionado en diferentes configuraciones con el fin de desarrollar diferentes características de vuelo que podría ser aprovechado para diversos usos (D' Alessandro et al., 2015). Los drones pueden producir diferentes tipos de mapas, algunos de fácil obtención como los ortomosaicos bidimensionales y otros más complejos como los mapas térmicos, modelos de elevación, modelos 3D, etc., que permiten realizar diferentes análisis y aplicaciones, pero para esto se requieren sensores y softwares especializados (Greenwood, 2015).

A nivel internacional, se ha reportado el uso de drones en diversos ámbitos, uno de los más populares es el proyecto "ConservationDrone" dirigido a la cartografía de bosques y monitoreo de la biodiversidad (Koh et al., 2012). El proyecto "OpenStreetMap", para cartografiar edificios y carreteras y elaborar mapas a nivel local (Greenwood, 2015). En ambientes urbanos, se ha reportado el uso de drones para la identificación de riesgos, calidad del agua y aire (Gallacher, 2016). En la agricultura de precisión y la monitorización de los campos productivos, Japón y Brasil son los países que han usado drones desde los años 90 (Montesinos, 2015).

En México, el uso de drones aún es incipiente. Algunos ejemplos están reportados para el monitoreo ambiental (Paneque-Galvez et al., 2014), zonificación de áreas de conservación en Oaxaca (Ramírez-Chávez et al., 2015), registro topográfico de sitios arqueológicos (Acosta-Ochoa y Jiménez Delgado,

2016), estudios de modelo digital de superficie a detalle de un maar (lago de cráter volcánico) (Carrera-Hernández et al., 2016) y como polinizador de cultivos (Villareal-Hernández et al., 2015). Entre las principales ventajas del uso de drones, es el poder trabajar a escalas de detalle que otros productos de percepción remota no pueden otorgar, así como la facilidad de obtener una ortofoto de una superficie en un periodo de tiempo corto y a bajo costo (Ramírez-Chávez et al., 2015).

De manera particular en el contexto agrícola el uso de drones tiene múltiples aplicaciones, algunos autores (Díaz-García 2015; Díaz-Celis, 2013) mencionan las siguientes: generación de inventarios de áreas de cultivos y monitoreo de las condiciones generales; de manera específica para medir el estrés hídrico en cultivos y hacer un manejo eficiente del agua, identificar el stress nutricional o la detección temprana de enfermedades y plagas, priorización en el suministro de insumos, entre otros aspectos. En resumen, generar información con datos precisos dirigida a una agricultura de precisión, que permita reconocer la variabilidad en el proceso productivo para seleccionar las mejores alternativas de manejo.

El objetivo de este trabajo es documentar una prueba piloto del uso de un dron para la zonificación y el reconocimiento de los espacios agrícolas actuales del sitio experimental “Uxmal” en Yucatán, que pertenece al Centro de Investigación Regional del Sureste (CIRSE) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas Pecuarias (INIFAP).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Sitio Experimental “Uxmal” (SE-Uxmal) está ubicado en el municipio de Muna, al sur del municipio de Mérida (Figura 1 A). Cuenta con una superficie de 100 ha y en él se desarrollan varios proyectos de investigación de diferentes cultivos agrícolas y plantaciones forestales. También cuenta con una gran superficie de selva con diferentes etapas de regeneración (Figura 1 B). Sin embargo, el área en su totalidad no cuenta con un mapa actual de uso de suelo, razón que motivó la realización de esta prueba piloto de uso del dron, para generar un ortomosaico como insumo principal para posteriormente realizar un mapa de uso actual del suelo del SE-Uxmal.

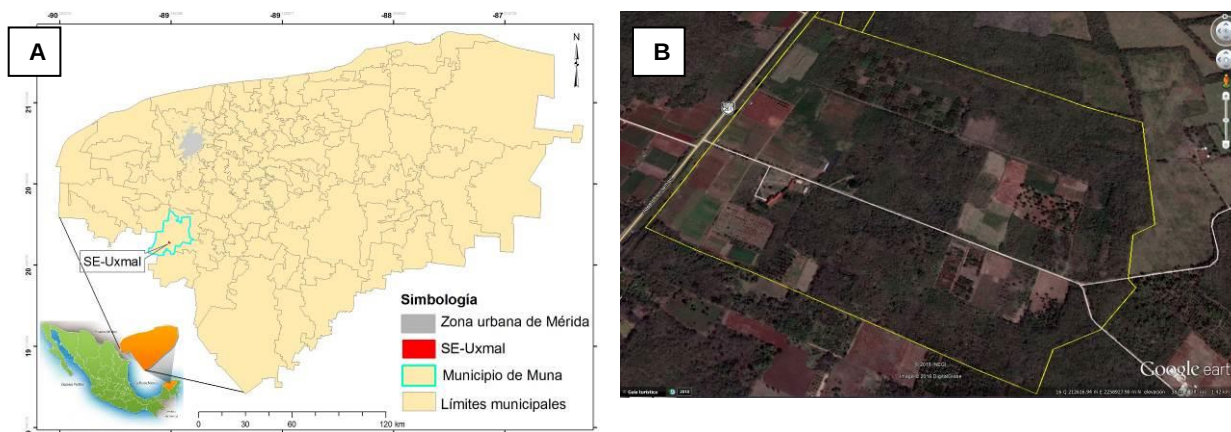


Figura 1. A) Ubicación geográfica del sitio en Yucatán, B) imagen satelital disponible de *Google Earth* del Sitio Experimental Uxmal (año 2010).

Plan de vuelo (gabinete y campo)

Se realizó previamente un recorrido de campo para registrar las coordenadas geográficas que delimitan la totalidad del área. En gabinete, estas coordenadas se usaron para generar un archivo .kml con el que se realizó el plan de vuelo. Debido a la superficie del área y a las características del equipo, se realizaron tres misiones. Los planes de vuelo de cada misión se realizaron en la Página Web Drone Deploy donde se definieron los parámetros de vuelo: área a cubrir, altura, traslape frontal y lateral de las imágenes. En este caso, los parámetros de cada vuelo y sus valores fueron los siguientes: altura: 100 m., traslape lateral: 70% y traslape frontal: 55%. Definidos los parámetros del plan de vuelo, se sincronizó con la *App* (sistema operativo IOS) *DroneDeploy* para Drones DJI. Una vez introducido

éstos parámetros, el software generó una serie de transectos con puntos de referencia y presentó un estimado de la duración de cada vuelo (Figura 2 A).

El dron utilizado es el Phantom 3 Standard de la compañía DJI con un peso de 1.2 kg, velocidad máxima de 57 km/hr, distancia de transmisión de 1000 m y un tiempo de vuelo máximo de 25 minutos por batería. Este dron está equipado con una cámara con una resolución de 12 megapíxeles en formatos JPEG y DNG y asimismo, puede grabar video con resolución de HD 2.7K a 30 cuadros por segundo (Figura 2 B). Nuevamente en el trabajo de campo dentro del SE-Uxmal, se activó la *App Drone Deploy*, donde se cargaron los planes de vuelo sincronizados previamente, conectándolos con el dron para volar y fotografiar de manera autónoma el área especificada. Esta actividad se realizó el 18 de junio del 2016.

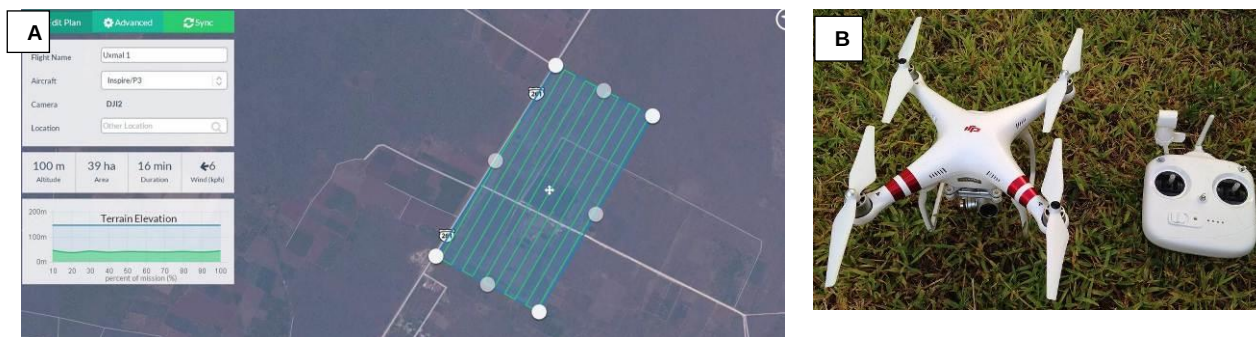


Figura 2. A) Ejemplo del plan de vuelo y transectos realizado en la página web DroneDeploy; B) equipo VANT Phantom 3 Standard

Procesado e interpretación de imágenes

Las imágenes captadas en los planes de vuelo fueron descargadas de manera individual en una computadora personal, con el cual se generó una carpeta con el registro de cada una de las imágenes. Para la realización del ortomosaico, todas las imágenes se cargaron a un portal de la página web *DroneDeploy* donde fueron procesados por el software y después de un periodo de aproximadamente 24 h se recibió la liga para su descarga. Se descargaron tres ortomosaicos correspondientes a cada misión de plan de vuelo.

En gabinete, cada ortomosaico fue procesada con el software *ArcGis 10.2* para su integración en un solo archivo. También se revisaron de manera individual, aquellas imágenes que presentan procesos interesantes para su posterior estudio y evaluación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron un total de 1200 imágenes cubriendo aproximadamente un 90% del área total. La Figura 3, presenta el resultado del ortomosaico. No se logró cubrir el 100% del área, debido a las condiciones climáticas durante el levantamiento, las cuales presentó un cielo parcialmente nublado y vientos de 40 km/h, lo que ocasionó una mayor resistencia del equipo en vuelo y mayor consumo de energía de las baterías, y consecuentemente redujo su uso para cubrir la totalidad de la superficie del SE-Uxmal.

La ventaja del cielo parcialmente nublado fue que no se originó el efecto de sombras de los árboles, sin embargo, en el transcurso del tiempo de un vuelo a otro, es evidente los efectos de la luminosidad entre las tres misiones de vuelo.

Esta prueba piloto ayudó a identificar y analizar el comportamiento del dron ante condiciones del mundo real como son el viento, la humedad y la luminosidad, tal como menciona Díaz-Celis, (2013). Sin embargo con fines cartográficos, este producto es útil y será el insumo principal para realizar posteriormente un mapa del uso actual del suelo del SE-Uxmal, pues se logra identificar fácilmente cada una de las parcelas agrícolas, las plantaciones forestales actuales y abandonadas, diferentes etapas de sucesión en la vegetación secundaria, principales caminos, terracerías e infraestructura, como edificios, invernaderos, estación meteorológica, bodegas, entre otros.



Figura 3. Ortomosaico del sitio experimental con las 1200 imágenes captadas por el dron. La delimitación del polígono en línea roja, indican la totalidad de la superficie del SE-Uxmal

De manera particular, se presentan seis diferentes imágenes individuales. En las parcelas de anonáceas e higuera (Figura 4 A y B, respectivamente), se observan diferentes grados de coloraciones blanquecinas, que probablemente indiquen el grado de pedregosidad del suelo o la presencia de rastrojo. En ambas imágenes se puede apreciar el crecimiento y el desarrollo de cada uno de los cultivos.

La Figura 4 C, es una toma de una plantación forestal (parte inferior) interactuando con la selva secundaria, donde se observa diferentes estratos de la vegetación. En la Figura 4 D, se observa un camino de terracería y la estructura organizacional de las diferentes plantaciones forestales. En la Figura 4 E, se resalta una plantación de cocotero abandonada intercalada con vegetación secundaria arbustiva, nótese el color amarillento de las palmas, que indican una deficiencia de nitrógeno. La Figura 4 F, es una toma más cercana al momento que descendía el dron, de aproximadamente 40 m de altura, es una plantación de plátanos donde también se observan las coloraciones amarillentas en algunas hojas.

A partir de esta prueba piloto, podríamos calibrar la resolución temporal y espacial para futuras misiones de vuelo. Dependiendo del objetivo de estudio y la superficie a analizar, se requerirá de diferentes parámetros a considerar, desde el tipo de dron, cámaras, dispositivos, sensores, altura de vuelo, softwares, fuente de energía, entre otras consideraciones (Greewood, 2015; Ramírez-Chávez et al., 2015). Greenwood (2015) menciona que el trabajo de campo y mapeo con el uso de drones, está realizándose actualmente en constante innovación, para identificar problemas imprevistos y desafíos técnicos.

CONCLUSIONES

Con el uso del dron se logró obtener un ortomosaico que cubrió el 90% de la superficie total del sitio experimental, debido a complicaciones durante el vuelo por las condiciones meteorológicas que se presentaron, en particular la velocidad del viento con un registro de 40 km/hr. Sin embargo, para fines del objetivo perseguido, el ortomosaico es útil para la realización de un mapa de uso actual del suelo. Esta prueba piloto permitirá calibrar las diferentes variables a considerar para posteriores estudios específicos, de mayor detalle y precisión.

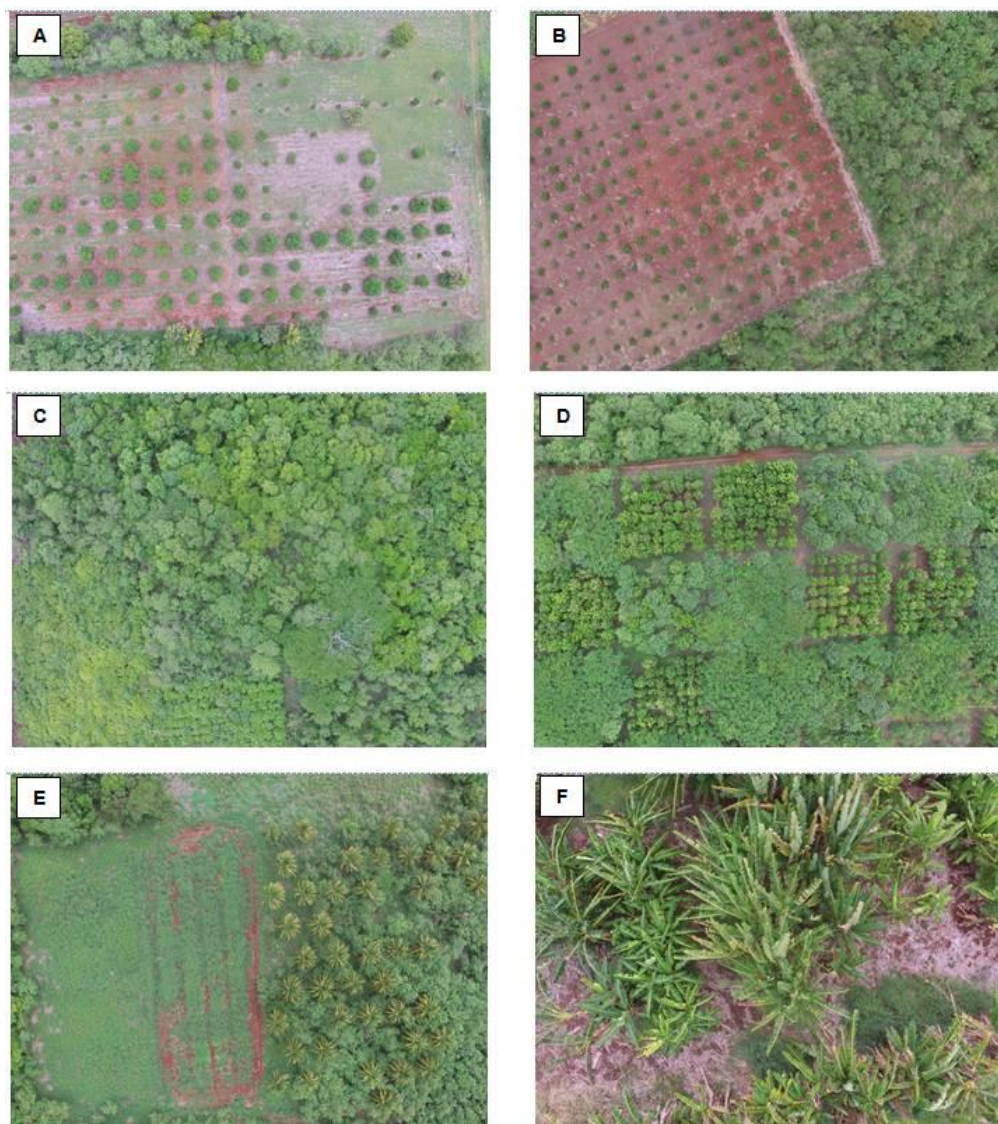


Figura 4. Diferentes imágenes capturadas por el VANT Phantom 3: A) parcelas de anonáceas; B) parcela agrícola de higuera; C) interacción de plantación forestal con diferentes estratos de la vegetación de selva secundaria; D) plantaciones forestales; E) Plantación abandonada de cocotero intercalada con vegetación secundaria; F) una toma más cercana en plantaciones de plátano.

Literatura citada

- D' Alessandro, A., Bucalo, F., Coltelli, M., and Martorana, R. 2015. Drones – New technologies for geophysics? Conference paper. Near Surface GEOSCIENCE. Turin, Italy, 6-10 September.
- Carrera-Hernández, J. J., Levresse, G., Lacan, P., and Aranda-Gómez, J. J. 2016. A low cost technique for development of ultra-high resolution topography: application to a dry maar's bottom. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 33, 122-133.
- Díaz Celis, C. A. 2013. Adquisición de imágenes de bajo costo aplicadas a la agricultura de precisión usando vehículos aéreos no tripulados. Tesis para obtener el Magíster en Sistemas de información geográfica. Quito. 140 p.
- Díaz García C. J. J. 2015. Estudios de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Tesis para obtener el grado de Máster

- en Tecnologías de la información Geográfica. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid. 78 p.
- Gallacher, D., 2016. Drones to manage the urban environment. Risk, rewards, alternatives. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4, 115-124.
- Koh, L. P., and Wich, S. A. 2012. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science*, 5, 121-132.
- Paneque-Gálvez, J., McCall, K. M., Napoletano, M. B., Wich, A. S., and Pin-Koh L. 2014. Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas. *Forest* 5, 1487-1507.
- Ramírez-Chávez, E. J., Cruz García, A., Reyes Carreño, O. E., Lagunas Pérez, A. G. y López Armería, C. 2015. Uso de vehículo aéreo no tripulado para la zonificación de área destinada voluntariamente para la conservación "La Ciénega" Puerto Ángel, Oaxaca. Memorias de resúmenes extensos del Congreso SELPER-XXI-México-UACJ., efectuado del 12 al 16 de Octubre 2015. Ciudad Juárez, Chihuahua México.
- Villareal-Hernández, C., López-Chimil, H., Castellanos Serrano, L. T. y López Franco, E. 2015. Dron polinizador de cultivos. *Tecnologías aplicadas para alternativas sustentables. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 67-71.

Referencias informáticas

- Greenwood, F. 2015. How to make maps with drones. In: *Drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights, and global development a primer*. New America. <http://drones.newamerica.org/primer/> (Consultado 20 de junio de 2016).
- Montesinos, S. 2015. Aplicaciones de los drones en la agricultura de precisión. <http://www.nosolosig.com/articulos/578-aplicaciones-de-los-drones-en-agricultura-de-precision> (Consultado el 13 junio 2016).
- Acosta-Ochoa, G. y Jiménez, Delgado G. 2016. La fotogrametría digital mediante dron como alternativa en el registro topográfico y 3D de sitios arqueológicos. https://www.researchgate.net/publication/292103048_La_fotogrametria_digital_mediante_dron_como_alternativa_en_el_registro_topografico_y_3D_de_sitios_arqueologicos (Consultado el 28 de abril de 2016).

MATERIA ORGANICA Y NITROGENO ASIMILABLE EN SUELOS DEDICADOS A COCOTERO EN EL ESTADO DE GUERRERO, MEXICO.

ORGANIC MATTER AND AVAILABLE NITROGEN IN SOILS DEVOTED TO COCONUT IN THE STATE OF GUERRERO, MEXICO.

¹Ramírez Silva J.H.*, ¹Aguilar Duarte Y., ¹Ramírez Jaramillo G., ²Oropeza Salím C., ¹Cano González A.,

¹Investigadores del Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

²Investigador del Centro de Investigaciones de la Península de Yucatán (CICY).

Autor para correspondencia: ramirez.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

Guerrero es el estado con mayor superficie de plantaciones de cocotero a nivel nacional, pero presentan bajo potencial productivo causado por el envejecimiento y falta de opciones tecnológicas. Se ha recomendado introducir y validar nuevos eco-tipos de cocotero no sin antes realizar estudios de fertilidad de los suelos. En este trabajo se realizó un diagnóstico de la fertilidad de los suelos enfocados al contenido de Materia Orgánica (MO) y Nitrógeno Asimilable (N-NO₃⁻) en zonas productoras de coco y los resultados se compararon con niveles críticos estándares. Los datos se procesaron bajo un Análisis de Varianza Simple, considerando a sitios como tratamientos y a los nueve puntos de muestreo como repeticiones. Se realizaron Perfiles Edafológicos, en cada sitio, para observar el contenido y comportamiento de la MO y del N-NO₃⁻ a diferentes profundidades. La MO fluctuó entre 2.08 y 5.49% en Altos de Ventura con una media de 3.57% considerado como medio; mientras que, en Aguas Blancas, el rango estuvo entre 0.87 y 1.74% con una media de 1.20% clasificado como bajo. En Las Tunas, el rango fluctuó de 1.34 a 2.28% con una media de 1.94% clasificado como medio. El N-NO₃⁻ en Las Tunas obtuvo la media más alta con 12.26 ppm. En contraste, Altos de Ventura y Aguas Blancas obtuvieron cantidades de 7.02 y 7.2 ppm respectivamente. La MO y N-NO₃⁻ disminuye con la profundidad del perfil en todas las localidades excepto en Las Tunas donde ambos atributos del suelo aumentan con la profundidad del perfil en un horizonte ubicado entre 52 y 92 cm. Todas las localidades estuvieron muy por debajo del rango medio de 20 a 40 ppm de N-NO₃⁻ reportado por la literatura por lo que el cocotero puede sufrir por deficiencias importantes de N, y a medida que sus raíces profundicen las deficiencias podrán ser más estresantes.

Palabras clave: *Nutrientes, Límites críticos, fertilidad.*

INTRODUCCIÓN

Se ha reportado que el estado de Guerrero tiene una superficie de plantaciones de cocotero de 84 mil 881 has (SIAP, 2013) y por ello ocupa el primer lugar como productor de copra a nivel nacional empleando más de un millón de jornales anualmente.

Sin embargo, existen otras estadísticas que asumen que el estado tiene una superficie de 45,000 has (Gobierno del estado Guerrero 2013) y que las plantaciones están perdiendo su potencial por envejecimiento (más de 60 años) y falta de opciones tecnológicas que puedan rescatar el potencial de los suelos del estado de Guerrero, considerados como óptimos para producir cocotero.

En preocupación a lo anterior varios expertos nacionales y extranjeros fueron invitados por el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY) y la empresa: Insumos Naturales de la Costa S. de P.R. de RL. con el fin de realizar un recorrido de campo por las regiones y municipios más importantes y así emitir una opinión técnica especializada sobre las mejores opciones tecnológicas disponibles para el estado de Guerrero.

La primera recomendación fue validar agrónomicamente, en parcelas de campo, nuevos eco-tipos de cocotero como el Enano Verde de Brasil que puedan sustituir a futuro las plantaciones actuales y la segunda recomendación fue la de realizar la caracterización agroclimática y edafológica de los suelos. En atención a lo antes expuesto, se planteó este trabajo con el objetivo de realizar un diagnóstico de la fertilidad de los suelos enfocado a cuantificar el contenido de Materia Orgánica y Nitrógeno

Asimilable (N-NO_3) en zonas productoras de coco del estado de Guerrero y comparar los resultados con niveles críticos estándares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en febrero del 2015 en sitios de estudio pertenecientes a las regiones de Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero con clima cálido-subhúmedo Aw0 (García, 1988) y precipitación media anual de 1200 mm.

Se seleccionaron tres plantaciones de cocotero (Figura 1) de 10 has cada uno; el primer sitio, denominado Alto de Ventura ($16^\circ 42' 45'' \text{ LN}$ y $-99^\circ 13' 08'' \text{ LW}$) se ubicó en Costa Chica municipio de San Marcos: dos sitios se seleccionaron en la región de Costa Grande: el primero Aguas Blancas ($17^\circ 11' 02'' \text{ LN}$ y $-100^\circ 37' 07'' \text{ LW}$) en el municipio de Técpan de Galeana y el otro Las Tunas ($17^\circ 05' 51'' \text{ LN}$ y $-100^\circ 28' 58'' \text{ LW}$) en el Municipio de Benito Juárez.

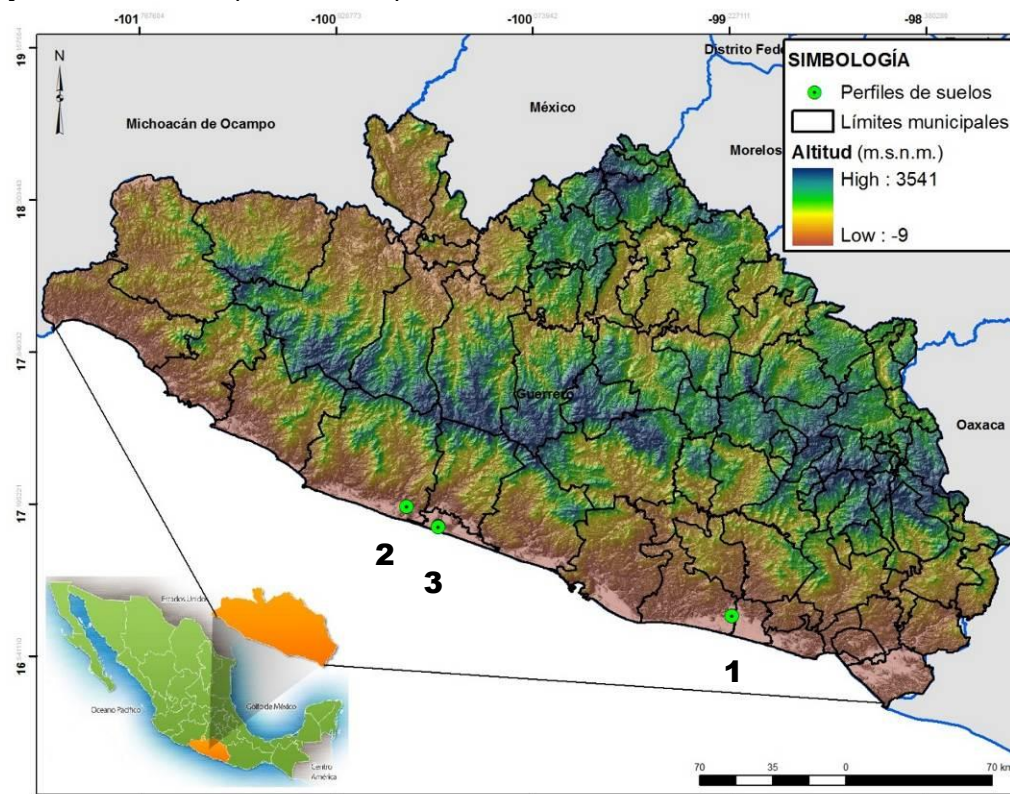


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo y descripción de perfiles en localidades de Altos de Ventura (1), Aguas Blancas (2) y Las Tunas (3) en el estado de Guerrero. Febrero del 2015.

En cada sitio se tomaron 9 muestras individuales a 0-30cm de profundidad bajo el sistema de muestreo del Método Bidimensional Sistematizado Aleatorio (Figura 2) en donde se determinó Materia Orgánica (MO) y Nitratos (N-NO_3^-) reportados en % y ppm respectivamente. La información se procesó bajo un Análisis de Varianza Simple, considerando a los tres sitios como tratamientos y a los nueve puntos de muestreo como repeticiones. Se realizaron Perfiles Edafológicos en cada sitio para observar el contenido y comportamiento de la MO y del N-NO_3^- a diferentes profundidades, dependiendo de la ubicación de los horizontes del suelo. La MO se determinó en laboratorio con método Walkley y Black y N-NO_3^- con Brusina.

400 Metros															
COORDENADAS Y															
33.33	66.66	99.99	133.33	166.56	199.89	232.22	266.55	299.88	333.21	366.54	400				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
A	I ₁				0							1	27.77	COORDENADAS X	250 Metros
		0										2	55.55		
									0			3	83.32		
	I ₂						0					4	111.09		
				0								5	138.86		
											0	6	166.63		
	I ₃						0					7	194.40		
			0									8	232.67		
										0		9	250.00		
	I _m	n ₁			n ₂			n ₃			100,000				
k ₁			k ₂			k ₃			k ₄		M ²				
L															

Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en cada localidad del estado de Guerrero

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia orgánica y nitratos (N-NO₃⁻). Se observa en el cuadro 1 el contenido de MO y N-NO₃⁻ encontrados a 0-30 cm de profundidad de cada una de las localidades. El Análisis de Varianza, para MO, muestra diferencias estadísticas significativas entre las localidades. La MO fluctuó entre 2.08 y 5.49% en Altos de Ventura, municipio de San Marcos en Costa Chica, con una media de 3.57% considerado estar dentro del rango medio de 1.6 a 3.5 reportado por la NOM 021; mientras que, en Aguas Blancas, en Técpan de Galeana en Costa Grande la MO estuvo entre 0.87 y 1.74% con una media de 1.21% clasificado como bajo. Por otra parte, Las Tunas, Municipio de Benito Juárez, en Costa Grande el rango estuvo de 1.34 a 2.28% con una media de 1.94% clasificado igualmente como medio.

Cuadro 1 Contenido de MO (%) y N-NO₃⁻ (ppm) en puntos de muestreo a 0-30 cm de profundidad en tres localidades dedicadas a cocotero en el estado de Guerrero. Febrero, 2015.

Localidad	Atributo	Puntos de Muestreo									□
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Altos de Ventura	M.O	2.21	5.49	2.08	2.35	4.42	4.49	3.35	3.55	4.22	3.57
	N-NO ₃ ⁻	1.60	0.80	2.40	6.40	8.00	13.60	9.60	6.40	14.40	7.02
Aguas Blancas	M.O	1.21	1.14	1.01	0.87	1.07	1.21	1.01	1.74	1.61	1.21
	N-NO ₃ ⁻	8.0	16.8	8.0	14.4	4.0	4.8	4.0	4.0	0.8	7.20
Las tuna	M.O	2.28	1.74	1.81	1.41	2.28	2.28	2.14	1.34	2.21	1.94
	N-NO ₃ ⁻	5.60	14.40	4.00	11.20	13.60	10.40	10.40	9.60	31.2	12.27

El N-NO₃⁻ no mostró diferencias estadísticas entre localidades, aun cuando Las Tunas obtuvo una media de 12.27 ppm mientras que, en contraste, Altos de Ventura y Aguas Blancas obtuvieron cantidades mucho más bajas que Las Tunas con 7.02 y 7.20 ppm respectivamente. Sin embargo, todas las localidades estuvieron muy por debajo del rango medio de 20 a 40 ppm de N-NO₃⁻ reportado para N inorgánico (NOM 021-SEMARNAT, 2000) y para N-NO₃⁻ (Phytomonitor, 2015). Estos resultados conducen a pensar en una estrategia para enriquecer los suelos con materia orgánica y un programa de fertilización equilibrada con el medio ambiente para no inducir a la contaminación de mantos freáticos.

Perfiles de suelos y distribución de MO, N-NO₃⁻. En las figuras 3-4 se observa el comportamiento de la MO y N a diferentes profundidades del suelo hasta 1.10 m. La tendencia obvia es la disminución

de la MO a medida que aumenta la profundidad. Lo mismo sucede con el N-NO_3^- . En el primer horizonte a 0-16 cm se encuentra el mayor contenido de MO así como la de N-NO_3^- . La MO en ese primer horizonte es de 4.15% considerado como alto (NOM 021-SEMARNAT, 2000) el cual disminuye drásticamente hasta 1.01%, y aún más bajo, a partir del segundo horizonte ubicado entre los 16 y 38 cm. Esta misma tendencia sucede con el N-NO_3^- al variar de 16 ppm en el primer horizonte hasta 4 ppm, o menos, a partir del segundo horizonte. Esto indica que el cocotero puede sufrir por deficiencias importantes de N. Con el tiempo, a medida que sus raíces se profundicen las deficiencias pudran ser más estresantes.

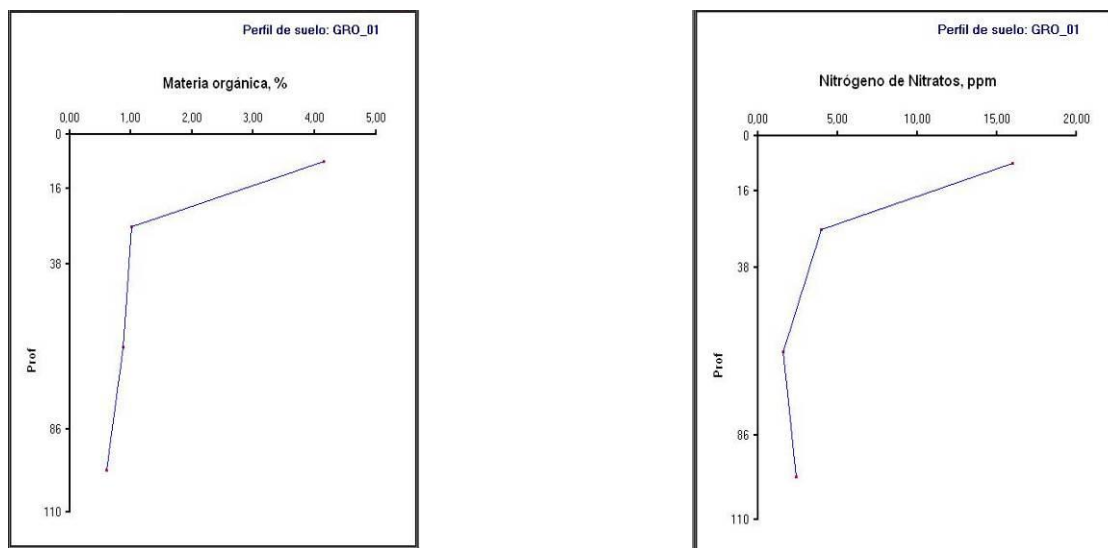


Figura 3-4. Distribución de la MO y N-NO_3^- en un perfil del suelo, dedicado a cocotero, en la localidad de Alto de Ventura, Municipio de San Marcos en Costa Chica Guerrero, febrero del 2015

La misma tendencia sucede con los suelos de Aguas Blancas (Figuras 5-6) donde el primer horizonte, ubicado de 0 a 20 cm, contiene 2.55% de MO y 8.8 ppm de N-NO_3^- . Cantidades mucho más bajas que las de Alto de Ventura, Esto indica que para todos los horizontes las posibilidades de tener deficiencias de N son muy altas; incluso a partir de los primeros años del cultivo del cocotero. Los contenidos de MO a horizontes más profundos, a partir del segundo horizonte ubicado en 24-34 cm son de 1.68 hasta 1.07%.

A comparación de las localidades anteriores, Las Tunas presenta tendencias y comportamientos de la MO y N-NO_3^- muy sui-géneris; ya que los contenidos de ambos atributos de la fertilidad del suelo aumentan, hasta cierto punto, con la profundidad y no disminuyen hasta horizontes más profundos. Esto se observa en las Figuras 7 y 8 donde la MO es de 2.14% en el primer horizonte de 0-30 cm, disminuye a 1.01% al siguiente horizonte de 30-52 cm y sorprendentemente vuelve a aumentar (incluso más alto que el primer horizonte) en el tercer horizonte ubicado entre 52 y 92 cm con 3.62% de MO

Lo anterior ha sido explicado a partir de que el tercer horizonte es un horizonte enterrado recientemente debido a los sedimentos arrastrados a causa de dos huracanes (Íngrid y Manuel) ocurridos en el 2013 (Raga et al. 2014). Este proceso de arrastre enterró al horizonte original con 50 cm de sedimentos aproximadamente, lo cual indujo la muerte de palmeras por asfixia al no permitir el paso de oxígeno eficientemente.

CONCLUSIONES

- Las localidades de Altos de Ventura en Costa Chica y Las Tunas en Costa Grande presentan contenidos medios de MO mientras que Aguas Blancas en Costa Grande tiene contenidos bajos
- Todas las localidades presentan contenidos bajos de N-NO_3^- por lo que es importante diseñar estrategias para la recuperación de la fertilidad de los suelos con aplicaciones equilibradas de fertilizantes orgánicos e inorgánicos

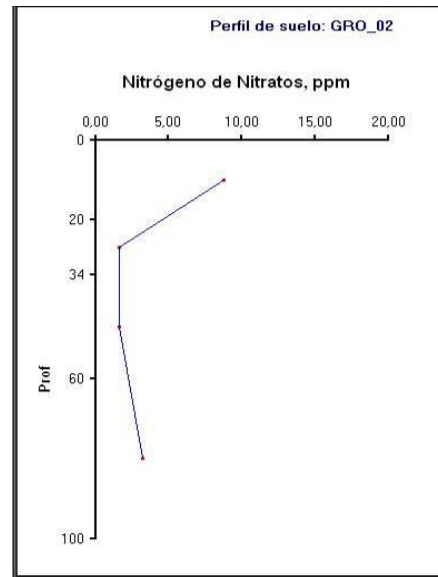
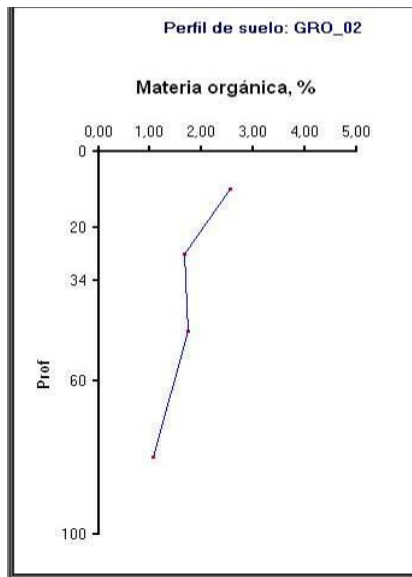


Figura 5-6. Distribución de la MO y N-NO₃- en un perfil del suelo, dedicado a cocotero, en la localidad de Aguas Blancas, Municipio de Técpan de Galeana en Costa Grande Guerrero. Febrero del 2015

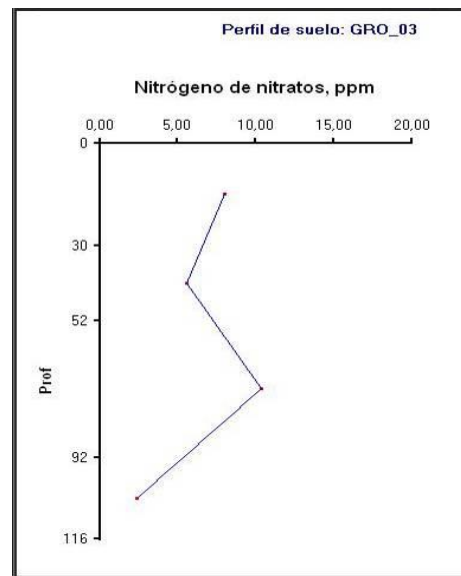
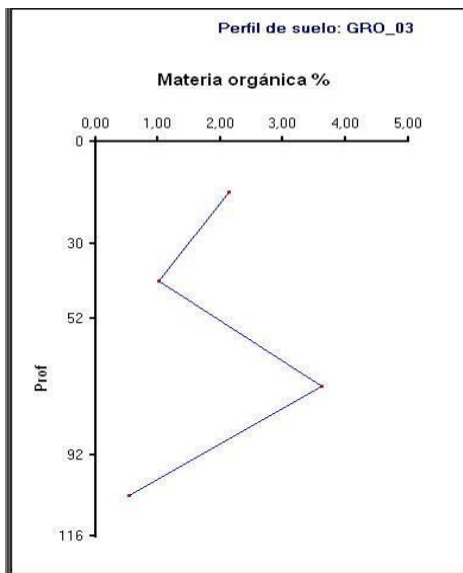


Figura 7-8. Distribución de la MO y N-NO₃- en un perfil del suelo, dedicado a cocotero, en la localidad de Las Tunas, Municipio de Benito Juárez en Costa Grande Guerrero. Febrero del 2015

-Las tunas presenta horizontes enterrados debido a inundaciones y arrastre de sedimentos. Esto, evidenciado por los contenidos más altos de MO en horizontes más profundos comparado con horizontes superficiales.

LITERATURA CITADA

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. UNAM. México, D.F.

Gobierno del Estado de Guerrero. (2013). *Plan Estratégico Sectorial del Estado de Guerrero*. Chilpancingo, Guerrero. México: Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Guerrero y SAGARPA.

Norma Oficial Mexicana NOM 021-SEMARNAT 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis.

Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Reportes de Laboratorio. Culiacán Sinaloa.

Raga G. B., De la Parra M., Olivera S. M. y Marín J. C. 2014. Manuel and Ingrid (2013) over Mexico: Effects and Impacts. Conference paper. 31st. Conference on Hurricanes and Tropical Meteorolgy 2014, American Meteorological Society. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268115205_Manuel_and_Ingrid_2013_over_Mexico_Effects_and_Impacts. Consultado el 27 de junio de 2016

Referencias informáticas:

SIAP, 2013. <http://www.siap.gob.mx/> (consultado el 15 de junio de 2016).

AVANCE ESPERADO PARA SELECCIÓN POR SINCRONÍA FLORAL EN MAÍZ PARA ADAPTACIÓN A CAMBIO CLIMÁTICO

EXPECTED RESPONSE TO SELECTION BY ANTHESIS-SILK INTERVAL IN MAIZE LOOKING FOR ADAPTATION TO CLIMATIC CHANGE

¹Ramírez Mandujano CA, ¹González Cortés JC, ¹Granados García ME

¹Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio R, Ciudad Universitaria. Fco. J. Múgica s/n, Col. Felicitas Del Río, C.P. 58030. Morelia Michoacán, México.
Autor para correspondencia: cramirzm@umich.mx

RESUMEN

El cambio climático está provocando disminución en la precipitación, lo que quiere decir que habrá que adaptar nuestros cultivos a menor disponibilidad de agua. La sincronía floral en maíz va acompañada de mejor comportamiento bajo sequía y puede ser utilizada como criterio de selección. Es necesario estimar el avance esperado antes de iniciar un programa de mejoramiento para éste carácter. Para hacer un pronóstico de respuesta a selección se hicieron estimaciones de componentes de varianza y heredabilidad a partir de un ensayo de 40 familias de medios hermanos maternos. Se midieron días a floración masculina y femenina, asincronía floral, área foliar, número de hojas sobre y debajo de la mazorca, altura de mazorca, altura total de planta y peso de mazorca en 8 plantas de cada familia en cada una de tres repeticiones. Los resultados dicen que el avance máximo por selección combinada o selección masal con presión de selección de 1 %, será de 2 % por ciclo y que se reducirán los días a floración femenina, aumentando al mismo tiempo el número de hojas debajo de la mazorca y el peso de la misma.

Palabras clave: *asincronía floral, respuesta a selección, cambio climático, maíz.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México; en 2014 se cosecharon cerca de 23 millones de ton en 7 millones de ha (SIAP, 2015). Por efecto del cambio climático ya ha sido detectada una disminución sostenida de la precipitación (Ruiz et al., 2000), la cual se espera que continúe en las próximas décadas (Sáenz-Romero et al., 2012). Se sabe que los maíces con menor asincronía floral tienen mejor comportamiento en condiciones de sequía (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999). Entonces una de las acciones que pueden emprenderse, es reducir dicha asincronía por selección.

El avance por selección depende en parte del valor de heredabilidad del carácter involucrado, con el cual se puede hacer un pronóstico de cuantos ciclos de selección y cuánto tiempo se necesitan para conseguir un determinado porcentaje de avance (Hallauer y Miranda, 1988). Sin embargo, el cambio por selección en un carácter normalmente provoca cambios en otros como respuesta correlacionada no prevista (Edwards, 2011). Para esto se requiere que exista una alta correlación genética entre ellos (Hallauer y Miranda, 1988; Ross et al., 2006). El objetivo del presente trabajo fue estimar componentes de varianza genética y valor de heredabilidad para hacer un pronóstico de avance por selección recurrente y determinar un posible cambio en otros caracteres de importancia por respuesta correlacionada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 40 familias de medios hermanos maternos seleccionadas al azar en el campo de cultivo. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de 5 m conteniendo 11 matas de dos plantas cada 50 cm, con separación de 80 cm entre surcos, que son 50 mil plantas/ha. La dosis de fertilización fue de 100-50-00. Se tomaron datos de días a floración masculina y femenina, asincronía floral, área foliar de la hoja de la mazorca principal (largo * ancho basal * 0.73), número de hojas sobre y debajo de la mazorca, altura de mazorca, altura total de planta y peso de mazorca en 8 plantas de cada familia y cada repetición. Se hizo análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. Se estimaron componentes de varianza, heredabilidad y correlación genética entre caracteres con el paquete estadístico PBTtools (IRRI, 2013),

versión 1.3. Se hizo pronóstico de avance por selección masal estratificada, de familias de medios hermanos, y combinada sobre la base de las siguientes fórmulas adaptadas de Fehr (1987) y de Hallauer y Miranda (1988):

$$h_i^2 = \frac{4\sigma_f^2}{(\sigma_f^2 + \sigma_e^2)} \quad h_f^2 = \frac{\sigma_f^2}{\left[\sigma_f^2 + \frac{\sigma_e^2}{b}\right]} \quad h_{i(f)}^2 = \frac{3\sigma_f^2}{\sigma_e^2} \quad R = \frac{ci\sigma_A^2}{\sigma_p}$$

Donde: h_i^2 = heredabilidad a nivel de individuos, h_f^2 = heredabilidad a nivel de familias, $h_{i(f)}^2$ = heredabilidad para individuos dentro de familias, σ_f^2 = Varianza entre familias, σ_e^2 = Varianza del error, b = número de bloques, R = respuesta a selección, c = control parental, i = intensidad de selección estandarizada, σ_A^2 = varianza aditiva, σ_p = desviación estándar fenotípica.

La desviación estándar fenotípica es la raíz cuadrada del denominador que aparece en las tres fórmulas de heredabilidad, para cada caso de selección: plantas individuales, familias e individuos dentro de familias. La varianza aditiva es cuatro veces la varianza de familias. El control parental tiene valor de 0.5 cuando las plantas seleccionadas son polinizadas libremente, y valor de 1.0 cuando solo se polinizan entre ellas. Los valores de presión de selección estandarizada son de 1.4 cuando se selecciona al 20 % del total de plantas o familias, 1.755 cuando se selecciona al 10 %, 2.063 cuando se selecciona al 5 % y de 2.665 cuando las seleccionadas son sólo el 1 % de la población.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 aparecen los resultados del análisis de varianza. Hubo diferencias significativas entre familias ($p < 0.01$) para todas las variables evaluadas. Entre repeticiones no hubo diferencias significativas para asincronía y área foliar. Los coeficientes de variación están dentro de los valores aceptables para experimentos conducidos en campo bajo condiciones de secano, excepto asincronía y peso de mazorca. La media de asincronía fue de 4.43 días, pero los valores extremos fueron - 4 y 19 días, lo que quiere decir que la variación es alta y es necesario hacer selección para reducirla; hubo cuatro grupos de significancia y por su menor asincronía destacan las familias 33, 34, 25, 20, 35 y 26, todas con valores promedio inferiores a 3 días. En la figura 1 están los resultados de la prueba de separación de medias de Tukey.

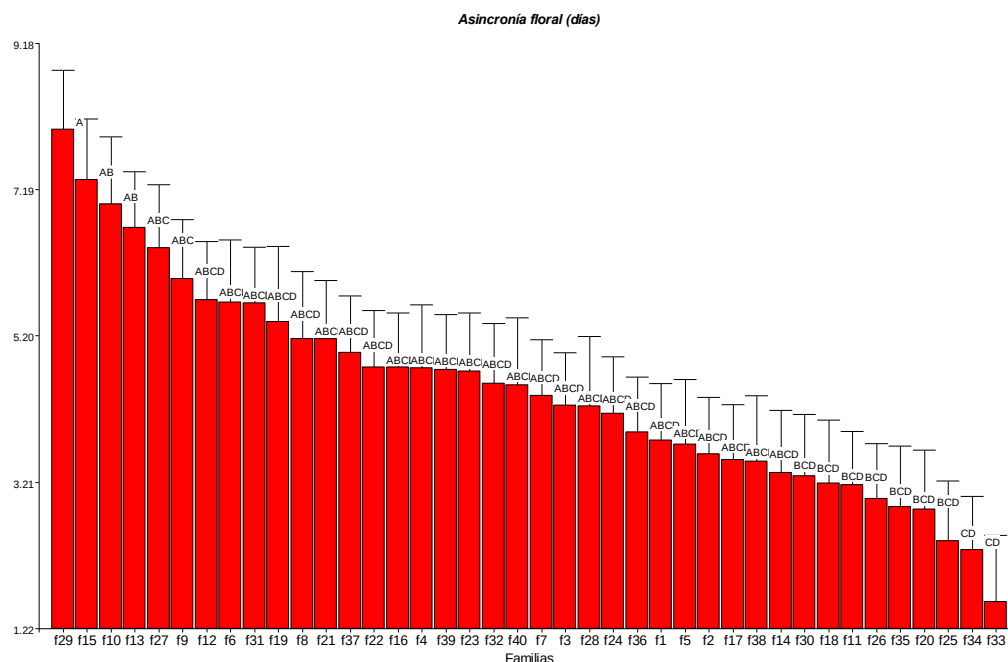


Figura 1. Prueba de comparación de medias de Tukey ($p = 0.05$) para asincronía floral.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas, valores medios y coeficiente de variación. Ciclo P-V 2014/2014.

Fuente	GL	Flor Masc (días)	Flor Fem (días)	Asi (días)	Hojas Arriba	Hojas Debajo	Área Foliar (cm ²)	Altura Mazorca (cm)	Altura Total (cm)	Peso Mazorca (g)
Familia	39	57.19 **	104.78 **	38.08 **	1.72 **	3.46 **	74801.2 **	1757.32 **	2649.51 **	4444.26 **
Bloque	2	38.52 **	123.98 **	24.08 ns	7.37 **	53.81 **	6295.08 ns	23692.68 **	32348.49 **	10540.51 **
Media		83.9	88.3	4.43	4.1	4.7	915.7	106.1	215.4	94.9
C. V. (%)		3.14	5.01	39.78	16.8	21.96	15.67	16.66	10.69	34.87

El valor estimado de la varianza del error para asincronía fue 2.29 veces mayor que el de familias. En seguida se muestran los resultados de los pronósticos de respuesta a selección (cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta esperada a selección por sincronía floral

Método	Presión de selección	Avance esperado por ciclo (días)
Selección masal	10 %	1.27
	5 %	1.49
	1 %	1.93
Selección de familias de medios hermanos	20 %	1.38
Selección combinada	20 % + 5 %	1.87

El valor estimado de heredabilidad a nivel de familias para asincronía fue de 0.56, que se considera alto; la respuesta esperada a selección fue de 1.27 días cuando se aplica selección masal estratificada con presión de selección de 10 %, y avance de 1.49 días si la presión de selección es de 5 %. Lo anterior significa que en campo se puede manejar un lote de selección masal de 2000 plantas para seleccionar 200 pero mejor de 4000 para seleccionar 200, lo cual es perfectamente manejable dividiendo en 100 sublotos de 40 plantas para seleccionar a 2 plantas por sublote.

La respuesta esperada es de 1.38 días cuando se aplica selección de familias de medios hermanos con presión de selección de 20 % y se recombinan las familias seleccionadas sólo entre ellas; en campo implica una evaluación de 200 familias para seleccionar 40 y en un ciclo agrícola posterior recombinarlas, lo cual reduce a la mitad el avance por año. Si se aplica adicionalmente selección de plantas individuales dentro de las mejores familias (selección combinada), se tendrá un avance extra de 1.18 días, pero esto implica que las plantas y familias seleccionadas ya reciben polen de todo el resto, es decir, tanto de seleccionadas como no seleccionadas y la respuesta a selección de familias baja a 0.69 días, que sumada a la selección de plantas individuales dentro de las mejores familias da un avance total de 1.87 días. Para ello se recomienda comúnmente seleccionar las 5 mejores plantas de las mejores 40 familias. 5 plantas seleccionadas por familia, que sean el 5 % del total implica manejar 100 plantas por familia en el lote de evaluación – selección; como se acostumbra repeticiones de 11 matas de dos plantas, es decir 22, esto se traduce a establecer el ensayo con cinco repeticiones.

La selección combinada puede ser superada por la selección masal si se aumenta la presión de selección para quedarse con el 1 % de las plantas, pero necesita un lote de selección de 20 mil plantas para escoger 200, en una superficie de un tercio de hectárea. El avance esperado es casi 2 días por ciclo, que para una media de 4.43 días equivale a reducir 43 % por ciclo, o sea que en dos ciclos se elimina la asincronía. En el cuadro 3 aparecen los valores de correlación genotípica entre la asincronía floral y el resto de las variables evaluadas, así como los valores de heredabilidad.

Cuadro 3. Asociación genotípica (r_{Gxy}) entre asincronía floral y el resto de las variables, y heredabilidad (h^2) estimada.

	Asi	Flor Masc	Flor Fem	Hojas Arriba	Hojas Debajo	Área Foliar	Altura mazorca	Altura planta	Peso mazorca
r_{Gxy}		-0.07	0.62**	-0.04	-0.81**	0.12	-0.16	-0.12	-0.38*
h^2	0.56	0.52	0.56	0.65	0.25	0.39	0.46	0.49	0.48

Los mayores valores de correlación son para días a floración femenina, número de hojas debajo de la mazorca y peso de la misma. La selección para reducir la asincronía floral disminuirá también los días a floración femenina, lo que es muy lógico; incrementará el número de hojas debajo de la mazorca y el peso de la mazorca. No traerá cambios apreciables en los días a floración masculina, el número de hojas arriba de la mazorca, el área foliar y altura de planta y mazorca. Excepto para peso de mazorca, los valores de heredabilidad son cercanos a los que generalmente aparecen en trabajos similares.

CONCLUSIONES

El avance esperado por selección para reducir la asincronía floral estará cercano a 2 días por ciclo aplicando selección combinada con cifras que comúnmente se manejan, o con selección masal estratificada aplicada a un total de 20 mil plantas con una presión de selección de 1 %. Esta selección reducirá el número de días a floración femenina e incrementará indirectamente el número de hojas debajo de la mazorca y en menor medida al peso de la mazorca.

LITERATURA CITADA

- Bolaños, J.; Edmeades G.O. 1996. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Res.* 48(1):65-80.
- Chapman, S.C.; Edmeades, G.O. 1999. Selection Improves Drought Tolerance in Tropical Maize Populations. II. Direct and Correlated Responses among Secondary Traits *Crop Sci.* 39(5): 1315-1324.
- Edwards, J. 2011. Changes in plant morphology in response to recurrent selection in the Iowa Stiff Stalk Synthetic maize population. *Crop Science* 51: 2352-2361.
- Hallauer, A.R.; Miranda, J.B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2ª Ed. Iowa State University Press. Ames, Io. 468 pp.
- International Rice Research Institute (IRRI) 2013 – 2020. Plant Breeding Tools (PBTools). Version: 1.3.
- Fehr WR. 1987. Principles of cultivar development. Vol. I Theory and Technics. Iowa State University Press. Ames, Io. 520 p.
- Ross, A.J.; Hallauer A.R.; Lee, M. 2006. Genetic analysis of traits correlated with maize ear length. *Maydica* 51: 301-313.
- Ruiz, C.A.; Ramírez, J.L.; Flores, F.J.; Sánchez J.J. 2000. Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia Mexicana* 23(2): 169-181.
- Sáenz-Romero, C.; Rehfeldt, G.E.; Crookston, N.L.; Duval, P.; Beaulieu, J. 2012. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México. Impacts on the vegetation. *Fitotecnia Mexicana* 35(4):333-345.

Referencias informáticas

- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consultado en junio 24 de 2015.

ASOCIACIÓN GENÉTICA ENTRE CARACTERES DE PLÁNTULA EN INVERNADERO Y DE PLANTA EN CAMPO EN MAÍZ

GENETIC ASSOCIATION BETWEEN NURSERY SEEDLING AND FIELD PLANT TRAITS IN MAIZE

¹Eduardo Damián García Martínez, ¹Ramírez Mandujano CA, ¹González Cortés JC, ¹Granados García ME

¹Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio R, Ciudad Universitaria. Fco. J. Múgica s/n, Col. Felicitas Del Río, C.P. 58030. Morelia Michoacán, México.
Autor para correspondencia: cramirzm@umich.mx

RESUMEN

El vigor inicial de planta en maíz ha sido trabajado en cultivares mejorados y, con base en cruza dialélicas se ha determinado que depende principalmente de efectos genéticos no aditivos y que no está asociado a caracteres de planta adulta. Casi no hay trabajos en que se haya determinado componentes de varianza genéticos con base en la evaluación de progenies en invernadero y su asociación genotípica con caracteres de planta adulta. Se estableció un ensayo de 40 familias de medios hermanos de un criollo mejorado en mayo de 2016 con diseño completamente al azar con tres repeticiones y ocho plantas por repetición en charolas de unicel con cavidades de 80 ml. Se midió fecha de germinación, longitud de coleóptilo a 12 días, diámetro basal a 18 días y vigor por apreciación visual a los 19 días. Se hizo análisis de varianza, se estimaron heredabilidades y correlación genotípica entre caracteres en vivero y entre éstos y los de planta adulta de un ensayo previo de campo. Excepto para diámetro basal, hubo diferencias significativas entre familias. La heredabilidad estimada fue de 0.63 para días a germinación, 0.32 para longitud de coleóptilo, 0.22 para diámetro basal y 0.63 para vigor. Días a germinación tuvo asociaciones negativas importantes con casi todos los caracteres en vivero y campo. Longitud de coleóptilo tuvo asociaciones positivas importantes con diámetro basal y vigor en invernadero y con el número de hojas debajo de la mazorca y el peso de mazorca. Diámetro basal tuvo asociación positiva importante con vigor, hojas debajo de la mazorca, área foliar, altura de mazorca y peso de mazorca y negativas con días a floración masculina y femenina, asincronía floral y hojas arriba de la mazorca. Vigor tuvo asociación positiva importante con días a floración masculina. Longitud de coleóptilo y diámetro basal en invernadero están fuertemente asociados al peso de mazorca pero son los menos heredables. La selección en invernadero podría modificar caracteres en planta adulta.

Palabras clave: *correlación genética, vigor de plántula, selección indirecta, maíz.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México; en 2014 se cosecharon cerca de 23 millones de ton en 7 millones de ha (SIAP, 2015). El vigor temprano es característica común en los maíces mejorados; es considerado un componente esencial del desarrollo de los cultivos en la mayoría de las condiciones ambientales (Ludlow y Muchow, 1990). Características simples como el porcentaje de germinación y la longitud de la parte aérea, han sido identificadas como aceptables indicadores de vigor de plántula (Acevedo et al., 1971). Se han hecho estimaciones de vigor inicial midiendo altura de plántula a las 2, 3, 4 y 5 semanas después de la siembra y número de hojas a las 5 semanas (Molatudi y Mariga, 2009); altura de plántula y número de hojas a los 24 días después de la siembra (Cervantes-Ortiz et al., 2006); altura de plántula y peso seco de la parte aérea a los 24 días después de la siembra (Cervantes-Ortiz et al., 2011); a los 40 días después de la siembra se ha medido longitud de plántula, y vigor por apreciación visual (Cervantes-Ortiz et al., 2007; Cervantes-Ortiz et al., 2013; Cervantes-Ortiz et al., 2014).

La mayor parte de las investigaciones coincide en que para el vigor inicial son más importantes los efectos de dominancia (Moreno-González, 1988; Cervantes-Ortiz et al., 2006; Cervantes-Ortiz et al., 2007; Cervantes-Ortiz et al., 2011) Solo Esquivel-Esquivel et al. (2009) estimaron efectos aditivos muy superiores a los de dominancia para altura de plántula a los tres días después de la emergencia. Sobre las correlaciones entre caracteres de plántula y planta adulta se han encontrado bajas correlaciones entre vigor de plántula y caracteres de planta adulta (Mock y Bakri, 1976; Mock y Skrdla,

1978; Mock y McNeill, 1979; Cervantes-Ortiz et al, 2013). Rebetzke et al. (1999) concluyeron que es posible obtener plántulas de trigo con alto vigor, que al mismo tiempo tengan altura reducida al llegar al estado adulto. Cervantes-Ortiz et al. (2014) reportan correlación positiva entre vigor inicial y número de hileras de la mazorca, peso y rendimiento de grano. El objetivo del presente trabajo fue estimar componentes de varianza y heredabilidad en invernadero por medio de evaluación de familias de medios hermanos maternos, y correlacionarlos con datos de un ensayo previo de plantas adultas en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un ensayo de 40 familias de medios hermanos de un criollo mejorado en Morelia, Michoacán en mayo de 2016 con diseño completamente al azar con tres repeticiones y ocho plantas por repetición en charolas de unicel con cavidades de 80 ml. Se incluyeron dos testigos: raza Jala y un criollo precoz local. Se midió fecha de germinación (para lo cual la siembra de semillas fue superficial), longitud de coleóptilo a 12 días, diámetro basal a 18 días y vigor por apreciación visual a los 19 días en escala de 1 a 5. Se hizo análisis de varianza, se estimaron componentes de varianza genética. Se estimaron heredabilidades y correlación genotípica entre caracteres en vivero y entre éstos y los de planta adulta de un ensayo previo de campo (días a floración masculina y femenina, asincronía floral, área foliar de la hoja de la mazorca principal, número de hojas sobre y debajo de la mazorca, altura de mazorca, altura total de planta y peso de mazorca). Longitud de coleóptilo y vigor tuvieron que transformarse por Scores normales. Se utilizó el software PBTtools (IRRI, 2013) versión 1.3 e InfoStat (Di Renzo et al., 2013) versión 2015.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 aparecen los resultados del análisis de varianza. Excepto para diámetro basal, hubo diferencias significativas entre familias ($p < 0.01$) para las variables evaluadas. Los coeficientes de variación están dentro de los valores aceptables para días a germinación y diámetro basal, pero son enormes para las variables transformadas, por lo cual se procedió también a aplicar a los datos originales la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde el resultado fue que sí hay diferencias significativas entre familias para los cuatro caracteres. Los valores medios en la cuadro son los de los datos sin transformar.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas en invernadero, valores medios y coeficiente de variación. Primavera 2016.

Fuente	GL	Longitud coleóptilo	Vigor plántula	Días a germinación	Diámetro basal
Familia	39	1.67 **	1.57 **	1.44 **	2649.51 ns
Media		2.98 cm	3.42	5.78 días	2.96 mm
C. V. (%)		6928763.49	580031.13	11.24	16.54

Por longitud de coleóptilo las mejores familias fueron 20, 42, 6 y 15, por vigor visual 6, 15, 35 y 42, y por días a germinación, todas esas mismas familias están dentro del último grupo de significancia. En la figura 1 están los resultados de la prueba de separación de medias de Tukey para días a germinación. Los testigos aparecen como 41 y 42 y están dentro del primer grupo de significancia, germinan pronto pero no sobresalen en el resto de los caracteres evaluados.

La heredabilidad estimada fue de 0.63 para días a germinación, 0.32 para longitud de coleóptilo, 0.22 para diámetro basal y 0.63 para vigor. Entonces la selección dará un avance más rápido para días y germinación y vigor.

Días a germinación, Tukey 0.05

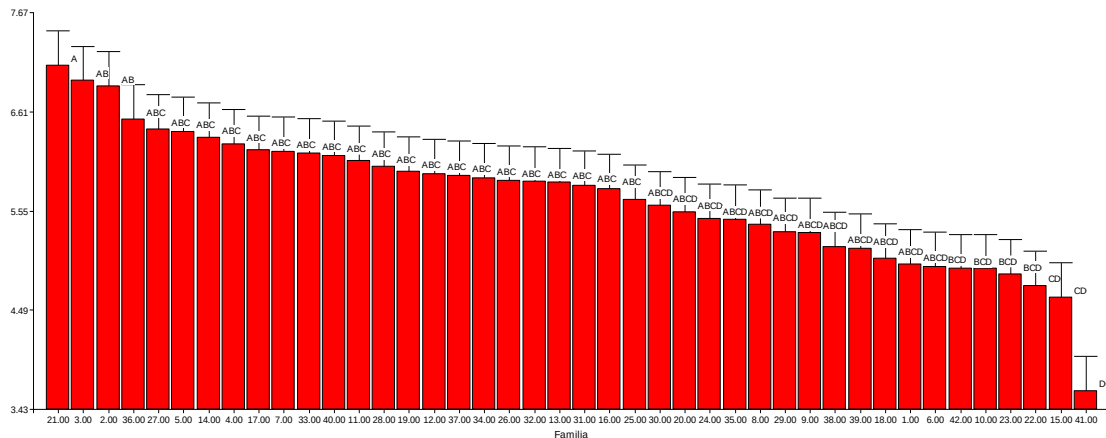


Figura 1. Prueba de comparación de medias de Tukey ($p = 0.05$) para días a germinación.

En el cuadro 2 aparecen los valores de correlación genética entre los caracteres evaluados tanto en vivero como en campo. Se remarcaron aquellos mayores de 0.30 que al mismo tiempo que fueron estadísticamente significativos al nivel 0.05, tienen un valor numérico importante. Es notable que todas las asociaciones importantes de los días a germinación con otras variables son negativas, tanto para caracteres de vivero como de campo, lo que significa que una fecha más tardía de germinación implica mayor vigor en vivero, floración más tardía, mayor asincronía y más hojas debajo de la mazorca.

Cuadro 2. Valores de correlación genética entre caracteres medidos en vivero y campo

	D G	L C	D B	V V	F M	F F	Asi	H A	H D	A F	A M	A T
L C	-0.65											
D B	-1.00	1.00										
V V	-0.80	0.98	1.00									
F M	-0.54	-0.11	-0.40	0.49								
F F	-0.62	-0.25	-0.71	0.27	0.75							
Asi	-0.32	-0.18	-0.39	-0.08	-0.07	0.62						
H A	-0.36	-0.31	-0.44	0.12	0.43	0.40	-0.04					
H D	0.11	0.78	1.00	0.18	0.57	-0.14	-0.81	0.27				
A F	-0.15	0.13	0.80	0.20	0.53	0.46	0.12	-0.01	0.25			
A M	0.06	-0.17	0.43	0.24	0.77	0.38	-0.16	0.61	0.65	0.47		
A T	0.17	-0.26	0.06	-0.19	0.36	0.20	-0.12	0.80	0.30	0.12	0.65	
P M	-0.07	1.00	0.72	0.08	0.35	-0.03	-0.38	0.31	0.75	0.49	0.19	0.32

D G = días a germinación, L C = longitud del coleóptilo, D B = diámetro basal de plántula, V V = vigor de plántula, F M = días a floración masculina, F F = días a floración femenina, Asi = asincronía floral, H A = hojas arriba de la mazorca, H D = hojas debajo de la mazorca, A F = área foliar, A M = altura de la mazorca, A T = altura total de planta, P M = peso de mazorca.

Es interesante que mayor longitud de coleóptilo va acompañado de mayor peso de mazorca con menos hojas por arriba y más hojas por debajo de la misma. Mayor diámetro basal está asociado también a mayor peso de mazorca, mayor área foliar, menos hojas arriba de la mazorca y más hojas debajo, así como menor asincronía y mayor precocidad a floración.

Los caracteres medidos en vivero son fáciles de diferenciar a simple vista, por lo que pude aplicarse selección visual en el vivero para escoger las mejores familias en el campo sin invertir mucho trabajo. Esto constituye selección temprana que puede aumentar la eficiencia final de la selección de familias, pero tiene el inconveniente de que los caracteres más asociados al peso de la mazorca son los menos heredables y eso disminuye la eficiencia de la selección indirecta. Entonces la selección en vivero podría ser útil como herramienta auxiliar, pero también hay que recordar que aunque hay quien ha encontrado resultados similares en cuanto a correlaciones genotípicas entre caracteres de plántula con los de planta adulta (Cervantes-Ortiz et al., 2014), la mayoría ha encontrado lo contrario (Mock y

Bakri, 1976; Mock y Skrdla, 1978; Mock y McNeill, 1979; Cervantes-Ortiz et al., 2013) y hay también quien ha encontrado inconsistencia en dichas correlaciones (Fakorede y Ayoola, 1980; Ajala y Fakorede, 1988; Revilla et al., 1999).

CONCLUSIONES

En la población evaluada los caracteres más heredables en vivero fueron días a germinación y vigor de plántula. La correlación genotípica entre los caracteres de vivero fue alta, siendo negativa para días a germinación con el resto y positiva entre los demás. Longitud de coleóptilo y diámetro basal son los menos heredables, pero altamente correlacionados con el peso de mazorca. La eficiencia de selección indirecta en vivero dirigida a obtener una respuesta correlacionada en plantas adultas pudiera ser factible, pero hacen falta más estudios al respecto.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, E.; Hsiao, T.C.; Henderson D.W. 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology* 8:631-636.
- Ajala, S.O.; Fakorede, M.A.B. 1988. Inheritance of seedling vigor and its association with mature plant traits in maize populations at two levels of breeding. *Maydica* 33: 121-129.
- Cervantes-Ortiz, F.; García-De los Santos, G.; Carballo-Carballo, A.; Bergvinson, D.; Crossa, J.L.; Mendoza-Elos, M.; Moreno-Martínez, E. 2006. Análisis dialélico para caracteres de vigor de semilla y de plántula en genotipos de maíz tropical. *Agricultura Técnica en México* 32(1): 77-87.
- Cervantes-Ortiz F.; García-De los Santos, G.; Carballo-Carballo, A.; Bergvinson, D.; Crossa, J.L.; Mendoza-Elos, M.; Moreno-Martínez, E. 2007. Herencia del vigor de plántula y su relación con caracteres de planta adulta en líneas endogámicas de maíz tropical. *Agrociencia* 41: 425-433.
- Cervantes-Ortiz, F.; García-De los Santos, G.; Carballo-Carballo, A.; Bergvinson, D.; Crossa, J.L.; Mendoza-Elos, M.; Andrio-Enríquez, E.; Rivera-Reyes, J.G.; Moreno-Martínez, E. 2011. Estimación de efectos genéticos relacionados con el vigor de la semilla y de la plántula en maíces tropicales mexicanos. *PYTON* 80: 19-26.
- Cervantes-Ortiz, F.; Gamez-Soria, J.R.; Andrio-Enríquez, E.; Rivera-Reyes, J.G.; Rangel-Lucio, J.A.; Mendoza-Elos, M.; Cisneros-López, H.C.; López-Romero, G. 2013. Relación del vigor inicial de plántula con caracteres de planta adulta en maíces criollos mejorados. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México* 1: 14-19.
- Cervantes-Ortiz, F.; Gasca-Ortiz, M.T.; Andrio-Enríquez, E.; Mendoza-Elos, M.; Guevara-Acevedo, L.P.; Vázquez-Moreno, F.; Rodríguez-Herrera, S. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres y rendimiento de maíz. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México* 2: 9-16.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Esquivel-Esquivel, G.; Castillo-González, F.; Hernández-Casillas, J.M.; Santacruz-Varela, A.; García-de los Santos, G.; Acosta-Gallegos, J.A.; Ramírez-Hernández, A. 2009. Aptitud combinatoria y heterosis en etapas tempranas del desarrollo del maíz. *Rev Fitotec Mex* 32(4): 311-318.
- Fakorede, M.A.B.; Ayoola, A.O. 1980. Relationship between seedling vigor and selection for yield improvement in maize. *Maydica* 25: 135-147.
- International Rice Research Institute (IRRI) 2013 – 2020. Plant Breeding Tools (PBTools). Version: 1.3.
- Ludlow, M.M.; Muchow, R.C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. *Adv. In Agronomy* 43: 107-153.
- Molatudi, R.L.; Mariga, I.K. 2009. The effect of maize seed size and depth of planting on seedling emergence and seedling vigour. *Journal of Applied Sciences Research* 5(12): 2234-2237.
- Moreno-Gonzalez, J. 1988. Diallel crossing system in sets of flint and dent inbred lines of maize (*Zea mays* L). *Maydica* 33: 37-49.
- Mock, J.J.; Bakri, A.A. 1976. Recurrent selection for cold tolerance in maize. *Crop Science* 16: 230-233.
- Mock, J.J.; McNeill, M.J. 1979. Cold tolerance of maize inbred lines adapted to various latitudes in North America. *Crop Science* 19(2): 239-242.
- Mock, J.J.; Skrdla, W.H. 1978. Evaluation of maize plant introductions for cold tolerance. *Euphytica* 27: 27-32.
- Rebetzke, G.J.; Richards, R.A.; Fischer, V.M.; Mickelson, B.J. 1999. Breeding long coleoptile, reduced height wheats. *Euphytica* 106: 159-168.
- Revilla, P.; Butrón, A.; Malvar, R.A.; Ordás, A. 1999. Relationships among kernel weight, early vigor and growth in maize. *Crop Science* 39:654-658.

Referencias informáticas

- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consultado en junio 24 de 2015.

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FITOQUÍMICO DE LOS FRUTOS Y SEMILLAS DE *Guazuma ulmifolia*.

PHYTOCHEMICAL AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF FRUIT AND SEEDS FROM *Guazuma ulmifolia*.

¹Alatorre Orozco KM, ²Jimenez Martínez C, ¹Bautista Ramírez ME, ¹Gómez y Gómez Y, ¹Corzo Rios LJ

¹ Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional. Av. Acueducto s/n, Col. Ticomán, C.P. 07340, Ciudad de México, México.

² Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. Carpio y Plan de Ayala S/N Del. Miguel Hidalgo. 11340. Ciudad de México. México

Autor para correspondencia: lcorzo@ipn.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial tecnofuncional del mucílago de las semillas del fruto *Caulote (Guazuma ulmifolia)* para el uso en la industria de alimentos. Para esto se trabajó con semillas del fruto provenientes de Yautepec, Morelos. Se evaluaron distintas propiedades de interés industrial, como rendimiento de la semilla por cada 100 g de fruta, peso hectolítrico, masa de mil granos, el análisis químico proximal de la cáscara y también se realizó análisis fitoquímico preliminar del mucílago extraído y de la cascara del fruto con el objetivo de determinar la presencia o ausencia de los principales grupos de metabolitos en la especie vegetal. El rendimiento de semillas fue de 14.2g/100g, con una masa de mil granos de 9.59 g. La semilla presentó 13.57, 12.34 y 34.94 % de grasa, proteína y ELN. Se detectó la presencia de Alcaloides, Esteroides y Taninos en la cascara del fruto, mientras en el mucílago extraído se detectaron Cumarinas, Glicosidos Cardiacos y Cianogénicos, Quinonas y Esteroides.

Palabras clave: *Guazuma ulmifolia*, mucílago, perfil fitoquímico, *Caulote*.

INTRODUCCIÓN

También denominado *Caulote* o guácimo, *Guazuma ulmifolia* es un árbol de la familia *Sterculiaceae*, de porte pequeño a mediano, que puede alcanzar hasta 15 m de altura. De copa redonda y extendida. Su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas, ovaladas a lanceoladas. Sus flores pequeñas y amarillas, se agrupan en panículas en la base de las hojas. Sus frutos son cápsulas verrugosas y elípticas, negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas y duras. Crece bien en zonas cálidas con temperaturas promedios de 24°C, de 700 a 1500 mm de precipitación/año y desde el nivel del mar a los 1200 msnm. Se da en suelos de texturas livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5.5. Sus hojas y frutos son palatables y comestibles para el ganado. Las hojas poseen cerca de un 17% de proteína bruta. (Giraldo, s.f)

El guácimo se distribuye naturalmente de México al sur del Brasil. Es un árbol semicaducifolio y heliófita, característico de los estadios iniciales de la sucesión, de gran importancia en programas de reforestación mixta destinados a la recomposición de las áreas degradadas, debido a su rápido crecimiento y rusticidad. (Correia de Araújo y Bergemann de Aguiar, 1999)

Los mucílagos son fibras solubles, con la propiedad de hincharse con el agua y formar disoluciones coloidales o geles, característica ésta a la que deben la mayoría de sus propiedades y aplicaciones. En las plantas funciona como depósitos de agua gracias a su capacidad de retención, evitando así la deshidratación y favoreciendo la germinación. Cuando son muy abundantes, pueden fluir al exterior y por desecación en contacto con el aire se forman gomas. Por lo tanto, se considera que la diferencia está en que los mucílagos son constituyentes normales de las plantas, mientras que las gomas son productos que se forman en determinadas circunstancias, mediante la destrucción de membranas celulares y la exudación. (Ceballo, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima. Se utilizaron semillas recolectadas en Yautepec, Morelos. Primero se procedió a realizar las pruebas físicas de la semilla como es rendimiento de la semilla por cada 100 g, peso

hectolítrico de las semillas y la masa de mil granos, y posteriormente la extracción de la goma de las semillas para realizar los análisis fitoquímico y análisis químico proximal de la misma.

Análisis químico proximal: El contenido de humedad fue determinado por gravimetría usando una estufa de convección a 110 °C. Las cenizas se determinaron por gravimetría sometiendo la muestra a 550 C. El contenido de grasas fue determinado por extracción Soxhlet usando éter etílico. El contenido de proteínas fue determinado usando el método microKjeldahl. El contenido total de carbohidratos fue determinado como Extracto Libre de Nitrógeno por diferencia al 100% con los otros macrocomponentes. (AOAC, 1997).

Extracción del mucílago. Se partió de harina de semilla que pasó a través de un tamiz malla No. 50, se mezcló con agua destilada en una proporción 1:15, se ajustó el pH a 12 con NaOH 1N y se dejó en agitación constante durante 1 h a 45°C. Posteriormente se filtró en una malla No.100 y el líquido fue ajustado a pH 4.5 con agitación constante y se centrifugó a 5000 rpm por 20 min en una centrífuga Marca HEMLE modelo Z 206 A. Al sobrenadante se le adicionó Isopropanol al 95% en un proporción 2:1 para precipitar la goma. La cual fue secada a 50°C en una estufa al vacío.

Preparación de los extractos: El mucílago y el residuo fibroso de la semilla, se secaron en una estufa de convección a una temperatura máxima de 40 °C por 48 horas. Posteriormente se procedió a moler la muestra para obtener polvos finos. Se prepararon las soluciones en proporción 1:100 y 1:200 (harina: solvente), siendo los solventes agua, etanol y acetona, se filtró para separar sólidos insolubles.

Perfil fitoquímico: A las muestras se les realizaron las siguientes determinaciones de acuerdo a la metodología reportada por Sharapin (2000): Determinación de Alcaloides, Flavonoides, Cumarinas, Azúcares reductores, Taninos, Glicosidos Cardiacos, Glicosidos Cianogénicos, Quinonas, Saponinas y Esteroides.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las semillas. El rendimiento de semillas por cada 100 g de fruto fue de 14.2 g, las cuales presentaron una masa de mil granos de 9.59 g y 67.21 kg/hL de masa hectolítrica. Estas semillas no fueron esféricas, presentando dos diámetros de 4.07 y 2.64 mm. En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis químico proximal de la semilla, en donde destaca la cantidad de grasa y proteína, 13.57 y 12.32 %, respectivamente. Además el contenido de mucílago estaría representado por el contenido de carbohidratos, expresado como Extracto Libre de Nitrógeno con un 34.94% que lo hace el principal macrocomponente de la semilla.

El proceso de extracción del mucílago de la semilla, mediante la metodología empleada, produjo un rendimiento del 7.5% de goma, lo cual es inferior a lo reportado por otros investigadores para extracciones de otras gomas (Corzo-Rios, 2014), quienes han obtenido hasta 10%.

Cuadro 1. Análisis químico proximal realizado a la semilla del fruto de *Guazuma Ulmifolia* (g/ 100g B.S.)

Parámetro	g/100g
Humedad	5.92 ± 0.06
Cenizas	5.34 ± 0.03
Grasa	13.57 ± 0.62
Fibra	33.81 ± 0.24
Proteína	12.34 ± 0.42
ELN*	34,94

*calculado por diferencia al 100%, valores promedio de 3 repeticiones ± desviación estándar.

Perfil fitoquímico

En los Cuadro 2 al 8, se presentan los resultados del perfil fitoquímico, en donde se puede observar en la cáscara del fruto la presencia de Alcaloides, Esteroides y Taninos, sobre todo en los extractos acuosos y etanólicos, aun en la más baja concentración de sólidos (relación harina solvente 1:20). Por

su parte, en el mucílago extraído se detectaron Cumarinas, Glicosidos Cardiacos y Cianogénicos, Quinonas y Esteroides en este caso fue en el extracto acuoso.

Cuadro 2. Resultados de la prueba para la determinación de alcaloides con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente.

	Relación	Cáscara			Mucílago		
		Rx	Rx Mayer	Rx	Rx	Rx	Rx
		Dragendorff		Wagner	Dragendorff	Mayer	Wagner
AGUA	1:10	+	-	+	+	-	-
	1:20	+	-	+	-	-	-
ETANOL	1:10	+	-	+	-	-	-
	1:20	+	-	+	-	-	-
ACETONA	1:10	+	-	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-	-	-

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

Cuadro 3. Resultados de la prueba para la determinación de flavonoides con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente.

	Relación	Cáscara		Mucílago	
		Rx Shinoda	Rx Hidróxido de sodio 10%	Rx Shinoda	Rx Hidróxido de sodio 10%
AGUA	1:10	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-
ETANOL	1:10	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-
ACETONA	1:10	-	-	-	+
	1:20	-	-	-	-

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

Cuadro 4. Resultados de la prueba para la determinación de curaminas con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente

	Relación	Cáscara		Mucílago	
		Rx Erlich	Rx c/ Hidróxido de amonio	Rx Erlich	Rx c/ Hidróxido de amonio
AGUA	1:10	-	-	+	-
	1:20	-	-	+	-
ETANOL	1:10	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-
ACETONA	1:10	-	-	-	-
	1:20	-	-	+	-

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

Cuadro 5. Resultados de la prueba para la determinación de taninos con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente.

	Relación	Cáscara			Mucílago		
		Rx c/ gelatina	Rx Cloruro férrico	Rx Ferricianuro de potasio 1%	Rx c/ gelatina	Rx Cloruro férrico	Rx Ferricianuro de potasio 1%
AGUA	1:10	+	-	+	-	-	-
	1:20	-	-	-	-	-	-
ETANOL	1:10	+	-	+	-	-	-
	1:20	-	-	+	-	-	-
ACETONA	1:10	+	-	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-	-	-

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

Cuadro 6. Resultados de la prueba para la determinación de glicósidos cardiacos con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente

	Relación	Cáscara		Mucílago	
		Rx de Legal	Rx de Baljet	Rx de Legal	Rx de Baljet
AGUA	1:10	-	-	-	+
	1:20	-	-	-	+
ETANOL	1:10	-	-	-	+
	1:20	-	-	-	+
ACETONA	1:10	-	-	+	+
	1:20	-	-	+	+

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

Cuadro 7. Resultados de la prueba para la determinación de glicósidos cianogénicos con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente

	Relación	Cáscara	Mucílago
AGUA	1:10	-	+
	1:20	-	+
ETANOL	1:10	-	-
	1:20	-	-
ACETONA	1:10	-	-
	1:20	-	-

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

Cuadro 8. Resultados de la prueba para la determinación de quinonas con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente

	Relación	Cáscara				Mucílago	
		Rx Hidróxido de amonio	Rx Ácido Sulfúrico	Rx Bórtrager	Rx Hidróxido de amonio	Rx Ácido Sulfúrico	Rx Bórtrager
AGUA	1:10	-	-	-	+	-	+
	1:20	-	-	-	+	+	+
ETANOL	1:10	-	-	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-	+	-
ACETONA	1:10	-	-	-	ND	ND	ND
	1:20	-	-	-	ND	ND	ND

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200. ND= No determinada

Cuadro 9. Resultados de la prueba para la determinación de saponinas con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente.

	Relación	Cáscara		Mucílago	
		Rx Lieberman Bouchard	Rx Rpsenthaler	Rx Lieberman Bouchard	Rx Rpsenthaler
AGUA	1:10	-	-	+	-
	1:20	-	-	+	-
ETANOL	1:10	-	-	-	-
	1:20	-	-	-	-
ACETONA	1:10	-	-	ND	ND
	1:20	-	-	ND	ND

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200. ND= No determinada

Cuadro 10. Resultados de la prueba para la determinación de esteroides con distintos solventes y distintas relaciones sólido: solvente.

	Relación	Cáscara	Mucílago
AGUA	1:10	+	+
	1:20	+	+
ETANOL	1:10	+	-
	1:20	+	-
ACETONA	1:10	+	+
	1:20	+	+

Nota: En el mucílago las relaciones harina solvente fueron 1:100 y 1:200

CONCLUSIONES

Los principales macro componentes de la semilla de *Guazuma ulmifolia* son el ELN, la grasa y la proteína, lo cual presenta una buena fuente alternativa de éstos. La presencia de Cumarinas, Glicosidos Cardiacos y Cianogénicos, Quinonas y Esteroides en el mucílago de las semillas indica la necesidad de realizar algunas pruebas toxicológicas para evaluar su uso como ingrediente alimentario. Mientras que la presencia de algunos Alcaloides, Esteroides y Taninos en la cáscara del fruto invita a analizarlos más a profundidad para conocer los posibles usos que se le pueden dar.

LITERATURA CITADA

- Cerqueira A. Miguel, Pinheiro C. Ana, Souza W.S. Bartolomeu y col., (2008), "Extraction, purification and characterization of Galactomannans from non-traditional sources", ELSEVIER Carbohydrate Polymers 75 (2009) 408-414, Portugal.
- Correia de Araújo J y Bergemann de Aguiar I. 1999. Desarrollo ontogénico de plántulas de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae), Revista de Biología Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 20 de junio del 2016 desde: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441999000400015&script=sci_arttext
- Corzo-Rios L.J. 2014. Evaluación de las propiedades de superficie y mecánicas de sistemas mixtos de goma carboximetilada de flamboyán (*Delonix regia*) con hidrolizados proteicos de *Phaseolus lunatus* L. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Giraldo V.L.A. 1999. Potencial de la arborea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles, Agroforestería para la producción animal en América Latina- FAO. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Girald13.htm>
- Sharapin, N. 2000. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos (Vol. 78). Convenio Andrés Bello.

CALIDAD DE GRANO Y FORRAJE EN NUEVOS HÍBRIDOS TROPICALES DE MAÍZ.

QUALITY OF GRAIN AND FORAGE IN NEW HYBRID TROPICAL CORN.

¹Rodríguez Montalvo FA, ^{*2}Andrés Meza P, ¹Sierra Macías M, ¹Palafox Caballero A, ³Leyva Ovalle OR, ⁴Espinosa Calderón A, ⁵Tadeo Robledo M, ⁴Vázquez Carrillo MG, ⁶López Romero G, ²Pedro Zetina-Córdoba, ⁷Apolinar Hidalgo V.

¹Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. 92277. Medellín de Bravo, Estado de Veracruz. ²Recursos Genéticos, Universidad Politécnica de Huatusco. Huatusco de Chicuellar, Veracruz, México. ³Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 94950. Camino antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz. ⁴Campo Experimental Valle de México-INIFAP. 56250. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. ⁵Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 54714. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. ⁶Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados. 91690. Predio Tepetates entre Puente Julia y Paso San Juan, Veracruz. ⁷Tesista en la Carrera de Ingeniería en Agronomía, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 94950. Camino antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz.

Autor para correspondencia: pandres272@gmail.com

RESUMEN

En el trópico húmedo mexicano se siembran alrededor de 3.5 millones de hectáreas de maíz, de las cuales en el estado de Veracruz se ha registrado una superficie de siembra de aproximadamente 500 000 hectáreas con un rendimiento medio de 2.5 t ha⁻¹. Esta baja productividad se ha asociado con el reducido uso de semillas mejoradas, ya que se estima que en más del 80% de la superficie es de tipo tradicional. Otro factor determinante de la producción es el desconocimiento por parte del productor sobre el desarrollo de tecnología (dosis de fertilización, densidad de población, método de siembra, etc.) para incrementar el rendimiento unitario y la calidad de forraje de maíz. Bajo esta problemática, se planteó el siguiente trabajo de investigación, con el objetivo de comparar el efecto de la dosis de fertilización y densidad de población sobre algunas características agronómicas y forrajeras de híbridos tropicales de maíz de grano blanco. El mejor comportamiento productivo de los materiales evaluados se obtuvo con la combinación de 62 500 plantas ha⁻¹ y una dosis de fertilización de 207N-69P-30K. El híbrido experimental HE-1B presentó el mejor rendimiento de 6123 kg ha⁻¹ a una densidad de 83 000 plantas ha⁻¹ y una dosis de 207-69-30. El híbrido HE-4B presentó el mayor rendimiento de forraje verde de 42130 kg ha⁻¹ a una densidad de 83 000 plantas ha⁻¹ y una dosis de 253-69-60.

Palabras clave: *Zea mays* L., trópico húmedo, tecnología de producción de grano y forraje.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más extendido y de mayor importancia en el ámbito nacional y mundial, tanto por la superficie sembrada y volumen de producción como por su enorme número de usos. Este grano se produce bajo diversas condiciones agroclimáticas de humedad. Desde el punto de vista económico, el maíz se siembra en más de ocho millones de hectáreas, que representa 39% de la superficie agrícola nacional y 63% de la superficie sembrada con granos y oleaginosas.

Dos factores determinantes del rendimiento de grano y calidad de forraje en maíz son la densidad de planta y la dosis de fertilización. La importancia de precisar la demanda de nitrógeno (N) radica en incrementar la eficiencia en el uso del N sin hacer aplicaciones excesivas que aumenten el riesgo de contaminación por lixiviación de nitratos. Por otra parte, la densidad de población, es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos. En el maíz ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, pues el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población, hasta llegar a un punto máximo y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto. La densidad de población es uno de los factores que frecuentemente modifica el productor para incrementar el rendimiento de grano, pero no siempre establece la densidad adecuada. La relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja, ya que la mejor respuesta en rendimiento de grano varía de

acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo. Sin embargo, la respuesta de materiales de origen tropical a la densidad de población y dosis óptimas de fertilización cuando son sembradas bajo temporal aún es variable. Por lo anterior, el objetivo fue comparar el efecto de la dosis de fertilización y densidad de población sobre algunas características agronómicas y forrajeras de híbridos tropicales de maíz de grano blanco. Lo cual permitirá identificar el genotipo idóneo, la dosis de fertilización óptima y la densidad de población adecuada para obtener el mayor rendimiento de grano y forraje bajo condiciones de temporal en el trópico húmedo de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental. El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano 2014 en los terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECot) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en Medellín de Bravo, Veracruz, México (19° 05'LN, 96°09'LO y 15 msnm).

Material genético. El material genético utilizado fueron cinco híbridos de maíz de grano blanco, de los cuales HE-1B, HE-3B y HE-4B son nuevos híbridos experimentales. H-520 y H-564C son híbridos comerciales utilizados como testigos.

Diseño del experimento. Se estudiaron tres factores, densidad de población con los niveles de 62500 y 83000 plantas ha⁻¹, dosis de fertilización con los niveles de 161-46-00, 207-69-30 y 253-69-60 y por último el factor híbridos con los niveles HE-1B, HE-3B, HE-4B, H-520 y H-564C. La combinación de estos tres factores con diferentes niveles generó un total de 30 tratamientos.

Diseño experimental. La parcela experimental constó de un surco de 5 m de largo con un espaciamiento entre surcos de 0.8 m. El diseño experimental empleado fue un factorial con tres repeticiones.

Manejo del experimento. La siembra se realizó a tapa pie. Se depositaron dos semillas cada 20 y 15 cm, de acuerdo a cada densidad de planta correspondiente. Por las condiciones de temporal imperante en la zona, se aplicó un riego de auxilio al momento de la siembra. Para mantener el experimento libre de malezas, se aplicó de manera pre emergente la mezcla de Glifosato más Atrazina 37%, para el control post emergente se aplicó el herbicida Nicosulfuron. Para el control de plagas y enfermedades se aplicó la mezcla de Cipermetrina más Benomilo. La fertilización química se realizó en dos etapas. La primera a los 15 días después de la siembra (dds), y la segunda a los 30 dds. Las fuentes empleadas fueron: urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

Variables evaluadas. Se determinó: días a floración masculina y femenina, altura de la planta y de mazorca, relación altura de mazorca/altura de planta, calificación de mazorca, sanidad de mazorca, acame de raíz, número de mazorcas podridas, índice de área foliar, índice de cosecha, rendimiento de grano, rendimiento de forraje, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, números de granos por hilera.

Métodos estadísticos. El análisis estadístico del experimento se realizó considerando los factores genotipos (G), dosis de fertilización (DF), densidad de población (DP), y sus interacciones (G) x (DF), (G) x (DP), (DF) x (DP), (G) x (DF) x (DP). Se realizaron análisis de varianza y prueba de medias (Tukey 0.05) para cada una de las variables, usando el paquete estadístico SAS/STAT®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características agronómicas y vegetativas. La comparación entre genotipos, mostró que el mayor rendimiento de grano se obtuvo con el híbrido HE-1B y el menor rendimiento con el híbrido H-564C utilizado como testigo (Cuadro 1). El mayor índice de cosecha (IC) fue para los genotipos HE-3B, H-564C y H-520, respectivamente. De acuerdo con Tuexi *et al.* (2006) al estudiar un grupo de híbridos de maíz, encontraron diferencias significativas en biomasa aérea, la cual se reflejó en el índice de cosecha, pero no en el rendimiento de grano.

Cuadro 1. Efecto del genotipo sobre caracteres agronómicos en híbridos trilineales de maíz. Primavera-verano 2014.

Trat.	Genotipo	RG (Kg ha ⁻¹)	IC	FM (días)	FF (días)	CMZ	SMZ (%)	ARZ (%)	POD (%)
1	HE-1B	6123a	0.3b	52b	53c	2.3b	2.3b	0.2a	9.1b
2	HE-3B	5401a	0.4a	53a	55b	2.4b	2.5b	0.0a	9.2b
3	HE-4B	5525a	0.3ab	54a	55ab	2.3b	2.3b	0.2a	8.0b
4	H-564C	4406b	0.4ab	54a	56a	2.9a	2.9a	0.2a	15.7a
5	H-520	5442 a	0.4a	52b	53c	2.4b	2.4b	0.2a	8.3b
Promedio		5380	0.3	53	54	2.4	2.4	0.1	10

RG= Rendimiento de grano (Kg ha⁻¹); IC= Índice de cosecha; FM= Floración femenina.; FF= Floración masculina; CMZ= Calificación mazorca; SMZ= Sanidad mazorca; ARZ= Plantas con acame de raíz; POD= Mazorcas podridas.

Con relación a los días a floración, los híbridos HE-1B y H-520 resultaron ser más precoces. Se encontró que los materiales más productivos, se asociaron con una mayor precocidad. Resultados similares fueron encontrados por Ángeles *et al.* (2010), al evaluar un grupo de variedades nativas e híbridos de maíz en Molcaxac, Puebla. Los híbridos HE-1B, HE-4B y H-520, presentaron las mejores calificaciones de aspecto y sanidad de mazorca. Aunque no se considera un porcentaje muy alto el híbrido H-564C, mostró un mayor índice de mazorcas podridas.

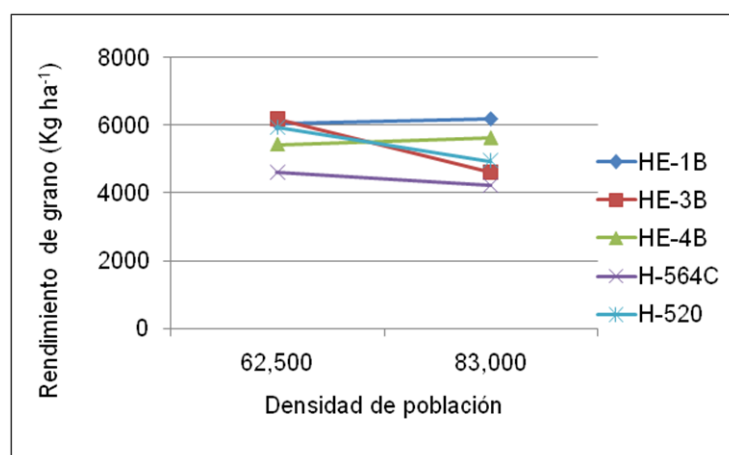


Figura 1. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) con dos densidades de población.

La máxima productividad de grano de los híbridos de maíz evaluados se observó con la densidad de 62,500 plantas ha⁻¹, la cual disminuye al aumentar la densidad (Figura 1). Se constató que el híbrido HE-3B establecido a una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹, produjo mayor rendimiento de grano (6197Kg ha⁻¹), pero disminuye al aumentar la densidad de 62,500 de igual forma se mantuvo cuando la densidad fue baja 62,500 plantas ha⁻¹; no así para el híbrido HE-1B que a una baja densidad 62500 plantas ha⁻¹ tuvo un rendimiento de (6051 Kg ha⁻¹), de igual forma se mantuvo cuando la densidad fue alta.

Para el factor dosis de fertilización el mejor rendimiento de grano se obtuvo con la dosis media de 207-69-30, no así para la dosis alta, por lo que al suministrar una mayor cantidad de fertilizante no se observó un efecto significativo sobre el rendimiento de grano (Figura 2). Se observa que el híbrido HE-1B reaccionó muy bien con la dosis de fertilización media 207-69-30, presentando un rendimiento de (6938 kg ha⁻¹), no obstante, al someterlo con la dosis baja de 161-46-00 el rendimiento disminuye. Para el híbrido HE-3B, se constató que este material aumenta el rendimiento al mismo tiempo que aumenta la dosis de fertilización. Resultados contrastantes fueron encontrados por Palafox *et al.* (2005), quienes evaluaron la respuesta de híbridos de maíz de grano normal y de calidad de proteína a la fertilización química, encontraron que a mayor dosis de fertilización hubo un aumento significativo

en el rendimiento de grano de 6.8 t ha⁻¹. Por otro lado, Lemcoff y Loomis (1994), señalan que el rendimiento tiene mayor relación con la densidad de población que con la fertilización nitrogenada. El índice de cosecha (IC) del maíz es determinante en la calidad de forraje, porque el contenido de grano en el forraje guarda una estrecha relación con la digestibilidad total del forraje. El incremento de la densidad de población puede reducir la calidad del forraje al reducir el IC (Pinter *et al.*, 1990). Sin embargo, los híbridos de maíz no fueron afectados en su IC al elevar la densidad de población. Los mayores valores de IC se obtuvieron en las dosis 207-69-30 y 253-69-60.

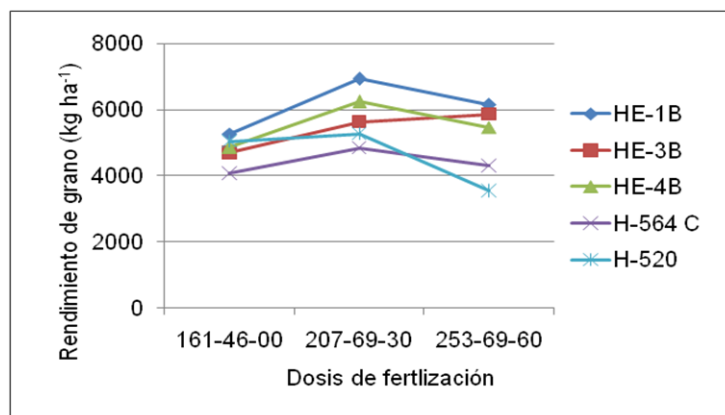


Figura 2. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) con tres dosis de fertilización.

En los resultados de la prueba de comparación de medias (Cuadro 2), se observa que existió un adelanto en la floración de un día con 83000 plantas ha⁻¹ en relación a 62500 plantas ha⁻¹. Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Oyervides *et al.* (1990) para floración. No obstante, distan un poco con lo encontrado por Cervantes *et al.* (2013), quienes observaron que al incrementar la densidad de población se retrasó en un día la floración.

Con relación a la variable aspecto y sanidad de mazorca, se puede observar que se obtuvieron las mejores calificaciones con la densidad de 62500 plantas ha⁻¹ y con la dosis de fertilización 207-69-30, por el contrario, estos valores se incrementaron al aumentar la densidad de plantas y al disminuir la dosis de fertilización (Cuadro 2).

No se observaron efectos significativos ($P \geq 0.05$) para número de plantas con acame de raíz, lo que significa que su expresión no es afectada de manera diferencial por los factores densidad de plantas y dosis de fertilización (Cuadro 2). Para porcentaje de mazorcas podridas, aunque no se tuvieron efectos significativos para el factor densidad de plantas, la densidad de 83000 plantas ha⁻¹, expreso en mayor cantidad este defecto (11%); por el contrario, la dosis de fertilización media (207-69-30), disminuyo este defecto. Esta característica es muy importante en el estado de Veracruz, ya que se incrementa por los efectos ambientales como la lluvia, lo que ocasiona la presencia e incidencia de enfermedades fungosas, que al final repercuten en el rendimiento y calidad del grano.

Cuadro 2. Comparación de medias para características vegetativas en híbridos trilineales de maíz. Primavera-verano 2014.

Factores y niveles de estudio	RG (Kg ha ⁻¹)	IC	FM (días)	FF (días)	CMZ	SMZ (%)	ARZ (%)	POD (%)
Densidad de población								
62500	5646a	0.4a	53b	54b	2.2b	2.3b	0.3a	9.1a
83000	5113b	0.4a	53a	55a	2.7a	2.7a	0.1a	11.1a
Dosis de fertilización								
161-46-00	4793b	0.3b	53a	54a	2.6a	2.6a	0.1a	10.1ab
207-69-30	5850a	0.4a	53a	54a	2.3b	2.4a	0.4a	7.9b
253-69-60	5496a	0.4a	53a	55a	2.4b	2.5a	0.0a	12.2a

RG= Rendimiento de grano (kg ha⁻¹); IC= Índice de cosecha; FM= Floración masculina; FM= Floración femenina; CMZ= Calificación mazorca; SAMZ= Sanidad mazorca; ARZ= Plantas con acame de raíz; POD= Mazorcas podridas.

Características vegetativas y de forraje. La comparación entre genotipos, mostró que el híbrido HE-1B presentó en promedio una menor altura de planta y de mazorca, carácter muy importante en la zona costera del estado de Veracruz debido a la magnitud de los vientos “nortes” que se presentan de octubre a marzo. El mayor índice de área foliar acumulado lo tuvo el híbrido H-564C, en tanto que el híbrido HE-1B presentó la menor acumulación. La comparación de medias para las demás variables evaluadas señala que no hubo diferencias significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del genotipo sobre características vegetativas y de forraje en híbridos trilineales de maíz. Primavera-verano 2014.

TRAT.	Genotipo	AP (cm)	AMZ (cm)	AMZ/AP (cm)	IAF (cm)	RF (Kg ha ⁻¹)
1	HE-1B	182.4c	92.9b	0.5a	63.2b	36836a
2	HE-3B	203.1a	100.3ab	0.5a	69.1ab	41321a
3	HE-4B	195.7ab	102.9ab	0.5a	72.5a	42130a
4	H-564C	188.3bc	94.1ab	0.5a	76.7a	38088a
5	H-520	192.8abc	98.3ab	0.5a	68.9ab	39858a
Promedio		192	98	0.8	70	39646

AP= Altura de planta; AMZ= Altura de mazorca; AMZ/PTA= Relación altura de mazorca/altura de planta; IAF= Índice de área foliar; RF= Rendimiento de forraje (kg ha⁻¹).

La altura de planta disminuyó cuando la población pasó de 62500 a 83000 plantas ha⁻¹ (Cuadro 4). Sin embargo, al combinar dosis de fertilización no se observaron efectos significativos en las alturas.

El área foliar acumulada fue mayor con la densidad baja de 62500, esto se atribuye a que las plantas que crecieron a densidades de población bajas tuvieron menor competencia por luz, agua y nutrientes, lo que repercutió en que se generaran doseles de plantas más vigorosos.

En las dos densidades estudiadas, todos materiales evaluados respondieron mejor a una densidad baja de 62500 plantas ha⁻¹, acumulando un mayor IAF cabe mencionar que aunque todos los materiales se comportaron de forma similar la mejor acumulación de área foliar lo obtuvo el testigo H-564C. Esto es contrario a lo encontrado por Trejo *et al.* (2006), quienes indican que el mayor IAF fue de 1.83 que correspondió a la densidad de 11.1 plantas m² y que no existieron diferencias estadísticas entre las densidades de 7.4 y 5.5 plantas m².

Cuadro 4. Comparación de medias para caracteres vegetativos y de forraje en híbridos trilineales de maíz. Primavera-verano 2014.

Factores y niveles de estudio	AP (cm)	AMZ (cm)	AMZ/APTA (cm)	IAF (cm)	RF (Kg ha ⁻¹)
Densidad de población					
62,500	196.4a	99.9a	0.5a	76.8a	39936a
83000	188.5b	95.5a	0.5a	63.4b	39358a
Dosis de fertilización					
161-46-00	192.a	97.1a	0.5a	66.5b	38765a
207-69-30	193.a	99.6a	0.5a	70.1ab	41746a
253-69-60	191.3a	96.4a	0.5a	73.8a	38430a

AP= Altura de planta; AMZ= Altura de mazorca; AMZ/APTA= Relación altura de mazorca/ altura de planta; IAF=Índice de área foliar; RF= Rendimiento de forraje (kg ha⁻¹).

Se observó que la mejor acumulación de IAF en los genotipos evaluados se obtuvo con la dosis alta (253-69-60) y que esta disminuye al reducir la fertilización. Con un IAF alto se obtiene un mayor rendimiento en materia seca; por el contrario, los bajos IAF repercuten en menores cantidades de biomasa, que incidirán directamente sobre el rendimiento de forraje. Díaz *et al.* (2011), indican que el coeficiente de atenuación de la luz es un parámetro que relaciona el IAF por planta y la cantidad de radiación interceptada por la misma. La interacción de los genotipos con las diferentes dosis de fertilización produjo un efecto significativo en la variable IAF. El híbrido H-564C acumuló el mayor IAF con la dosis media (207-69-30), por el contrario, disminuye su IAF a menor o mayor fertilización. Se resalta el comportamiento del híbrido H-520, quien no respondió de manera diferente a las diferentes

dosis de fertilización. Resultados contrastantes se obtuvieron para el híbrido HE-3B que con la dosis más alta (253-69-30), acumuló el mayor IAF.

En el presente trabajo de investigación se encontró que el rendimiento en forraje verde, en promedio de genotipos fue de 39646 kg ha⁻¹. La densidad de 62500 plantas ha⁻¹, fue estadísticamente similar a la densidad 83000 plantas ha⁻¹. Es de destacar que los híbridos HE-3B y HE-4B establecidos a 83000 plantas ha⁻¹, produjeron 41321 y 42130 kg ha⁻¹ de forraje verde. En la Comarca Lagunera de México, una de las principales cuencas lecheras del país, en condiciones de riego se reportan rendimientos promedio de 44 a 49 t ha⁻¹ de forraje verde. Por lo que estos nuevos híbridos representan una alternativa viable para la zona centro del estado de Veracruz.

Los híbridos H-564C y H-520 muestran una reducción de forraje verde al establecerlos con más plantas por m², de 40000 a 38000 kg ha⁻¹ en promedio. Por lo anterior, la producción de forraje es adecuada si se considera que Sánchez *et al.* (2011), reportaron para maíces tropicales un promedio de 32 a 44 t ha⁻¹ de producción de forraje verde, encontrando una mayor producción de (36 t ha⁻¹) al incrementar la densidad de 83 333 plantas ha⁻¹. En rendimiento en forraje verde de los genotipos en promedio varió con las dosis de fertilización. El híbrido HE-1B y el testigo H-520 presentaron el mismo comportamiento con la dosis baja (161-46-00), no obstante, al aplicarle la dosis media de 207-69-30 el rendimiento de forraje aumenta. Con el híbrido H-564C, se observa un efecto decreciente al aumentar de dosis de fertilización. En tanto que con los híbridos HE-3B, el efecto de las tres dosis de fertilización no causó efecto significativo sobre la producción de forraje.

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de grano y de forraje se obtuvo con una densidad de población de 62,500 plantas ha⁻¹ y una dosis de fertilización de 207-69-30. Los híbridos HE-3B, H-564C y H-520, presentaron los IC más altos. La mayor acumulación de IAF se presentó con la densidad de 62500 plantas ha⁻¹ y una dosis de 253-69-30, siendo el híbrido H-564C el que obtuvo mejor acumulación de IAF. Todos componentes de rendimiento de grano reaccionaron mejor con la densidad de 62500 plantas ha⁻¹, excepto el número de granos en un kilogramo.

LITERATURA CITADA

- Ángeles G. E., E. Ortíz T., P. A. López., G. López R. 2011. Caracterización y rendimiento de población de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33:287-296.
- Carrera V.J.A. y T. Cervantes S. 2006. Respuesta a densidad de población de cruza de maíz tropical y subtropical adaptadas a valles altos. *Revista Fitotecnia*. Vol. 29 (4): 331-338.
- Cervantes F. O., J. Covarrubias P., J. A. Rangel L., A. D. Terrón I., M. Mendoza E., R. E. Preciado O. 2013. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía mesoamericana* 24(1):101-110.
- Díaz L.E., E. J. Morales R., O. Franco M., A. Domínguez L. 2011. Atenuación de la luz, radiación interceptada y rendimiento de maíz en función de fósforo. *Terra latinoamericana*. Vol.29. 65-72pp.
- Elizondo J.; Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. Nota Técnica. 11(1): 171-177.
- Lemcoff J y R. Loomis. 1994. Nitrogen and density influence on silk emergence, endosperm development and density influence on silk emergence, endosperm development and grain yield in maize (*Zea mays* L). *Fiel Crops Research* 38:63-72.
- Oyervides A., J. Ortíz., V. González., A. Carballo. 1990. El número de mazorca por planta y la formación de arquetipos de maíz. *Serie fitotecnia*. Vol. 1(4):103-118.
- Palafox C. A., O. H. Tosquy Valle., M. Sierra M., A. Turrent F., y A. Espinosa C. 2005. Respuesta de híbridos de maíz normales y de calidad de proteína a la fertilización química. *Terra Latinoamericana*. Vol. 23(1):129-135 pp.
- Pinter L., J. Schmidt., S. Jozsa., J. Szabo., G. Kelemen. 1990. Effect of plant density on the value of forage of maize, *Maydica* 35:73-79.
- Sánchez H. M. Á., C.U. Aguilar M., N. Valenzuela J., C. Sánchez H., M.C. Jiménez R., C. Villanueva V. 2011. Densidades de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 22(2):281-295.
- Tadeo R. M., A. Espinosa C., N. Chimal., I. Arteaga E., V. Trejo P., E. Canales I., M. Sierra M., R. Valdivia B., N.O. Gómez M., A. Palafox C., B. Zamudio G. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androesteriles y fértiles. *Terra Latinoamericano*. 157-164 pp.
- Trejo M., J. Alfredo., A. Zermeno G., J. Olague R., R. Aldaco N., M. Fortis H., E. Salazar S., J.C. Rodríguez R. C. Vázquez V. 2006. Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. *Revista Internacional Botánica Experimental PYTON*. Vol. 75:47-53.

- Tuexi R., J. Arnoldo., S. Castro N., J.A López S., A. J Huerta., C. Trejo L., F. Briones E. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz. *Phyton*. Vol 75.
- Vega P. C. O. 1972. Efecto del medio sobre la relación altura de mazorca-altura de planta en maíz (*Zea mays L.*). *Agronomía tropical*. Vol. 22(5):461-174.
- Wong R. R., E. Gutiérrez Del R., A. Palomo G., S. Rodríguez H., H. Córdova O., A. Espinoza B., J.J. Lozano G. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en las líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 30(2):181-189.

Referencias informáticas

- SIAP. 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA (consultado el 12 de marzo 2015, disponible en línea en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

PRODUCCIÓN DE HUITLACOCHE *Ustilago maydis* (D.C.) CORDA, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN CINCO GENOTIPOS DE MAÍZ.

PRODUCTION OF HUITLACOCHE *Ustilago maydis* (D.C.) CORDA, UNDER SEASONAL CONDITIONS IN FIVE CORN GENOTYPES.

^{*1}Andrés Meza P, ²García Martínez A, ³Sierra Macías M, ⁴Leyva Ovalle OR, ⁴Llarena Hernández RC, ⁴Barney Guillermo H, ³Rodríguez Montalvo FA, ³Palafox Caballero A, ⁵Espinosa Calderón A, ⁶Tadeo Robledo M, ⁵Vázquez Carrillo MG, ¹Pedro Zetina-Córdoba.

¹Recursos Genéticos, Universidad Politécnica de Huatusco. Huatusco de Chicuellar, Veracruz, México.

²Tesista de la Carrera de Ingeniería en Agronomía, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 94950. Camino antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz. ³Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. 92277. Medellín de Bravo, Estado de Veracruz. ⁴Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 94950. Camino antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz. ⁵Campo Experimental Valle de México-INIFAP. 56250. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. ⁶Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 54714. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Autor para correspondencia: pandres272@gmail.com

RESUMEN

El carbón común causado por *Ustilago maydis* (DC) Corda, es un patógeno del maíz, muy apreciado como alimento humano. El interés se ha incrementado recientemente en producir huitlacoche dada su propiedad nutraceutica. Los métodos de inoculación desarrollados para evaluar la resistencia del carbón común en maíz, pueden ser usados para producir huitlacoche comercialmente. El objetivo de este estudio fue evaluar la susceptibilidad de maíces nativos infectados por *U. maydis* para la producción de huitlacoche adaptados a la región centro del estado de Veracruz. Se emplearon cuatro variedades nativas de maíz y un híbrido comercial usado como testigo. El experimento se estableció durante el ciclo primavera-verano 2014, bajo un diseño experimental bloques completamente al azar con tres repeticiones en el Campo Experimental Peñuela de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana. El genotipo p3966w usado como testigo (2168 kg ha⁻¹) fue estadísticamente superior a los demás en RHNG, seguido del Criollo Blanco Coscomatepec con 1887 kg ha⁻¹; derivada de sus porcentajes de plantas infectadas de 82 y 51%, respectivamente. Algo similar ocurrió para la variable RPINOC, donde p3966w y Criollo Blanco Coscomatepec presentaron los valores más altos con 65 y 56 g planta⁻¹, respectivamente. Se observó que la temperatura mínima y máxima fluctuó de 15.7 a 36.7°C desde la fecha que ocurrió la inoculación del testigo comercial (septiembre 9) hasta la fecha de recolección (septiembre 22). Para el periodo entre la fecha de inoculación (septiembre 23) hasta la fecha de recolección del hongo en las variedades nativas (octubre 6), se observó una temperatura mínima de 14.7°C, y una máxima de 29.7°C, respectivamente. La precipitación no representó un factor para la germinación y desarrollo del hongo. El criollo Blanco Coscomatepec representa una alternativa regional al momento de seleccionar un hospedero para la producción de huitlacoche.

Palabras clave: *Zea mays* L., producción de huitlacoche, inoculación, variedades nativas.

INTRODUCCIÓN

Ustilago maydis es un hongo basidiomiceto que parasita específicamente al maíz (*Zea mays* L.) y a su probable ancestro el teozintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*), a los que produce la enfermedad conocida como huitlacoche o carbón común del maíz (Agrios, 2005). *U. maydis* puede atacar a sus huéspedes en cualquier estadio de crecimiento, produciendo síntomas que incluyen el desarrollo de clorosis, el desarrollo de tumores en mazorcas, espigas, hojas y tallos, los cuales dan como resultado alteraciones en la morfología de la planta y reducción del crecimiento y la producción de grano (Villanueva, 1997; Villanueva *et al.*, 2007). Se han identificado aproximadamente 300 especies de *Ustilago*, las más importantes económicamente son las que causan pérdidas en maíz (*U. maydis*), avena (*U. avenae*), cebada (*U. nuda*) y trigo (*U. tritici*) (Gold *et al.*, 1999).

En México, su consumo como alimento humano proviene desde la época prehispánica, los aztecas lo llamaban como "cuitlacoctli", cuitla (tl) (suciedad, basura o excremento) y cochtli (dormido) (López,

1988). Como platillo exótico de la cocina mexicana, se le ha denominado el “caviar azteca” y la “trufa mexicana”; actualmente existen en México seis industrias que lo comercializan, sea enlatado o liofilizado (deshidratado a baja temperatura), y existe una demanda creciente de estos productos tanto en México como en el mercado internacional (Paredes, 1994).

Actualmente, el huitlacoche es considerado como un cultivo alternativo debido a que su popularidad como alimento se ha incrementado (Venegas *et al.*, 1995), y ha sido introducido en la alta cocina (Ruíz y Martínez, 1998). El incremento en la aceptabilidad de este hongo podría estar relacionado, por un lado, a su alto contenido de aminoácidos (Lizarraga y López, 1996) y por otro lado por su excelente sabor. Por lo tanto, algunos investigadores han desarrollado tecnologías que conduzcan a la producción masiva de este inusual y apetecible hongo, produciendo un producto de alto valor agregado y con gran beneficio económico para los agricultores (Valverde, 1992; Valverde, 1995; Valverde, 1998; Valdez *et al.*, 2009). Aunque a nivel mundial y nacional existen diferentes ensayos sobre la producción masiva del hongo, en la zona centro del estado de Veracruz se carecen de referencias bibliográficas que documenten la susceptibilidad de los maíces nativos. Por esta razón surge el interés de realizar el presente trabajo de investigación para documentar el comportamiento de una la cepa del hongo, de las variedades de maíz y de las condiciones ambientales. En consecuencia, el objetivo general fue evaluar la susceptibilidad de maíces nativos infectados por huitlacoche adaptados a la región centro del estado de Veracruz. La hipótesis planteada fue que la variación genética existente en los genotipos de maíz evaluados permitirá encontrar nuevas fuentes de resistencia o susceptibilidad para la producción de huitlacoche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Peñuela de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FCBA), situado geográficamente en el Km. 1, del camino antiguo Peñuela-Amatlán en la localidad de Peñuela, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México (18°51'LN, 96°56'LO y 735 msnm). De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981), el clima para esta localidad corresponde al tipo A(c) semicálido, con poca oscilación. En cuanto al tipo de suelo presenta una textura franco-arcillosa con un drenaje lento y con un bajo nivel de materia orgánica. El nivel de pH es moderadamente ácido, lo que se correlaciona con las abundantes precipitaciones durante todo el año, excepto para los meses de marzo, abril y mayo.

Descripción del experimento. El presente trabajo se estableció durante el ciclo primavera-verano 2014, bajo condiciones de temporal. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, distribuidos en parcelas de cinco surcos de cinco metros de largo y una separación entre surcos de 1 m; al momento de la siembra se depositaron dos semillas por golpe cada 30 cm, para después del aclareo dejar una planta cada 30 cm y tener una densidad de población de 33,333.33 plantas ha⁻¹.

Germoplasma utilizado. El germoplasma utilizado estuvo constituido por cuatro variedades nativas: Blanco Tenejapa, Amarillo Tenejapa, Azul Tenejapa y Blanco Coscomatepec, de los cuales, los tres primeros fueron colectados en el Ejido Tenejapa, perteneciente al municipio de Omealca, Ver., y el último colectado en el municipio de Coscomatepec, Ver., el testigo utilizado fue el híbrido comercial p3966w.

Manejo del experimento. El control de malezas fue realizado mediante métodos químicos y mecánicos. El control químico de malezas se realizó de manera preemergente con la aplicación del herbicida Paraquat 200® a razón de 1.5 L ha⁻¹, para eliminar principalmente las plantas de quelite (*Amaranthus spinosus*), flores amarillas (*Melampodium divaricatum*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachium*). Posterior a ello, se controlaron las diferentes malezas de manera mecánica durante toda la etapa del cultivo. Se controlaron las principales plagas del cultivo durante el desarrollo del cultivo como: *Diabrotica vigífera*, *Ropalosiphum maidis*, *Melanoplus gladstoni* Scudder y *Spodoptera frugiperda* a base de Combat (Cipermetrina®) a razón de 250 ml ha⁻¹, y Palgus (Spinetoram™) a razón de 250 ml ha⁻¹. La fórmula de fertilización utilizada fue 161N–46P–00K, de acuerdo a las recomendaciones técnicas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para la región, en dos aplicaciones: la mitad del N y todo el P a los 11 días después de la siembra (dds), y el resto del N a los 35 dds. Las fuentes fueron urea y fosfato diamónico.

Obtención del inóculo. El inóculo en fresco fue obtenido de predios de maíz cultivados en el Municipio de La Esperanza, Pue., donde podemos mencionar que es una región donde el clima favorece el desarrollo del hongo de manera natural.

Preparación del inóculo. Para la obtención de las teliosporas se procedió a la deshidratación del huitlacoche a temperatura ambiente en sobres de papel estraza. Una vez deshidratado el huitlacoche y con la ayuda de unas pinzas de disección se separaron las impurezas físicas más grandes para dejar solamente las esporas.

Conteo de esporas. Para obtener una concentración celular de 10^6 esporas ml^{-1} , se utilizó la cámara de Neubauer para el conteo de esporas. Para el conteo de esporas se pesó 1.7 mg de esporas de la cepa de huitlacoche a usar y se aforó a 100 ml de agua destilada estéril. De ésta solución se agregó un $1 \mu\text{m}$ a la cámara de Neubauer y se procedió al conteo de esporas con la ayuda de un microscopio compuesto (objetivo 10x).

Para calcular la concentración celular y obtener el total de esporas deseadas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración celular} = \frac{\text{total de células contadas}}{\text{Número de cuadrantes}} \times 10000$$

De acuerdo al total de esporidias por cuadrante se tuvo la siguiente concentración: Concentración celular = $216/4 \times 10000 = 540,000$ esporas ml^{-1} ; sin embargo, el inóculo se preparó al ajustar en agua destilada estéril a una concentración de 10^6 esporas ml^{-1} . Para obtener dicha concentración se pesaron 3.4 mg de esporas diluidas en 100 ml de agua destilada estéril, obteniendo un total de 1 080,000 esporas ml^{-1} .

Método de inoculación. La inoculación se realizó en entres fechas diferentes para poder cubrir el total de plantas por parcela útil, dejando un intervalo de tres días entre cada fecha. La inyección se realizó con jeringa hipodérmica, cuando los estilos del jilote median entre 5 y 10 cm de longitud, inyectando 1 ml de solución en tres puntos equidistantes a lo largo del jilote, dando un total de 3 ml por planta. Para obtener hongo de mejor calidad, se procuró infectar al ovulo de maíz antes de la anthesis masculina (Vanegas, 1995).

Cosecha del inóculo. La cosecha del inóculo se realizó de manera manual, en promedio 14 días después de la fecha de inoculación.

Caracteres estudiados. Durante la cosecha las variables evaluadas fueron: rendimiento de elote por planta (PEINF); este carácter se evaluó al cosechar solamente los elotes infectados en la parcela útil. Los elotes seleccionados, se les cortaron las brácteas en el punto de inserción del pedúnculo con el tallo para evitar lesiones mecánicas que indujeran mayor respiración (Valdez *et al.*, 2010), posteriormente, se registró el peso de cada uno de ellos, aun con las agallas adheridas al elote, rendimiento de hongo por planta infectada (RHPI); una vez pesado el elote infectado con huitlacoche, se desgranaron las agallas para pesar por separado el total de agallas formadas en el elote, porcentaje de elote cubierto por agallas (PCOBH); se obtuvo midiendo el largo y la longitud de la mazorca que cubren las agallas del huitlacoche y se calculó la relación en una escala arbitraria del 1 al 100 de acuerdo con Valverde *et al.* (1993), porcentaje de plantas que se infectaron (PPINF); es la relación de plantas inoculadas y plantas infectadas, rendimiento de plantas inoculadas (RPINOC); se sumó el peso total de hongo colectado en cada tratamiento y se dividió entre el número total de plantas inoculadas y rendimiento del hongo por hectárea (RHNG); el rendimiento por hectárea de huitlacoche del experimento se calculó de la siguiente manera: $\text{RHNG} = \text{RPINOC} \times 33,333.33 \text{ plantas ha}^{-1} = \text{rendimiento de hongo por hectárea}$.

Método estadístico. Se realizaron análisis de varianza para todas las variables evaluadas, utilizando el paquete estadístico SAS/STAT® (SAS Instituto Inc. 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza. Se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre variedades para porcentaje de plantas infectadas (PPINF), así como, diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en rendimiento de plantas inoculadas (RPINOC) y rendimiento de hongo por hectárea (RHNGD), lo que indica que hubo diferente comportamiento estadístico y genético entre los genotipos de maíz a la inoculación de una misma cepa de huitlacoche (Cuadro 1).

El coeficiente de variación en los caracteres evaluados fue bajo, excepto para las variables rendimiento de plantas inoculadas (RPINOC) y rendimiento de hongo por hectárea (RHNG), respectivamente. Lo anterior pudo deberse a que es una especie heterotática con un sistema de incompatibilidad tetrapolar (Martínez *et al.*, 2000), debido a que puede haber un gran número de combinaciones genéticas que darán diferentes grados de ataque del hongo en el maíz.

Cuadro 1. Cuadrados medios de los análisis de varianza para seis caracteres en la producción de huitlacoche (*Ustilago maydis*) en maíz.

FV	GL	PELINF (g)	PHPPI (g)	PCOBH (%)	PPINF (%)	RPINOC (g)	RHNG (kg ha ⁻¹)
Variedades	4	2219.98ns	1528.82ns	120.28ns	1756.35**	1001.02*	1112376.94*
Bloques	2	188.38ns	227.63ns	22.74ns	82.97ns	66.43ns	73805.30ns
Error	8	1725.24	892.49	106.97	46.87	171.77	190816.22
CV (%)		20.83	28.88	16.68	15.48	30.26	30.27

*, ** Diferente de cero a una probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente; FV=factor de variación; CV (%)= coeficiente de variación; GL= grados de libertad; PELINF= peso de elote infectado; PHPPI= peso de hongo por planta infectada; PCOBH= porcentaje de elote cubierto por agallas; PPIINF= porcentaje de plantas infectadas; RPINOC=rendimiento de plantas inoculadas; RHNG= rendimiento de hongo por hectárea.

Así mismo, las variaciones ambientales afectaron significativamente el desarrollo del hongo (Valverde *et al.*, 1995). Resultados similares fueron obtenidos por Madrigal *et al.* (2010), al evaluar un grupo de maíces híbridos comerciales bajo condiciones controladas. Martínez *et al.* (2000), en familias de maíz de medios hermanos bajo condiciones naturales de inoculación. Valdez *et al.* (2009), en maíces nativos adaptados al Bajío.

El porcentaje de plantas infectadas (PPINF), fue estadísticamente diferente en los cinco genotipos evaluados, pero en general el testigo comercial p3966w fue superior con un 82%; mientras que la V4 presentó 51%, ligeramente superior a la media general (Cuadro 2). Algo similar ocurrió para la variable rendimiento de plantas inoculadas (RPINOC), donde V5 y V4 presentaron los valores más altos con 65 y 56 g planta⁻¹, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de cinco genotipos de maíz a la inoculación con huitlacoche en seis caracteres evaluados.

VARIEDADES	PELPP (g)	PHPPI (g)	PCOBH (%)	PPINF (%)	RPINOC (g)	RHNG (kg ha ⁻¹)
V1	172.39a	94.60ab	65.027a	38.89bc	37.00cb	1233.3cb
V2	233.16a	139.14a	67.657a	28.89dc	39.63cb	1321.1cb
V3	171.90a	94.54ab	61.540a	20.00d	18.18c	605.9c
V4	202.14a	109.35ab	64.363a	51.11b	56.63ab	1887.8ab
V5	217.48a	79.52b	51.350a	82.22a	65.04a	2168.1a
MEDIA	199.41	103.43	61.99	44.22	43.30	1443.24

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Diferencia Mínima Significativa, 0.05, 0.01); PELPP= peso de elote por planta; PHPPI= peso de hongo por planta infectada; PCOBH= porcentaje de elote cubierto por agallas; PPIINF= porcentaje de plantas infectadas; RPINOC=rendimiento de plantas inoculadas; RHNG= rendimiento de hongo por hectárea; V1= criollo azul Tenejapa; V2= criollo amarillo Tenejapa; V3= criollo blanco Tenejapa; V4= Criollo blanco Coscomatepec; V5= testigo comercial p3966w.

El genotipo V5 (2168 kg ha⁻¹) fue estadísticamente superior a los demás en rendimiento de hongo por hectárea (RHNG), seguido de V4 (1887 kg ha⁻¹), respectivamente (Cuadro 2). Específicamente para ésta región, no se tienen antecedentes de estos genotipos para producir huitlacoche bajo condiciones naturales o bajo invernadero, la mayoría de los estudios se refieren a la producción de huitlacoche a cielo abierto principalmente en los estados de Puebla y Oaxaca. Por lo que los resultados aquí reportados podrán dar pauta a trabajos futuros sobre la producción de huitlacoche en la zona centro del estado de Veracruz.

Martínez *et al.* (2000), reportan para el estado de México, bajo condiciones naturales un rendimiento máximo de 12 t ha⁻¹ de huitlacoche a una densidad de 60,000 plantas ha⁻¹ en familias de maíz de medios hermanos maternos. Madrigal *et al.* (2010), exploraron rendimientos de huitlacoche de 3592 kg ha⁻¹ a una densidad de 166,666 plantas ha⁻¹, bajo condiciones controladas.

La prueba de comparación de medias ubicó a la variable PELPP en un mismo grupo, sin embargo, se pueden observar diferencias numéricas para el genotipo criollo amarillo Tenejapa con el mayor peso de 233.16 g planta⁻¹ y para el criollo Blanco Tenejapa con 171.90 g planta⁻¹, respectivamente; con relación a la variable PCOBH, se observó un comportamiento similar entre genotipos, no obstante los porcentajes

oscilaron de 51 a 67% (Cuadro 2), estos resultados son aceptables y comparables con lo reportado por Vanegas (1995), que obtuvo porcentajes de cobertura que variaron de 30 a 51%, Valdez *et al.* (2009), reportaron porcentajes de 50 a 97% días después de la inoculación.

Para la variable PHPPI no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$); no obstante, en la comparación de medias la prueba ubicó a los genotipos en grupos diferentes, sobresaliendo el criollo amarillo Tenejapa con 139.14 g elote⁻¹. Resultados similares fueron reportados por Pataky y Chandler (2003), quienes encontraron un rendimiento máximo de huitlacoche de 131 g elote⁻¹. Desde el punto de vista estadístico, el que el análisis no haya detectado diferencias, se infiere que la región de rechazo ($P \geq 0.05$), es muy pequeña, es decir, el error es ligeramente mayor al valor de alfa (α). Por el contrario, la prueba estadística utilizada (DMS, 0.05), al ser menos rigurosa logra separar grupos de medias.

Factores ambientales y desarrollo del huitlacoche. Para explicar el efecto ambiental sobre el desarrollo del huitlacoche, fue necesario considerar las condiciones ambientales en las cuales se desarrolló el hongo. Se observó que la temperatura mínima y máxima varió considerablemente durante los periodos de inoculación a cosecha (Figura 1).

El híbrido p3966w manejado como testigo, fue el primero en llegar a floración por su ciclo precoz con 60 dds. La temperatura promedio mínima y máxima, osciló entre 15.7 y 36.7°C desde la fecha que ocurrió la inoculación (septiembre 9) hasta la fecha de recolección (septiembre 22), este gradiente de variación pudo ser un factor determinante en la germinación del hongo. Jones (1923), asegura que el alto porcentaje de germinación de esporas ocurre entre 26.5 y 34.7°C con un máximo entre 36 y 38°C. Estos resultados son similares a los reportados por López (1988), quien aseguró tener la mayor incidencia del hongo con temperaturas medias altas fluctuando entre 18.7 a 17.2°C, respectivamente.

En cuanto a la precipitación (Figura 1), el día de la inoculación (septiembre 9) se tuvo un total de 8.3 mm; mientras que, a los 6 ddi (días después de la inoculación, se observó el valor máximo (40 mm). La disponibilidad de agua durante el periodo de incubación juega un papel importante para la germinación y desarrollo del hongo, reflejándose la mayor producción de agallas por planta y el mejor rendimiento de huitlacoche para éste híbrido. Algunos autores reportan que el papel de la humedad en el desarrollo del huitlacoche es a veces muy controversial (Piemeisel, 1917; Tisdale y Johnston, 1926). Christensen (1963), reporta que la humedad es necesario para la germinación y mantenimiento del tubo germinativo hasta que el hospedero es penetrado. Mientras que Kyle (1930), concluye que la cantidad de agua en plantas inmaduras de maíz es directamente asociada con la tasa de crecimiento de *U. maydis* y el número relativo de agallas. Sin embargo, Immer y Christensen (1928), encontraron que condiciones secas causados por un bajo número de días de precipitación, fueron determinantes para la prevalencia del hongo.

Para las variedades nativas la fecha floración en promedio ocurrió a los 74 dds. El periodo entre la fecha de inoculación (septiembre 23) hasta la fecha de recolección del hongo (octubre 6) fue de 14 ddi. En este periodo, se observó una temperatura mínima de 14.7°C, y una máxima de 29.7°C, respectivamente. La temperatura media osciló alrededor de 21.8°C, por lo que se considera que no actuó como un factor limitante en la germinación del hongo en estas variedades nativas; además, fue muy parecida a lo reportado por Martínez *et al.* (2000). Analizando la cantidad de agua durante el periodo de incubación del hongo, éste no representó un factor para la germinación y desarrollo del hongo (Figura 1). Se constató, que el criollo Blanco Coscomatepec presentó un rendimiento aceptable con relación a las demás variedades, por lo que, puede representar una alternativa regional al momento de seleccionar un hospedero para la producción de huitlacoche.

La susceptibilidad del hospedero puede estar condicionada por el factor genético, es decir, la estructura genética que presenta cada variedad, un híbrido por ser homogéneo-heterocigote, tiende a ser más vulnerable al ataque de cualquier enfermedad. Mientras tanto, una variedad nativa por su naturaleza de origen heterogénea-heterocigote, tiende a presentar diferentes grados de tolerancia.

CONCLUSIONES

El máximo rendimiento de huitlacoche fue de 2168.1 y 1887 kg ha⁻¹ para el híbrido p3966w (testigo) y la variedad nativa criollo blanco Coscomatepec utilizado como testigo, lo que fue explicado por mayores porcentajes de plantas infectadas (82.2 y 51.1%). El índice de severidad (porcentaje de elote cubierto por agallas) fue similar en las variedades evaluadas, no obstante, el criollo amarillo Tenejapa sobresalió con 67.6% de cobertura. La temperatura y precipitación afectaron notablemente el desarrollo del huitlacoche. El método de inoculación desarrollado resultó exitoso para realizar la producción masiva de huitlacoche, tanto en maíces nativos como en híbridos. El criollo Blanco Coscomatepec representa

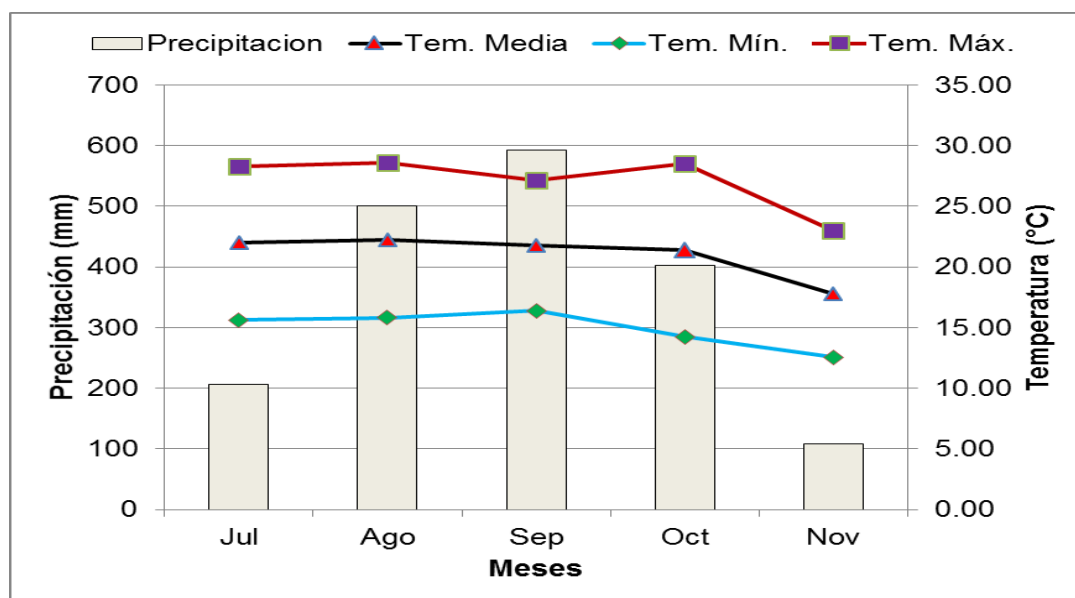


Figura 1. Condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento (julio a noviembre de 2014). Amatlán de los Reyes, Veracruz.

una alternativa regional al momento de seleccionar un hospedero para la producción de huitlacoche.

LITERATURA CITADA

- Agrios G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. New York, USA. 922 p.
- Christensen J. J. 1963. "Corn smut caused by *Ustilago maydis*". Monograph No. 2. *The American Phytopathological Society*. 35 p.
- Formation in Plant Tumors. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 13:1034-1040.
- Gold J., L. Good, A. Herrera E., T. Diener y J. P. Martínez S. 1999. "Plant-pathogen interactions in plant biotechnology". En: Octavio Paredes-Lopez (Ed.). *Molecular biotechnology for plant food production*. Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. Capítulo 4 (pp: 150-156).
- Immer, F.R. and J. Christensen. 1928. Determination of losses due to smut infections in selfed lines of
- Kyle, C.H. 1930. Relation between the vigor of the corn plant and its susceptibility to smut (*Ustilago zeae*) *J. Agr. Res.* 41:221-231.
- Lizárraga G. R. and G. López, M. 1996. Content of free amino acids in huitlacoche (*Ustilago maydis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, (9) 2556-2559.
- López, A.G.F. 1988. Factores que determinan el desarrollo de *Ustilago maydis* (D.C) Corda, agente causal del huitlacoche del maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Montecillo, México. Pag.84.
- Madrigal R. J., C. Villanueva V., J. Sahagún C., M. Acosta R., L. Martinez M. y T. Espinosa S. 2010. Ensayos de producción de huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) hidropónico en invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 16: 177-182.
- Martínez L. M., C. Villanueva V., J. Sahagún C., 2000. Susceptibility and resistance of maize to the edible fungus huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) improving its virulence. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 6: 241-255.
- Mendoza M. A., P. Berndt, A. Djamei, C. Weise, U. Linne, M. Marahiel, M. Vranes, J. Kämper and R. Kahamann. 2008. Physical-chemical plant-derived signals induce differentiation in *Ustilago maydis*. *Molecular Microbiology* 71: 895-911.
- Paredes L. O. y E. Valverde M. 1999. Los Alimentos Mágicos de las Culturas Indígenas de Mexico – El caso del huitlacoche. El Colegio de Sinaloa, México. p. 19
- Pataky J. K. y Chandler M. A. 2003. "Production of huitlacoche, *Ustilago maydis*: timing inoculation and controlling pollination". *Mycologia* 95: 1261-1270.
- Piemeisel, F.J. 1917. Factors affecting the parasitism of *Ustilago zeae*. *Phytopathology* 7:294- 307
- Ruíz H. J. y A.D. Martínez E. 1998. The fungus *Ustilago maydis*, from the aztec cuisine to the research laboratory. *International Microbiology* 1: 149-158.
- SAS Institute Inc. SAS, Version 9.1. Cary, NC 27513, USA. SAS Institute, Inc. 2009.
- Tisdale, W. H. and C. Johnston. 1926. A study of smut resistance in corn seedlings grown in the greenhouse. *Journal of agricultural research* 32: 649-668.

- Valdez M. M., M. E. Valverde V., y O. Paredes L. 2009. Procedimiento tecnológico para la producción masiva de huitlacoche. Sinnco, 1:16.
- Valverde M. E. 1992. Estudios sobre la infección de *Ustilago maydis* (Huitlacoche) y sus características alimentarias. Tesis de maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Mexico. pp:10-37.
- Valverde M. E., O. Paredes L., J. Pataky and F. Guevara L. 1995. Huitlacoche (*Ustilago maydis*) as a Food Source- Biology, Composition, and production. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 35:191-229.
- Valverde, M. E. 1998. Caracterización molecular de la biodiversidad de *Ustilago maydis*. Tesis de Doctorado, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Irapuato, México.
- Vanegas P. E. 1995. Procedimientos tecnológicos para la producción de huitlacoche (*Ustilago maydis*) efecto de la cepa y materiales genéticos de maíz sobre la calidad. Tesis de maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato, Mexico. pp: 32-78.
- Villanueva V. C., E. Sánchez R. y E. Villanueva S. 2007. El huitlacoche y su cultivo. Ed. Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. México, D.F. 96 p.
- Villanueva, C.V. 1997. Huitlacoche (*Ustilago maydis*) as a food in México. Micol. neotrop. Apl. 10:73-81.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE ARROZ EN LA REGIÓN TROPICAL HÚMEDA DE MÉXICO.

PRODUCTIVE COMPORTAMENT OF EXPERIMENTAL LINE RICE IN THE WET TROPICAL REGION OF MEXICO.

¹J. A. Jiménez Chong; ¹V. A. Esqueda Esquivel; ²R. Ortega A; R. ¹López López; ³F. Orona Castro; ⁴L. Tavitas Fuentes y ⁴L. Hernández Aragón

¹Centro de investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km 22.5 carretera Veracruz-Córdoba Paso del Toro. CP 94277, Medellín de Bravo, Veracruz, México. ²Centro de investigación Regional Pacífico Centro. ³ Centro de Investigación Regional Sureste. ⁴Centro de Investigación regional Pacífico Sur
Autor para correspondencia: jimenez.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el objetivo de seleccionar Líneas Experimentales de arroz con características agronómicas y productivas deseables, durante el Ciclo Primavera-Verano/2015, se establecieron diversas Pruebas Preliminares de Rendimiento (PPR) en cinco localidades de la Región Tropical Húmeda de México, en los estados de Jalisco, Veracruz, Tabasco y Campeche. En estas PPR, se evaluó el comportamiento agronómico y productivo de las líneas uniformes en sus diferentes versiones NAT08, NAT09 y NAT10, los cuales están constituidos por 739 líneas uniformes F₇ obtenidas por selección genealógica. Cada PPR fue establecido sin diseño experimental y sin repeticiones en parcelas de 2 a seis surcos de 3.5 a 5.0 m de largo, con una separación entre surcos de 20 cm. En cada PPR, se incluyeron como tratamientos testigos las variedades Choca A-05, El Silverio, Aztecas, INIFLAR RT e INIFLAR R. El criterio de selección de los materiales promisorios se definió por la productividad de las líneas y su comportamiento agronómico en las diferentes localidades de evaluación, aplicando una presión de selección del 6% y sobre todo que superen el comportamiento agronómico y productivo de las variedades testigo. Como resultado de las evaluaciones realizadas en y a través de localidades, se seleccionaron 50 Líneas Experimentales de arroz con características agronómicas deseables y alto potencial de rendimiento, las cuales conformarán el material genético a evaluar en la siguiente etapa del proyecto.

Palabras clave: *variedades, mejoramiento genético, trópico húmedo*

INTRODUCCIÓN

El INIFAP ha sido la institución generadora de variedades temporales de arroz, por ello a través de la implementación del proyecto “Desarrollo de nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal en regiones de buen potencial en el trópico húmedo del Trópico Mexicano en la cuenca del Papaloapan, Tabasco y Campeche”, se restableció el programa de cruzamientos para la generación de poblaciones múltiples y a partir de éstas desarrollar nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal (NAT). A través de este programa se realizaron diversas cruces simples (A/B), cruces triples (A/B//C) y cruces dobles (A/B//C/D), a las cuales se les ha agrupado dentro de lo que se han asignado las siglas NAT08, a las cruces simples (A/B) que se realizaron en el 2008, NAT09 a las cruces triples efectuadas en 2009, y NAT10 a las cruces dobles que se realizaron en 2010 (Hernández *et al.*, 2011). En seguimiento a las progenies generadas, a través de la combinación del método de “Bulk” modificado en generaciones tempranas (F₂-F₄) y selección genealógica (“Pedigree”) de F₅ a F_n, se generaron 320 líneas uniformes (F₇) del NAT08, 197 del NAT09 y 222 líneas uniformes del NAT10, las cuales constituyen la base genética de este trabajo.

En México, el arroz de temporal fue establecido en 1973 en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Campeche ubicados en la región tropical del sureste de México, donde la precipitación pluvial en esa época era regular y suficiente para que el cultivo del arroz fuera rentable; sin embargo en la actualidad el cultivo de arroz de temporal se ha visto afectado por una notable disminución de los volúmenes de precipitación pluvial, y en los últimos años se ha incrementado la irregularidad pluvial como consecuencia del cambio climático, cuyos efectos en el cultivo del arroz de temporal se manifiestan cuando se presentan períodos de sequía de diferentes magnitudes en el verano, que propician la incidencia de enfermedades como la “quema del arroz” o por la presencia de lluvias torrenciales en el otoño, que causan inundaciones

abruptas en plena fase de maduración del grano, con la consecuente reducción de las cosechas (Hernández, 2007). Depledge (2002), hizo hincapié en que la mayoría de las variedades de arroz que se cultivan, las plantas pueden durar bajo inmersión durante seis días, pero la falta de respiración provoca el 50% de mortalidad de las plantas, y esta puede llegar al 100% cuando la inmersión dura 14 días. Los cambios en el patrón de la distribución de la precipitación pluvial, puede llevar a ocurrencias más frecuente de inundación abrupta y de sequía que pueden afectar los cultivos de arroz; menciona que a través de la mejora genética debe darse impulso al desarrollo de variedades que se adapten a los efectos del cambio climático global.

En México existen tres zonas agroclimáticas distintivas para el cultivo del arroz que son: Trópico Húmedo, Trópico Subhúmedo y el Trópico Seco; cada ecosistema se caracteriza por diferentes tipos de problemas entre los que se incluyen: altos costos de producción, restricciones en el abastecimiento del agua para el riego del cultivo, irregularidad pluvial con ocurrencia de sequía intraestival e inundaciones abruptas, competencia con malezas, presencia de plagas y enfermedades, y deficiencias o toxicidad nutricional, principalmente. En la región del Sureste del país, el INIFAP ha generado variedades de arroz aptas para cultivarse en condiciones de temporal; se han liberado las variedades Grijalva A-71, Macuspana A-75, Cárdenas A-80, Campeche A-80, Palizada A-86, Huimanguillo A-88, Cotaxtla A-90, Loma Bonita A-92, Sabanero A-95, Temporalero A-95, Milagro Filipino Depurado, El Silverio, Choca A05 e INIFLAR RT con sus correspondientes técnicas de cultivo para incrementar la productividad del cultivo, Contreras et al (1989); Contreras et al. (1990); Ayón et al. (1990); García et al. (1992), Rodríguez et al. (1996), García et al. (2010) y Jiménez et al. (2010). A pesar de que en los últimos años en nuestro país se ha tratado de dar mayor preferencia al cultivo de arroz de riego porque es más seguro, el arroz de temporal en la actualidad todavía cubre alrededor del 60% del área arrocería ubicada en el trópico húmedo del sureste, donde residen grandes grupos de productores dedicados a este cultivo y en donde la influencia del cambio climático ha sido significativa en los últimos años. Sus efectos se han traducido pérdidas parciales y totales de las cosechas de arroz por sequía intraestival que ocurre en el verano o por las lluvias torrenciales que suelen presentarse en el otoño que causan de inundaciones abruptas y acame del cultivo (SAGARPA, ITESM E INCA-RURAL, 2005). El objetivo del trabajo fue Seleccionar Líneas Experimentales de arroz con características agronómicas deseables y alto potencial de rendimiento, que permitan desarrollar nuevas variedades de arroz de temporal con amplia base genética para que, a través de su cultivo a nivel comercial en el Trópico Húmedo de México, coadyuven a contrarrestar los efectos del cambio climático y mejoren la rentabilidad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El INIFAP a través del Programa de arroz del Campo Experimental Zacatepec, restableció el programa de cruzamientos para la generación de poblaciones múltiples y a partir de éstas desarrollar nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal (NAT). A través de este programa se realizaron diversas cruza simples (A/B), cruza triples (A/B//C) y cruza dobles (A/B//C/D), a las cuales se les ha agrupado dentro de lo que se han asignado las siglas NAT08, a las cruza simples (A/B) que se realizaron en el 2008, NAT09 a las cruza triples efectuadas en 2009, y NAT10 a las cruza dobles que se realizaron en 2010. El NAT08 consistió de 45 cruzamientos entre progenitores de grano grueso tipo "Milagro", líneas con resistencia a la "quema del arroz" (*Magnaporthe grisea*), líneas del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) de grano delgado con alto potencial de rendimiento, materiales con tolerancia a sequía procedentes de África, materiales "RHS" (resistencia horizontal a sequía) y variedades del INIFAP con tolerancia combinada a sequía y a *M. grisea*. El NAT09 comprendió 43 cruza triples (A/B//C) realizadas en 2009, que incluyeron los cruzamientos simples (F1) de 2008 y la inclusión de 30 genotipos (progenitor "C") donadores de nuevos genes de importancia agrícola e industrial, cuyas características a incorporar fueron alto potencial de rendimiento, resistencia estable a enfermedades, tolerancia a sequía y buena calidad del grano. El NAT10 constó de 46 cruzamientos dobles (A/B//C/D) (las F₁ de las cruza A x B y las F₁ de C x D) efectuados en 2010, en las que se incluyeron nueve genotipos del extranjero tolerantes a suelos ácidos y a inundaciones abruptas (Hernández et al., 2011). En seguimiento a las progenies generadas, a través de la combinación del método de "Bulk" modificado en generaciones tempranas (F₂-F₄) y selección genealógica ("Pedigree") de F₅ a F_n, en el NAT08 se han generado 320 líneas uniformes (F₇), del NAT09 se generaron 197 líneas uniformes (también en F₇), y del NAT10 se han generado otras 222 líneas uniformes (F₇), mismas que conforman el material genético a evaluar en las PPR durante este ciclo Primavera-Verano/2015, bajo condiciones de temporal y temporal con riegos de auxilio, en el área de influencia de los Campo Experimentales Tecomán, Cotaxtla, Huimanguillo y Edzná.

Localización de las áreas donde se desarrolló el estudio. En el Cuadro 1, se observa que la PPR en su versión NAT08, se estableció en tres localidades, el NAT09 en cuatro, mientras que el NAT10, fue establecido en cinco localidades del país. En el área de influencia del Campo Experimental Tecomán, la PPR se estableció en los terrenos del Sitio Experimental Costa de Jalisco del INIFAP, localizado en el Km. 204 de la carretera Guadalajara-Barra de Navidad, en los límites del Municipio de La Huerta y Casimiro Castillo, ubicado en los 19°31'15" Latitud Norte y 104°32'00" Longitud Oeste, a una altitud de 360 msnm, sobre un suelo de tipo Fluvisol, de buena fertilidad y con un tipo climático Aw1 (w), con precipitación media anual de 1,100mm. Temperaturas medias máximas de 34°C y medias mínimas de 12°C, que clasifica como cálido sub-húmedo.

Cuadro 1. Localidades en que se establecieron las Pruebas Preliminares de rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal. Ciclo Primavera-Verano/2015.

Localidad	Prueba Preliminar de Rendimiento		
	NAT08	NAT09	NAT10
Sitio Experimental Costa de Jalisco	XX	XX	XX
Campo Experimental Cotaxtla	XX		XX
Ejido Juncal, Palizada, Campeche		XX	XX
Poblado C-26, Huimanguillo, Tabasco	XX	XX	XX
Sitio Experimental Edzná, Campeche		XX	XX

En el estado de Veracruz, las PPR fueron establecidas en el Campo Experimental Cotaxtla, localizado en el municipio de Medellín, Ver. A 18°55'58.53" de latitud norte, 96°11'39.84", a una altitud de 19 m sobre el nivel del mar. Las PPR se establecieron sobre un Vertisol de fertilidad media, textura arcillosa y pendiente muy ligera. El clima es un Aw" (w)(g) cálido sub-húmedo, con una precipitación media anual de 1,350 mm y una temperatura media anual de 25°C.

En Tabasco, las PPR se establecieron en el Poblado C-26 del municipio de Huimanguillo, Tabasco, sobre un Vertisol eutricto, de textura arcillosa, neutros, con contenidos moderadamente altos de materia orgánica y calcio intercambiable, alto contenido de magnesio, contenidos medios de nitrógeno total y deficientes en fósforo y potasio. El clima en esta localidad es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), precipitación promedio anual de 2500 mm y temperatura promedio de 26.3°C.

En Campeche, las PPR se establecieron en el Sitio Experimental Edzná, en un Vertisol, con un clima Aw0, que clasifica como cálido sub-húmedo, con una precipitación media anual de 1200-1400 mm y una temperatura promedio anual de 26.0°C; y en el Ejido Juncal, del municipio de Palizada, Campeche, sobre un Luvisol gléyico, de textura franca a franco-arcillosa, con pH de moderado a fuertemente ácido, con contenidos moderados a pobres de materia orgánica, fósforo y potasio. El clima en esta localidad es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), con una precipitación promedio anual de 1877 mm y temperatura promedio de 27.0°C.

Diseño Experimental. Estas PPR fueron establecidos sin diseño experimental y sin repeticiones en parcelas de dos a seis surcos. En cada PPR, se incluyeron las variedades Choca A-05, El Silverio, Aztecas, INIFLAR RT e INIFLAR R, como tratamientos testigo. El criterio de selección de las líneas promisorias fue similar al que se utilizó en las etapas de avance generacional, consistentes en buena aceptabilidad fenotípica, excelente vigor, baja estatura de la planta, buena sanidad, precocidad de las plantas, resistencia al acame y a la sequía, buen tipo de grano y alto potencial de rendimiento. La selección de líneas que pasaron a la siguiente fase, estuvo definida por la productividad de las líneas y su comportamiento agronómico en las diferentes localidades de evaluación, aplicando una presión de selección del 6% y que superen el comportamiento agronómico, productivo y de calidad del grano de las variedades incluidas como testigos. En el laboratorio de calidad del arroz, se confirmará la calidad molinera del grano

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados obtenidos de las PPR establecidas en Jalisco, Veracruz, Tabasco y Campeche. Con respecto a la productividad de las líneas experimentales del NAT08-09 en el sitio experimental Costa de Jalisco, los rendimientos oscilaron entre 3.3 y 13.7 t/ha. De estos materiales, se seleccionaron 9 líneas con rendimiento de 10.98 a 13.58 t/ha. En su versión NAT10 en esta misma localidad el rendimiento más bajo fue de 4.3 t/ha y el más alto de 12.3 t/ha. De los 225 materiales evaluados, se podrían seleccionar 5 materiales con rendimientos 11.72 a 12.26 t/ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal. Sitio Experimental Costa de Jalisco.

Tra t	Genealogía	Rend (kg/ha)	acam e	Ac fen *	Piriculari a	Manch a café	Manch a grano
31	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	13,580	1	7	0	3	3
34	1Hu-0Hu	12,720	3	5	0	3	3
21	NAT08-MM-13Hu-5Hu-9Hu-	12,540	1	5	0	3	5
35	1Hu-0Hu	11,900	3	7	0	3	3
10	NAT08-MM-19Hu-6Hu-10Hu-	11,820	1	5	0	3	3
	6Hu-0Hu						
13	NAT08-MM-13Hu-5Hu-10Hu-	11,260	1	5	0	3	3
6	4Hu-0Hu	11,100	1	5	0	1	1
10	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-	11,020	1	3	0	1	3
9	1Hu-0Hu	10,980	1	5	0	1	3
81							
11	NAT09-MM-14Hu-7Hu-1Hu-	12,260	9	9	0	3	3
0	6Hu-0Hu	11,820	7	9	0	3	3
	NAT09-MM-34Hu-4Hu-11Hu-	11,740	3	5	0	1	3
21	5Hu-0Hu	11,740	1	5	0	3	3
8	NAT09-MM-20Hu-4Hu-1Hu-	11,720	3	5	0	3	3
22	1Hu-0Hu						
1	NAT09-MM-34Hu-4Hu-12Hu-						
82	3Hu-0Hu						
96							
92	NAT10-MM-9Hu-13Hu-1Hu-						
	1Hu-0Hu						
	NAT10-MM-9Hu-13Hu-4Hu-						
	1Hu-0Hu						
	NAT10-MM-13Hu-13Hu-6Hu-						
	1Hu-0Hu						
	NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-						
	2Hu-0Hu						
	NAT10-MM-13Hu-13Hu-4Hu-						
	1Hu-0Hu						
10	Aztecas	10,320	1	3	0	1	1
0	INIFLAR RT	10,200	1	5	0	3	3
15	El Silverio	9,280	1	5	0	3	3
0	Choca A-05	8,680	9	9	0	3	3
22							
3							
50							

En el Campo Experimental Cotaxtla en el estado de Veracruz, los resultados obtenidos en la PPR versión NAT10, con respecto al rendimiento de grano se observó una fluctuación entre 597 y 3,980 kg/ha, de los cuales se seleccionaron las líneas experimentales NAT10-MM-19Hu-11Hu-3Hu-2Hu-0Hu (tratamiento 52), NAT10-MM-16Hu-6Hu-3Hu-3Hu-0Hu (tratamiento 61) y NAT10-MM-17Hu-16Hu-1Hu-1Hu-0Hu (tratamiento 100), con rendimientos de 3,980, 3,621 y 3,462 kg/ha, respectivamente, los cuales superaron entre 53 y 76% al rendimiento obtenido por la variedad INIFLAR RT, la cual registró un rendimiento de 2,265 kg/ha (Cuadro 3).

En el Cuadro 4, se presentan las líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del NAT08 en Tabasco, en el que se observa superioridad productiva de nueve materiales, los cuales registraron rendimientos de 5,457 a 6,824 kg/ha, llegando a superar entre un 13 y 41% el rendimiento de grano de la variedad El Silverio utilizada como testigo (Cuadro 4).

Cuadro 3. Líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz.

Tra t	Genealogía	Altur a (cm)	Días a floració n	Piricula ria	Manchad o de grano	Rendimien to (kg/ha)
52	NAT10-MM-19Hu-11Hu-3Hu- 2Hu-0Hu	92	96	1	3	3,980
61	NAT10-MM-16Hu-6Hu-3Hu- 3Hu-0Hu	83	89	1	3	3,621
100	NAT10-MM-17Hu-16Hu-1Hu- 1Hu-0Hu	90	91	1	3	3,462
223	El Silverio	83	99	1	4	2,212
224	INIFLAR RT	80	91	1	3	2,265
225	INIFLAR R	70	91	1	3	2,113

Cuadro 4. Líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal. Poblado C-26, Huimanguillo, Tabasco.

Tra t	Genealogía	Rend (kg/ha)	Altur a (cm)	Acam e	Fenotip o	Piricula ria	Manch a café
10	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-	6,824	110	3	3	3	1
11	1Hu-0Hu	6,021	110	1	3	3	1
32	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-	5,780	100	1	3	3	1
9	6Hu-0Hu	5,773	110	1	3	1	1
31	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	5,593	100	1	5	3	1
14	8Hu-0Hu	5,746	90	1	3	3	3
4	NAT08-MM-14Hu-4Hu-8Hu-	5,638	90	1	3	3	5
40	3Hu-0Hu	5,542	100	3	3	3	3
12	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	5,457	110	1	3	3	5
7	1Hu-0Hu						
39	NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-	5,659	90	1	3	3	1
	4Hu-0Hu	5,580	120	1	3	1	1
90	NAT08-MM-32Hu-60Hu-3Hu-	5,475	100	1	1	1	1
70	5Hu-0Hu	5,293	110	1	3	1	1
93	NAT08-MM-47Hu-46Hu-4Hu-						
77	4Hu-0Hu	5,800	116	1	3	3	1
	NAT08-MM-32Hu-60Hu-3Hu-	5,541	84	1	3	3	1
93	4Hu-0Hu	5,444	90	1	3	3	1
15		5,413	108	1	5	5	1
3	NAT09-MM-17Hu-6Hu-1Hu-	5,318	108	1	3	3	1
99	6Hu-0Hu						
66	NAT09-MM-18Hu-2Hu-5Hu-						
15	3Hu-0Hu						
6	NAT09-MM-17Hu-6Hu-2Hu-						
	7Hu-0Hu						
	NAT09-MM-18Hu-2Hu-18Hu-						
	2Hu-0Hu						
	NAT10-MM-13Hu-13Hu-4Hu-						
	2Hu-0Hu						
	NAT10-MM-14Hu-10Hu-3Hu-						
	2Hu-0Hu						
	NAT10-MM-13Hu-13Hu-8Hu-						
	1Hu-0Hu						
	NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-						
	3Hu-0Hu						

	NAT10-MM-14Hu-10Hu-4Hu-2Hu-0Hu						
20	El Silverio	4,833	110	1	3	1	1
0	Aztecas	4,502	90	1	1	1	1
10	INIFLAR RT	3,608	100	1	3	1	1
0	Choca A-05	3,267	120	1	3	1	1
15							
0							
50							

En el mismo Cuadro 4, se presentan las líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del NAT09 en Tabasco, en el que se observa superioridad productiva de cuatro materiales, los cuales registraron rendimientos de 5,293 a 5,659 kg/ha, llegando a superar entre un 9 y 17% el rendimiento de grano de la variedad testigo. También se presentan las líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del NAT10 en Tabasco, en el que se observa superioridad productiva de cinco materiales, las cuales registraron rendimientos de 5,318 a 5,800 kg/ha, llegando a superar entre 10 y 20% el rendimiento de grano de la mejor variedad testigo.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados sobresalientes de las 196 líneas uniformes del NAT09 (cruzas triples), establecidas en Palizada, Campeche, en el que se pueden observar rendimientos de grano superiores a los 5,200 kg/ha. De las variedades testigo, solo la variedad Choca A-05 obtuvo un rendimiento de grano similar al de las líneas presentadas.

Cuadro 5. Líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal. Palizada, Campeche.

Tra t	Genealogía	Rend (kg/ha)	Excursió n panícula	Altura de planta (cm)	Días a floració n	Días a madure z
4	NAT08-MM-14Hu-4Hu-1Hu-	5,800	3	120	88	119
3	9Hu-0Hu	5,600	3	110	88	119
12	NAT08-MM-14Hu-4Hu-1Hu-	5,600	3	120	88	119
19	8Hu-0Hu	5,600	1	110	88	122
24	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-	5,600	3	110	88	122
31	10Hu-0Hu	5,600	1	90	88	119
32	NAT08-MM-19Hu-6Hu-1Hu-	5,200	1	100	88	119
	9Hu-0Hu					
19	NAT08-MM-22Hu-5Hu-3Hu-	5,800	3	90	93	131
9	1Hu-0Hu	5,600	3	100	93	129
10	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	5,600	3	110	93	130
9	1Hu-0Hu					
14	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-					
3	8Hu-0Hu					
	NAT09-MM-15Hu-4Hu-12Hu-					
	4Hu-0Hu					
	NAT09-MM-34Hu-4Hu-11Hu-					
	5Hu-0Hu					
	NAT09-MM-14Hu-7Hu-11Hu-					
	2Hu-0Hu					
50	Choca A-05	5,000	1	130	88	122

El establecimiento de las PPR en el sitio experimental Edzná, en Campeche fue tardío por lo que fue necesario realizar un riego de germinación; durante el desarrollo de esta Prueba, se observó que tan solo llovieron 465 mm durante el ciclo del cultivo, lo cual no cubre ni el 50% de las necesidades hídricas del cultivo, si tomamos en cuenta que para el arroz se requieren de 900 a 1200 mm. Esta situación propicia que hubiese problemas serios con maleza y la incidencia de enfermedades.

Cuadro 6. Líneas experimentales sobresalientes de la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal. Sitio Experimental Edzná, Campeche.

Tra t	Genealogía	Rend (kg/ha)	Altura (cm)	Acam e	Fenotip o	Piricula ria	Manch a café
32	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	7,367	106	1	3	1	0
11	8Hu-0Hu NAT08-MM-14Hu-	5,458	118	1	1	3	0
10	4Hu-10Hu-6Hu-0Hu NAT08-	5,324	118	1	1	1	0
	MM-14Hu-4Hu-10Hu-1Hu-0Hu						
93		6,950	97	1	1	1	0
16	NAT09-MM-17Hu-6Hu-2Hu-	6,788	98	1	3	1	0
8	7Hu-0Hu	6,286	122	1	5	0	0
13	NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-	6,103	121	1	1	1	0
8	1Hu-0Hu	5,967	115	1	1	1	0
47	NAT09-MM-14Hu-7Hu-2Hu-	5,681	154	3	7	1	0
13	4Hu-0Hu						
3	NAT09-MM-9HU-1Hu-2Hu-	6,008	107	1	1	1	0
54	1Hu-0Hu	5,793	98	1	3	1	0
	NAT09-MM-14Hu-7Hu-1Hu-	5,744	86	1	3	1	1
8	1Hu-0Hu						
17	NAT09-MM-12Hu-1Hu-3Hu-						
1	1Hu-0Hu						
19							
3	NAT10-MM-14Hu-11Hu-2Hu-						
	3Hu-0Hu						
	NAT10-MM-17Hu-14Hu-2Hu-						
	2Hu-0Hu						
	NAT10-MM-12Hu-13Hu-3Hu-						
	1Hu-0Hu						
15		3,449	111	1	5	1	0
0		3,376	110	1	3	1	0
10	INIFLAR RT	1,519	94	1	1	1	0
0	AZTECAS	1,280	155	3	7	1	0
20	EL SILVERIO						
0	CHOCA A-05						
50							

En esta localidad 12 genotipos fueron seleccionados, los cuales registraron rendimientos de 7,367 a 5,324 kg/ha, de ellos, tres corresponden a líneas experimentales NAT08, seis al NAT09 y tres al NAT10, las cuales superan entre 54 y 113% el rendimiento de la variedad INIFLAR RT, para la cual se registró un rendimiento de 3,449 kg/ha (Cuadro 6).

Comportamiento productivo promedio de líneas experimentales sobresalientes en las PPR establecidas en el trópico húmedo de México. En el Cuadro 7, se presenta el comportamiento productivo de las mejores líneas experimentales de la Prueba Preliminar de Rendimiento del NAT08 y NAT09 en las localidades de estudio, en el que se observa superioridad productiva de 6 materiales, las cuales registraron rendimientos promedios de 6,008 a 7,068 kg/ha, llegando a superar entre un 6 y 25% el rendimiento de grano de la mejor variedad testigo, que en este caso corresponde a la variedad Aztecas.

Cuadro 7. Rendimiento promedio de las líneas experimentales a través de localidades en la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal 2008-2009 (Cruzas simples y Triples). Ciclo Primavera-Verano/2015.

Tra t	Genotipo	Rendimiento de grano (kg/ha)			
		Edzn	Huimanguill	C. de	Palizada
					Promedi

		á	o	Jalisco		o
31	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	3,49	5,593	13,580	5,600	7,068
10	1Hu-0Hu	8	6,824	11,820	4,000	6,992
32	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-	5,32	5,780	8,600	5,200	6,737
12	1Hu-0Hu	4	5,170	11,420	5,600	6,184
	NAT08-MM-13Hu-5Hu-3Hu-	7,36				
93	8Hu-0Hu	7	5,475	10,200	3,400	6,506
77	NAT08-MM-14Hu-4Hu-10Hu-	2,54	5,293	8,920	5,000	6,008
	10Hu-0Hu	5				
	NAT09-MM-17Hu-6Hu-2Hu-	6,95				
	7Hu-0Hu	0				
	NAT09-MM-18Hu-2Hu-18Hu-	4,82				
	2Hu-0Hu	0				
10	Aztecás	3,37	4,502	10,320	4,400	5,650
0	INIFLAR RT	6	3,608	10,200	3,800	5,264
15	Choca A-05	3,44	3,267	8,680	5,000	4,557
0	El Silverio	9	4,833	--	3,480	3,278
50		1,28				
20		0				
0		1,51				
		9				

En el Cuadro 8, se presenta el comportamiento productivo de las mejores líneas experimentales de la Prueba Preliminar de Rendimiento del NAT10 en las localidades de estudio, en el que se observa superioridad productiva de 8 materiales, las cuales registraron rendimientos promedios de 5,001 a 5,682 kg/ha, llegando a superar entre un 22 y 38% el rendimiento de grano de la mejor variedad testigo, que en este caso corresponde a la variedad El Silverio, la cual registró un rendimiento promedio de 4,110 kg/ha.

Cuadro 8. Rendimiento promedio de las líneas experimentales a través de localidades en la Prueba Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal 2010 (Cruzas dobles). Ciclo Primavera-Verano/2015.

Tra t	Genotipo	Rendimiento de grano (kg/ha)				Promedi o
		Cotaxtl a	Edzná	Huimanguill o	C. de Jalisco	
93	NAT10-MM-13Hu-13Hu-4Hu-	1,948	4,181	5,800	10,800	5,682
14	2Hu-0Hu	2,800	3,694	4,224	10,340	5,265
2	NAT10-MM-17Hu-12Hu-4Hu-	2,103	3,146	5,318	9,900	5,117
15	2Hu-0Hu	1,775	--	4,509	9,020	5,101
6	NAT10-MM-14Hu-10Hu-4Hu-	1,169	4,102	4,498	10,360	5,032
15	2Hu-0Hu	1,589	3,521	5,000	10,000	5,027
5	NAT10-MM-14Hu-10Hu-4Hu-	3,980	2,095	4,298	9,640	5,003
15	1Hu-0Hu	2,603	3,005	4,395	10,000	5,001
0	NAT10-MM-14Hu-10Hu-2Hu-					
11	3Hu-0Hu					
3	NAT10-MM-17Hu-16Hu-4Hu-					
52	5Hu-0Hu					
59	NAT10-MM-19Hu-11Hu-3Hu-					
	2Hu-0Hu					
	NAT10-MM-16Hu-6Hu-3Hu-					
	1Hu-0Hu					
22	El Silverio	2,212	1,732	3,215	9,280	4,110
3	INIFLAR R	2,113	3,652	3,252	7,280	4,074
22	INIFLAR RT	2,265	2,346	2,603	7,420	3,659
5						
22						

En base a los resultados obtenidos en y a través de las localidades de estudio, se considera que se pueden seleccionar 50 líneas Experimentales, procedentes del programa de cruzamientos NAT08, NAT09 y NAT10, las cuales destacaron por sus características productivas, conformando así, el material genético del Ensayo Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal, a establecerse en el próximo ciclo agrícola.

Aún y cuando las PPR se sembraron fuera de la fecha de siembra, los diversos materiales presentaron aceptable potencial de rendimiento, aunque algunas líneas experimentales presentaron segregación, por lo que se debe de continuar con su depuración. Las líneas seleccionadas tienen amplias posibilidades para adaptación no solamente de temporal, sino que, también se deberá de considerar su evaluación bajo riego.

CONCLUSIONES

Se seleccionaron 50 líneas Experimentales, procedentes del programa de cruzamientos NAT08, NAT09 y NAT10, las cuales destacaron en características productivas, las cuales constituyen el material genético que formará parte del Ensayo Preliminar de Rendimiento del Nuevo Arroz de Temporal, a establecerse en el próximo ciclo agrícola.

LITERATURA CITADA

- Ayón R., E. A. y García A., J. L. 1993. Cotaxtla A-90 nueva variedad de arroz de temporal para la cuenca baja del Papaloapan y sur de Veracruz. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto téc. No. 2. 13 p.
- Contreras L., A., Márquez C., F. y L. Hernández A. 1990. Guía para cultivar arroz en Tabasco. Folleto técnico No. 6. 16 p.
- Contreras L., A., E. A. Ayón R. y L. Tavitas F. 1989. Huimanguillo A-88 nueva variedad de arroz para Tabasco. Folleto técnico No. 4. 18 p.
- Depledge, J. 2002. Climate change in focus: The IPCC Third Assessment Report. Royal Institute of International Affairs, Briefing Paper New Series, No. 29.
- García, A. J. L., Ayón R., E. A. y Hernández, A. L., 1992. Loma Bonita A92, nueva variedad de arroz de temporal para la Cuenca del Papaloapan. SARH-INIFAP-Campo Experimental Loma Bonita, Oax., Folleto Técnico No. 1, 12 p.
- García, A. J. L., Hernández A. L. y Tavitas, F. L., 2010. "El Silverio" nueva variedad de arroz de grano grueso para áreas de temporal en el trópico mexicano. SAGARPA-INIFAP-CIRPAS- Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca; Folleto Técnico No. 25, 35 p. ISBN: 978-607-425-358-0.
- Hernández, A.L., 2007. Tercer y Último Informe Téc. y Finan. del proyecto: Mejoramiento Genético del arroz en el trópico de México; SAGARPAINIFAP-CONACYT, Zacatepec, Mor., 55p.
- Hernández, A. L., Jiménez Ch. J. A., García A. J. L. y Tavitas, F. L., 2011. Informe final técnico y financiero del proyecto PRECI: 2056831A "Desarrollo de nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal en regiones de buen potencial en el trópico húmedo del Trópico Mexicano en la Cuenca del Papaloapan, Tabasco y Campeche"; SAGARPA-INIFAP-CIRPAS; Mimeografiado. 47 p.
- Jiménez Ch. J. A., Ayón, R. E. A., García, A. J. L., Hernández, A. L., Tavitas, F. L. y Becerra, L. N., 2010. Choca A05: Variedad de arroz de temporal para la región central del Golfo de México. En: Memoria de la XXII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2010. Villahermosa, Tabasco, México. P 74-86.
- Rodríguez, A. J. H., Orona, C. F., Hernández, A. L. y Tavitas, F. L., 1996. Temporalero A95 y Sabanero A95, Nuevas variedades de arroz para condiciones de temporal para el estado de Campeche y zonas similares del trópico de México; SAGAR-INIFAP-CIRSE., CE Edzná, Camp; Publicación Especial S/N, 24p.
- SAGARPA, ITESM e INCA-RURAL. 2005. Plan rector del sistema nacional arroz. Segunda fase: Diagnóstico inicial de la base de referencia y estructura estratégica. México. 63 p.

Sección Segunda:
Cultivos de
Plantaciones
y Forestales

MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN DE FUSTE TOTAL EN *Tectona grandis* EN PLANTACIONES DEL SURESTE DE MÉXICO.

MODEL TO ESTIMATE TOTAL STEAM VOLUME FOR PLANTATIONS OF *Tectona grandis* IN SOUTHEAST MEXICO.

¹Tamarit Urias JC

¹Campo Exptal. San Martinito - Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. Km 56.5 Carretera Federal México-Puebla 74100 San Martinito, Tlahuapan, Puebla, México.

Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El manejo técnico de una plantación forestal comercial (PFC), como las establecidas con *Tectona grandis* L. f. (Teca), requiere disponer con herramientas de silvicultura cuantitativa que den soporte a la toma de decisiones en la administración del proceso productivo, los modelos de volumen fustal son una de tales herramientas básicas. El objetivo fue generar un modelo de volumen fustal para árboles de Teca establecida en PFC en el Sureste de México. Se procesó una base de datos con las variables diámetro normal (Dn en cm), altura total (H en m) y volumen fustal (V en m³) de 144 árboles colectados en PFC de Campeche, Tabasco y Chiapas. Cada sección de cada árbol se cubió 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 siete modelos de volumen: Schumacher-Hall, Takata, Spurr, Kourson, Thornber, Honer y Meyer; se usó el método de mínimos cuadrados ordinarios 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 suma de cuadrados del error (SCE), el cuadrado medio del error (CME), la raíz del CME (RCME) y el sesgo; además de 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, por lo que fue seleccionado para estimar el volumen fustal en árboles de Teca, se le corrigió el problema de heterocedasticidad. El modelo final fue: $V=0.000065Dn^{1.754273} H^{1.029846}$; las predicciones que realiza son precisas, confiables y apegadas a la dinámica de crecimiento a partir de la silvicultura utilizada y a las condiciones del sitio.

Palabras clave: teca, tabla de volumen, plantación forestal, regresión estadística.

INTRODUCCIÓN

El gobierno de México ha impulsado el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) con especies de rápido crecimiento, el propósito es reactivar la industria forestal nacional, reducir la presión hacia los bosques naturales de los que se abastece y equilibrar la balanza comercial de productos maderables. La mayoría de las PFC establecidas desde el año 2000 al presente aún están en pleno crecimiento y desarrollo, por lo que la cosecha de materia prima para su transformación industrial ésta por llegar, esta situación demanda la urgente necesidad de generar herramientas técnicas que faciliten su manejo y la aplicación de silvicultura cuantitativa, las cuales deben ser desarrolladas a partir de las condiciones edáficas, climáticas y silvícolas particulares de la región en que son establecidas. más aún cuando la superficie establecida de PFC va en aumento.

Aun cuando existen herramientas silvícolas cuantitativas, éstas se han desarrollado en el e condiciones ambientales y de manejo diferentes a las prevalecientes en las zonas del país en que las PFC se han establecido. Fonseca (2004) refiere que el principal inconveniente de usarlas en una región diferente de la cual se originó, es que por lo que general se tiende a realizar proyecciones y crear escenarios poco realistas a nivel local. Lo anterior resalta la necesidad de desarrollar tales herra para las condiciones de crecimiento propias, de tal manera que las estimaciones que realic confiables y objetivas apegadas a la dinámica de crecimiento a partir de la silvicultura utilizada en el manejo de la especie forestal y a las condiciones del sitio.

La Teca (*Tectona grandis* L. f.) es una especie arbórea decidua perteneciente a la familia Verbenaceae originaria de India, Birmania, Tailandia, Java e Indonesia, el árbol es recto de hasta 30 m de altura y 80 cm de diámetro; es de rápido crecimiento y su madera de excelentes propiedades tecnológicas tiene alta demanda en el mercado internacional y un alto valor económico (Hallett *et al.*, 2011). En México se

introdujo en 1945 en los estados de Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo (López y González, 2005). Cifras oficiales reportan hasta el año 2012 que Teca alcanzó una superficie plantada de 18,009 hectáreas, ocupando el quinto lugar en importancia y manteniendo una tendencia creciente (CONAFOR, 2012).

Una necesidad básica en todo proyecto de inversión como el de una PFC es contar con un modelo matemático que permita estimar en forma precisa el volumen fustal total de los árboles individuales en pie. La forma burda de estimar tal volumen recurriendo a la fórmula del cilindro y luego multiplicarlo por un factor debe quedar en desuso. En cambio, debe prevalecer el procedimiento que consiste en usar una función que relacione e implique el volumen del árbol con su respectivo diámetro normal y su altura total. El objetivo fue generar un modelo de volumen fustal para árboles de Teca establecida en PFC en el Sureste de México. El resultado de utilidad práctica es una tabla de volumen que la convierte en una valiosa herramienta técnica de apoyo para el manejo y aprovechamiento de las PFC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó una muestra de 144 árboles de diferentes edades, así como categorías de diámetro y altura, colectada en PFC establecidas en Campeche, Tabasco y Chiapas. Cada árbol fue derribado y troceado, efectuándose mediciones de diámetros con corteza (d) y alturas (HM) tomadas cada 30 centímetros en árboles maduros y cada metro en árboles jóvenes a partir de la base (ras del suelo), pasando por la altura del tocón, la altura del diámetro normal (Dn) y hasta la altura total (H). En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas básicas descriptivas de las variables analizadas de la muestra de árboles trabajada. La cubicación de las trozas se realizó usando la fórmula de Newton y el método del centroide (Wiant *et al.*, 1992), para cubicar la punta del fuste se usó la fórmula del cono. El volumen total del fuste de cada árbol se calculó usando el método de trozas traslapadas con base en Bailey (1995). Para garantizar comportamientos y tendencias lógicas, previo a su procesamiento la base de datos conformada por las variables que implican al volumen fustal fue auditada.

Cuadro 1. Estadísticos de las variables medidas en la muestra de 144 árboles procesada.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Diámetro normal Dn con corteza (cm)	6.50	44.17	19.82	9.18	46.34
Altura total H (m)	7.75	25.00	15.03	4.72	31.41
Volumen fustal V (m ³)	0.0135	1.1926	0.2816	0.3235	114.8801

Se evaluó el ajuste estadístico de siete modelos de volumen fustal de tipo no lineal (Cuadro 2). El ajuste se realizó por regresión utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios no lineales con el procedimiento MODEL del paquete estadístico SAS 9.2 (Statistical Analysis System Institute Inc., 2008). Para seleccionar al mejor modelo se tomaron en cuenta los estadísticos de bondad de ajuste: coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}), suma de cuadrados del error (SCE), cuadrado medio del error (CME), raíz del CME (RCME) y el sesgo; también se realizó un análisis gráfico de la dispersión de los residuales.

Cuadro 2. Modelos de volumen fustal evaluados para árboles de Teca.

Modelo	Nombre	Función
1	Schumacher-Hall	$V = \beta_0 Dn^{\beta_1} H^{\beta_2}$
2	Takata	$V = \frac{Dn^2 H}{\beta_1 + \beta_2 Dn}$
3	Spurr	$V = \beta_0 (Dn^2 H)^{\beta_1}$
4	Kourson	$V = \beta_0 (Dn + 1)^{\beta_1} H^{\beta_2}$
5	Thornber	$V = \beta_0 \left(\frac{H}{Dn}\right)^{\beta_1} Dn^2 H$
6	Honer	$V = \frac{Dn^2 H}{(\beta_0 + (\beta_1/H))}$
7	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.

Sobre estos estadísticos se implementó un criterio de calificación relativa consistente en jerarquizar cada estadístico de cada modelo, asignando valores consecutivos del 1 al 7 en función al orden de importancia (1 correspondió al mejor valor del estadístico y 7 al valor más pobre), sumando los valores se obtuvo una calificación total a cada modelo y por comparación se identificaron los mejores que fueron los del más bajo valor en la calificación total. Posteriormente, al mejor modelo seleccionado se le corrigió el problema de heterocedasticidad detectado en el gráfico de residuales, para ello se utilizó el factor de ponderación definido por el inverso de la variable combinada ($1/Dn^2H$) que se relaciona con la varianza del volumen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presentan 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 resultarían adecuados para estimar el volumen fustal en árboles de PFC de Teca. 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, mismos que se presentan en el Cuadro 4, se determinó que comparativamente el modelo (1) que corresponde al de Schumacher-Hall tuvo las mejores propiedades y la mayor calidad de ajuste al obtener la más baja calificación total, dado por presentar 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 la SCE y el CME también fueron los más bajos, además de una alta significancia en cada uno de sus parámetros. Por lo anterior, se consideró como el apropiado para estimar el volumen fustal de los árboles de Teca. El segundo mejor modelo fue el (7) que corresponde al de Meyer.

Cuadro 3. Valores de los parámetros y nivel de significancia de los modelos evaluados.

Modelo	Parámetro	Valor estimado	Error estándar	Valor de t	Nivel de significancia
(1) Schumacher-Hall	β_0	0.000055	6.03E-06	9.12	<.0001
	β_1	1.740096	0.0349	49.84	<.0001
	β_2	1.098079	0.0492	22.33	<.0001
(2) Takata	β_0	25309.68	974.1	25.98	<.0001
	β_1	238.2678	27.5922	8.64	<.0001
(3) Spurr	β_0	0.000065	6.69E-06	9.77	<.0001
	β_1	0.922481	0.01	92.03	<.0001
(4) Kourson	β_0	0.000011	2.07E-06	5.46	<.0001
	β_1	1.380869	0.0511	27.01	<.0001
(5) Thornber	β_0	0.000033	5.78E-07	57.3	<.0001
	β_1	0.251822	0.0377	6.68	<.0001
(6) Honner	β_0	214.2649	74.257	2.89	0.0045
	β_1	28936.37	1679.2	17.23	<.0001
(7) Meyer	β_0	0.000055	6.03E-06	9.12	<.0001
	β_1	-0.45606	0.1254	-3.64	0.0004
	β_2	1.098078	0.0492	22.33	<.0001

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 alrededor de

cero, por lo que ahora los parámetros son de mínima varianza y los intervalos de predicción son apegados a la realidad. De esta forma, el modelo corregido por heterocedasticidad quedó expresado como $V=0.000065Dn^{1.754273}H^{1.029846}$. Los valores de los estadísticos del ajuste ponderado fueron 0.9934, 0.0971, 0.00069, 0.02620 y 0.00120 para el R^2_{adj} , SCE, CME, RCME y sesgo, respectivamente.

Cuadro 4. Estadísticos de bondad de ajuste y calificación de los modelos evaluados.

Modelo	R^2_{adj}	SCE	CME	RCME	Sesgo	Calificación total
Schumacher-Hall	0.9934 (1)	0.0971 (1)	0.00069 (1)	0.02620 (1)	0.00120 (3)	(7)
Takata	0.9932 (3)	0.1007 (3)	0.00071 (3)	0.02660 (3)	0.00139 (4)	(16)
Spurr	0.9928 (4)	0.1066 (4)	0.00075 (4)	0.02740 (4)	0.00059 (1)	(17)
Kourson	0.9792 (7)	0.3096 (7)	0.00218 (7)	0.04670 (7)	0.01321 (7)	(35)
Thornber	0.9925 (5)	0.1108 (5)	0.00078 (5)	0.02790 (5)	0.00743 (5)	(25)
Honner	0.9906 (6)	0.1395 (6)	0.00098 (6)	0.03130 (6)	0.00812 (6)	(30)
Meyer	0.9934 (2)	0.0971 (2)	0.00069 (2)	0.02620 (2)	0.00120 (2)	(10)

Valores entre paréntesis corresponden a la calificación de cada estadístico de ajuste y la total.

Bajo la misma estructura matemática del modelo de volumen fustal generado en este estudio, se determinó que el volumen que estima fue similar al reportado por Pérez y Kanninen (2003) para la misma especie en PFC de Costa Rica; en cambio el volumen es menor al que estima el modelo reportado por Moret *et al.* (1998) para árboles de Teca en Venezuela. Comparativamente, el modelo de Schumacher-Hall tuvo en promedio el equivalente a un factor de forma constante de 0.43, el cual es menor al factor de forma de 0.45 actualmente usado para esta especie en la región bajo estudio y en otros países de América tropical (Chaves y Fonseca, 1991; Pérez y Kanninen, 2003), es similar al reportado por Pérez y Kanninen (2005) de 0.44 para árboles de Teca con 8 años plantada en Costa Rica y menor al determinado por Moret *et al.* (1998) de 0.47 para Teca plantada en Venezuela. Tales diferencias pueden parcialmente atribuirse a las diferentes condiciones de crecimiento dadas por factores diversos del clima, suelo y topografía. El volumen que estima el modelo para árboles de Teca en la zona de estudio, si bien tiende a ser ligeramente conservador sobre todo en árboles con mayor edad que pueden considerarse maduros y de interés comercial para la cosecha final, estima volúmenes totales mucho más realistas a las condiciones de crecimiento que prevalecen en la zona de estudio; es decir, estima volúmenes fustales muy próximos a los observados.

CONCLUSIONES

El modelo de volumen fustal generado para PFC de Teca en el Sureste de México cubre la necesidad de contar con esta herramienta, es específico para las condiciones de crecimiento y de manejo técnico locales, de tal manera que las predicciones serán confiables y objetivas, apegadas a la dinámica de crecimiento a partir de la silvicultura utilizada y a las condiciones del sitio. Es de utilidad para proyectar escenarios de comercialización del volumen maderable, estimar ingresos y rentabilidad de la PFC.

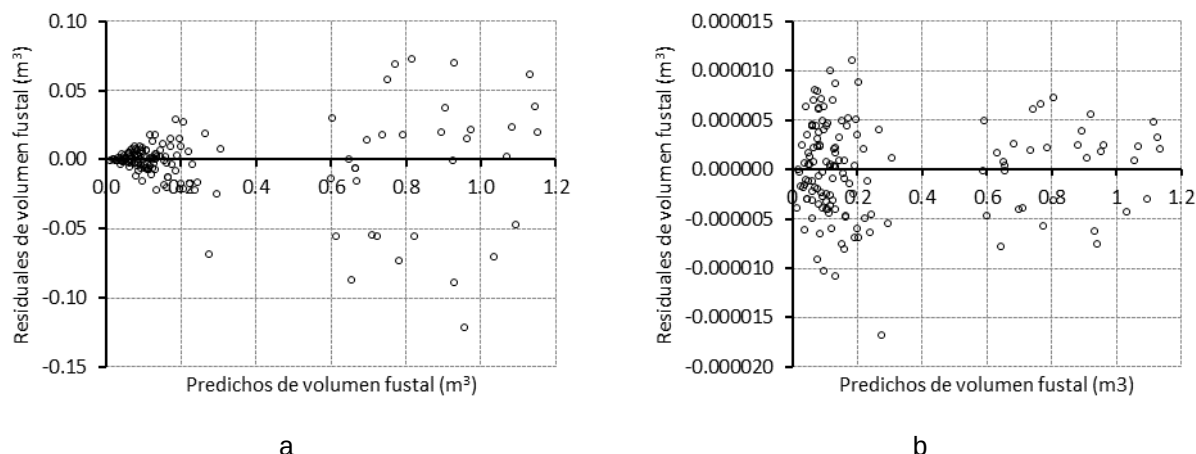


Figura 1. Comportamiento gráfico de residuales contra predichos del volumen fustal sin corregir por heterocedasticidad (a) y, corregido mediante ponderación (b).

LITERATURA CITADA

- Bailey, L. R. 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(1), 170-173.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2012. Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, a 15 Años de su Creación. Zapopan, Jalisco, México. 152 p.
- Fonseca G., W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 115 p.
- Hallett, J. T., J. Díaz-Calvo, J. Villa-Castillo and M. R. Wagner. 2011. Teak plantations: economic bonanza or environmental disaster? *Journal of Forestry*, 109, 288-292.
- López L., C. y A. González A. 2005. Cultivo de la especie forestal comercial Teca en el Sureste de México. Plan de negocios. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A. C. SAGARPA. México. 55 p.
- Moret, Y., M. Jerez y L. Vincent. 1998. Determinación de ecuaciones de volumen para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.) en la unidad experimental de la reserva forestal Caparo. *Revista Forestal Venezolana*, 42(1), 41-50.
- Pérez C., L. D. and M. Kanninen. 2005. Effect of thinning on stem form and wood characteristics of teak (*Tectona grandis*) in a humid tropical site in Costa Rica. *Silva Fennica*, 39(2), 217-225.
- Pérez C., L. D. and M. Kanninen. 2003. Provisional equations for estimating total and merchantable volume for *Tectona grandis* trees in Costa Rica. *Forests, Trees and Livelihoods*. 13(4), 345-359.
- Statistical Analysis System (SAS). 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. SAS Institute Inc. Raleigh, NC. USA. s/p.
- Wiant, Jr. H. V., G. B. Wood and G. M. Furnival. 1992. Estimating log volume using the centroid position. *Forest Science*, 38(1), 187-191.

COMPARACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE DOS TIPOS DE SUELOS EN EL CRECIMIENTO DE BANANO

PHYSICOCHEMICAL COMPOSITION OF TWO TYPES OF SOIL IN THE GROWTH OF BANANA

¹Aguilar Arpaiz JC, ¹Zacarías Hernández RD, ¹Díaz Ramírez JE, ¹Ramírez Sandoval G, Sánchez Hernández LA.

¹Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra (ITSS). Carretera Teapa-Tacotalpa km 4.5 Francisco Javier Mina, Teapa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: Jcaguilar_81@hotmail.com

RESUMEN

El plátano es una de las frutas más consumidas en México y en el mundo. En nuestro país, en el 2013, la superficie sembrada dedicada a este cultivo alcanzó 75 mil hectáreas, con una producción de 2.1 millones de toneladas (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2014). De acuerdo al INAFED, en el municipio de Teapa Tabasco la mayor parte de la superficie del suelo está clasificada como suelos gleysoles, en la región central y en las márgenes de los ríos se tienen fluvisoles y al sur se presentan los acrisoles. Con el objetivo de comprobar si el tipo de suelo de la Plantación Santa Elena de la Agropecuaria Earth posee mejores características para el desarrollo de plantas de banano de la variedad “Gran enano” que los suelos que se encuentran más al norte del municipio y donde existe la posibilidad de expansión, se realizaron los análisis de parámetros de fertilidad y salinidad a muestras compuesta de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000, de igual manera a suelo del ITSS, y se estudió el desarrollo de las plántulas de banano para determinar la asimilación de nutrientes durante un tiempo de 2 meses, y con la evaluación de crecimiento foliar de plántulas en suelos, con tratamiento (esterilización) y sin tratamiento, se concluye que el suelo del ITSS, posee elevado contenido de materia orgánica en comparación con el suelo de la platanera, sin embargo presenta niveles de pH moderadamente ácidos (6-6.5) en contra parte con el suelo de la bananera que presenta suelos medianamente alcalino.

Palabras clave: *Banano Gran enano, tipos de suelos, parámetros, crecimiento.*

INTRODUCCIÓN

El plátano es una de las frutas más consumidas en México y en el mundo. La producción de banano en México se inicia en 1880 con la introducción del plátano Roatán por Manuel Jamet, y fue en esta etapa donde este cultivo se constituyó en el eje central de la economía de Tabasco. En nuestro país, en el 2013, la superficie sembrada dedicada a este cultivo alcanzó 75 mil hectáreas, con una producción de 2.1 millones de toneladas (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2014).

Los suelos aptos para el desarrollo del cultivo del banano son aquellos que presentan una textura franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillo limosa y franco limosa, debiendo ser, además, fértiles, permeables, profundos (1.2 - 1.5 m), bien drenados y ricos especialmente en materias nitrogenadas. El cultivo del banano prefiere, sin embargo, suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos, o los obtenidos por la roturación de los bosques, susceptibles de riego en verano, pero que no retengan agua en invierno.

De acuerdo al INAFED, en el municipio de Teapa, Tabasco la mayor parte de la superficie del suelo está clasificada como suelos gleysoles, en la región central y en las márgenes de los ríos se tienen fluvisoles y al sur se presentan los acrisoles.

Con el objetivo de comprobar si el tipo de suelo de la Plantación Santa Elena de la Agropecuaria Earth posee mejores características para el desarrollo de plantas de banano de la variedad “Gran enano” que los suelos que se encuentran más al norte del municipio y donde existe la posibilidad de expansión, se realizaron los análisis físicoquímicos de suelo y se estudió el desarrollo de las plántulas de banano para determinar la asimilación de nutrientes.

La platanera tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, oscilando el pH entre 4.5 – 8. Siendo el óptimo 6.5. Por otra parte, los plátanos se desarrollan mejor en suelos planos, con pendientes del 0-1 %.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo. Para este estudio se consideraron 2 sitios para toma de muestras de suelo: el primero de la Agropecuaria Earth, plantación Santa Elena ubicado en la carretera a San Antonio,

pasando el Tirol y el segundo sitio en el Ej. Francisco Javier Mina, km 4.5 de la carretera Teapa-Tacotalpa; ambos lugares pertenecientes a Teapa, Tabasco. El área de estudio seleccionada se delimitó a una superficie rectangular de 35.8 x 21 m para ambos sitios, con la ayuda de un navegador GPS Marca GARMIN, Mod. ETREX-30, los puntos de georreferenciación están indicados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Puntos de ubicación geográfica obtenidos con GPS.

ÁREA		X	Y	Altura (m)	Margen de error (m)
ITSS	P1	0509600	1940480	78	± 3
	P2	0509597	1940445	76	± 3
	P3	0509560	1990494	73	± 3
	P4	0509763	1940474	76	± 3
Platanera	P1	0504545	1947064	14	± 3
	P2	0504505	1947065	7	± 3
	P3	0504496	1947046	6	± 3
	P4	0504535	1947044	14	± 3

Muestras de suelo. Se realizó toma de muestras compuestas, para ello se llevó a cabo la toma de 5 muestras simples tomadas en tresbolillo, de acuerdo a lo señalado en la NMX-AA-132-SCFI-2006, con una profundidad de 30 cm y un espesor en volumen de 5 cm, cortando los extremos de la submuestra, colocándose en una cubeta y costales e identificando las muestras de acuerdo a lo indicado en la NOM-021-SEMARNAT-2000. La muestra compuesta se preparó, primero homogenizando y mezclando las muestras simples, una vez hecho se transportaron al laboratorio del suelo del instituto.

Muestras foliares. Se seleccionó las plántulas hijo espada, que posean unas cinco hojas con un mínimo de 2 cm de ancho que se separan de la planta madre y el cormo que no presenten galerías ni áreas necrosadas las cuales se clasificaron por tamaño. La selección de muestras también se realizó con base en la altura de plántulas a 54 cm y en el pseudotallo a 18 cm (estos datos los obtuve sacando un promedio de las medidas tomadas). Se utilizó como agente esterilizante una solución de formol con rodamina a 1 %. En el Cuadro 2 aparecen las medidas tomadas a dichas muestras foliares.

Los cormos no deben pelarse porque se ocasionan heridas por los cuales pueden penetrar enfermedades. Las únicas heridas que deben presentar son la ocasionadas al momento de su separación de la planta madre, al corte del pseudotallo y a las podas de las raíces (Rosales et al, 2004).

Cuadro 2. Medidas iniciales de las diferentes variables de las muestras foliares.

		Plántula	Altura (cm)	Grosor de pseudotallo (cm)	Cormo (cm)	Peso (cm)	Peso con muestra (cm)
Lugares							
Suelo normal	Platanera	1	70	20	30	0.852	7.406
		2	37	20	34	0.656	5.71
		3	40	16	33	0.864	7
		4	58.77	23	34	0.98	6.784
		5	43	17	33	0.14	6.566
		6	62	19	34	1.012	7.04
		7	60	19	30	0.794	5.512
	ITSS	8	50	22	31	0.896	6.524
		9	57	18	34	0.99	6.022
		10	59	16	31	1.038	6.152
		11	59	15	34	0.878	5.47
		12	70	17	29	0.846	5.23
		13	48	19	35	1.062	5.004
		14	48	19	36	1.29	5.564
Suelo estéril	Platanera	15	67	20	32	0.902	5
		16	45	18	31	1.032	5.049
		17	55	20	34	1.496	5.09
	Combinada ITSS	18	60	20	36	1.464	5.044
		19	50	19	32	0.93	5.046
		20	46	14	42	1.032	4.176
		21	50	13	25	0.496	5.368

Esterilización de suelo. Se realizó el tratamiento térmico a ambos suelos para evaluar el crecimiento de las plántulas en éstos. La esterilización de los suelos fue realizada a 85 °C por 30 min, en un horno (Pickett Pottorff, 2016).

Siembra de plántulas. La plántula se ubicó dentro de la bolsa en forma vertical, esto es con el pseudotallo hacia arriba, el corno fue cubierto completamente de tierra alrededor de las raíces, para facilitar la absorción de agua (Soto, 1992). Se realizó el riego de las plántulas cada 3 días a la semana.

Determinación de análisis de fertilidad y salinidad. Las muestras fueron transportadas al Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra en donde se evaluó el suelo la NOM-021-SEMARNAT-2000, para la fertilidad del suelo se determinó el pH (AS-02), la materia orgánica (AS-08) y la textura (AS-09), y para la salinidad del suelo se determinó la conductividad eléctrica (AS-18).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de fertilidad del suelo. En el Cuadro 3 se observan los resultados obtenidos de los análisis realizados a ambos tipos de suelos. Los bananos trabajan con pH óptimos de 6.5, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede deducir que el suelo del ITSS, posee un pH aceptable para las plantas. Según el análisis realizado los suelos son no salinos (Vázquez & Bautista, 1993) debido que se detectaron bajos niveles de conductividad eléctrica. Se obtuvo que el suelo de la platanera es un suelo del tipo limoso, el cual tiene una gran capacidad para retener agua disponible para el crecimiento vegetal (Buckman & Brady, 1966).

Mientras que el suelo del ITSS, arcillo arenoso, un suelo que, por su característica arenosa, facilita el movimiento del aire y del agua de drenaje, además, por su propiedad arcillosa, posee con la capacidad de retener agua contra la fuerza de la gravedad.

También se demostró que ambos suelos son ricos en materia orgánica, la fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí acurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza, 1982).

Cuadro 3. Resultados de análisis de fertilidad a dos tipos de suelos.

Análisis	Tipo de suelo			
	Platanera	ITSS	Platanera _{Est}	ITSS _{Est}
pH	Medianamente alcalino	Moderadamente ácido	Neutro	Moderadamente ácido
Conductividad eléctrica	Efectos despreciables de la salinidad	Efectos despreciables de la salinidad	Efectos despreciables de la salinidad	Efectos despreciables de la salinidad
Textura	Franco limoso	Franco arcillo arenosa	Franco limoso	Franco arcillo arenosa
Materia orgánica	Alto	Muy alto	Medio	Muy alto

Análisis foliar. Se observa en el Cuadro 4 que las plántulas sembradas en el suelo de la platanera presentaron 562 % de crecimiento con relación al tamaño original de la plántula, en comparación con un 626 % de las plántulas sembradas en suelo del ITSS. De lo cual se deduce que el suelo del ITSS es un suelo apto para el crecimiento de banano.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo indicado por los resultados de los análisis de fertilidad y salinidad de suelos puede establecerse que el suelo del ITSS, posee elevado contenido de materia orgánica en comparación con el suelo de la platanera, sin embargo, presenta niveles de pH moderadamente ácidos (6-6.5) en contra parte con el suelo de la bananera que presenta suelos medianamente alcalino. Esto indica que el suelo del ITSS, posee algunos requerimientos necesarios para la siembra de bananos, sin embargo habría que realizarse estudios complementarios de fertilidad para evaluar si efectivamente es factible la siembra de bananos.

Cuadro 4. Índice de crecimiento foliar de plántulas en suelos, con tratamiento (esterilización) y sin tratamiento medidos en cm.

Fecha .		19/04/16	26/04/16	03/05/16	10/05/16	18/05/16	25/05/16	07/06/16
Suelo Normal	Platanera	1	-	-	-	-	-	-
		2	-	6	9.1	10	26	30
		3	9.2	12	15	20	30	41
		4	8	11	13.6	15	22	30
		5	7.4	8	13.2	15.4	37	41
		6	-	5	7	9	12	10
		7	-	4	5	11	33	22
	ITSS	8	-	5	-	-	-	-
		9	8	13	15	18	48	40
		10	18	21	24	30	56	53
		11	-	12	15	14	25	32
		12	25	28	32	34	40	41
		13	4	5.8	11	15.2	37	42
		14	4.2	5.8	-	20	33	40
Suelo Estéril	Platanera	15	10.8	11	5	5	20	-
		16	-	3.8	-	8.8	23	29
		17	-	5	-	6	14	17
	ITSS	18	4.8	5	5.2	6.2	20	20
		19	-	-	-	-	-	-
	Combinad o	20	-	-	-	17	27	28
		21	2	1.8	-	9	13	17

LITERATURA CITADA

- Bornemisza, E. (1982). *Introducción a la química de suelos*. San José: Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Buckman, H., & Brady, N. C. (1966). *The Nature and Properties of soils*. The MacMillan Company.
- Pickett Pottorff, L. (15 de 06 de 2016). *Start Seed and Transplants in Sterilized Soil*. Obtenido de Colorado State University Cooperative Extension horticulturist and plant pathologist:
<http://www.colostate.edu/Dept/CoopExt/4dmg/Soil/sterile.htm>
- Rosales, F., Belalcázar Carvajal, S., & Pocasangre, L. (13 de 06 de 2016). *Producción y comercialización de banano orgánico en la Región del Alto Beni, Manual Práctico para productores*. Obtenido de
http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Producci%C3%B3n%20de%20banano%20org%C3%A1nico%20en%20la%20regi%C3%B3n%20del%20alto%20beni.pdf
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2014). *Dirección General Adjunta De Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnología de la Información*. Obtenido de Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuaria, Rural, Forestal y Pesca.:
[http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20PI%C3%A1tano%20\(jul%202014\).pdf](http://www.financiararural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20PI%C3%A1tano%20(jul%202014).pdf)
- Soto Ballesteros, M. (1992). *Bananos, Técnicas de producción, manejo de poscosecha y comercialización*. San José: Litografía e Imprenta LIL.
- Vázquez, A. A., & Bautista, N. (1993). *Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua*. Departamento de suelos. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Referencias informáticas

- Rosales, F., Belalcázar Carvajal, S., & Pocasangre, L. (13 de 06 de 2016). *Producción y comercialización de banano orgánico en la Región del Alto Beni, Manual Práctico para productores*. Obtenido de
http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Producci%C3%B3n%20de%20banano%20org%C3%A1nico%20en%20la%20regi%C3%B3n%20del%20alto%20beni.pdf

INIFAED. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM27tabasco/municipios/27016a.html>
Consultado el 14 de junio de 2016.

ECUACIONES ALTURA-DIÁMETRO PARA *Pinus pseudostrobus* LINDL.

ALLOMETRIC HEIGHT-DIAMETER FOR *Pinus pseudostrobus* LINDL.

¹Hernández-Ramos J, ²García-Magaña JJ, ³Hernández-Ramos A, ¹García-Cuevas X, ⁴García-Espinoza GG, ¹Muñoz-Flores HJ y ¹Sáenz-Reyes JT

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). *Km 25 Carretera Bacalar-Chetumal, Chetumal, Quintana Roo. CP. 77900. Correo forestjonathanhdez@gmail.com. ² Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). ³ Colegio de Postgraduados (COLPOS). ⁴ Facultad de Ciencias Forestales UANL.

RESUMEN

Las prácticas silvícolas empleadas para el manejo de los bosques en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), Michoacán, México son importantes para la sostenibilidad de sus áreas arboladas. Para ello, se requiere de técnicas que permitan realizar estimaciones cuantitativas confiables y actualizadas. El objetivo fue ajustar una ecuación que describa la relación alométrica entre la altura total y el diámetro normal (*Alt-dn*) de *P. pseudostrobus* en los bosques de la CINJSP. Los datos utilizados provienen de rodales de *P. pseudostrobus* manejados con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) en diferentes etapas, acorde al programa de manejo forestal vigente. El tamaño de muestra es de 169 pares de datos de *Alt-dn*. Se analizaron cinco modelos alométricos donde se evaluó estadísticamente el ajuste. La distribución fue normal y los residuales sin problemas de heterocedasticidad. Las desviaciones de los modelos fueron menores a 0.01 m. Un modelo con tres parámetros demostró ser estadísticamente más estable que el resto de las expresiones, además presenta desviaciones menores a un metro por árbol e inferior a 1 % para toda la población.

Palabras clave: Alometría, *Pinus pseudostrobus*, manejo forestal, inventarios forestales.

INTRODUCCIÓN

P. pseudostrobus es una especie importante para la industria forestal en México y particularmente en Michoacán debido a su abundancia y alta productividad (García y González, 2003), en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) se encuentra asociado con *P. leiophylla* y *P. montezumae* (Medina-García y Guevara, 2000), es la especie de mayor importancia en el abastecimiento de materia prima para aserrío distribuido en las 10,800 ha de bosque bajo manejo.

La organización de la CINSJP es sobresaliente por el manejo racional de sus bosques, donde el aprovechamiento y rendimiento ha presentado una tendencia creciente desde 1979, año en que se ejecutó el primer programa de manejo forestal (Castellano-Acuña *et al.* 2013; Barton y Merino 2004), además cuenta con certificado por las actividades de manejo forestal sustentable y el control de algunas cadenas de custodia.

La evolución de la masa forestal a lo largo del tiempo, como consecuencia de las actividades de manejo en un bosque (Hernández *et al.*, 2008) ocasionan cambios dinámicos en la estructura, densidad y composición arbórea de los rodales (Velasco *et al.*, 2006). Todo ello afecta la velocidad de crecimiento, la forma de los individuos y el rendimiento que estos pueden producir, además de las relaciones alométricas entre sus partes o dimensiones.

Las relaciones alométricas entre las partes de los árboles influyen considerablemente en la obtención de estimaciones precisas para el manejo de los recursos forestales, por lo que es indispensable contar con metodologías cuantitativas confiables para su estimación. Ante esta problemática, se planteó el objetivo de ajustar una ecuación que describa la relación funcional entre la altura total y el diámetro normal (*Alt-dn*) de *P. pseudostrobus* en bosques bajo manejo en la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo Parangaricutiro, Michoacán. Esta información permitirá reducir la inversión de tiempo y personal en la realización de los inventarios forestales y en elaboración, planeación y ejecución de las actividades del programa de manejo forestal de la comunidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los bosques están situados entre 2,200 y los 2,500 msnm, con clima templado húmedo tipo (C (w₂)(b) y C(w₂)(w)). Están ubicados en la porción sur-occidental de la Meseta Purhépecha dentro de la región del

Eje Neo volcánico Transversal (Velázquez *et al.*, 2003). Los datos de altura total (*Alt*) y diámetro normal (*dn*) provienen de 169 de árboles de *P. pseudostrobus* distribuidos en rodales puros, considerando características generales representativas de la población, se evitó obtener muestra con problemas de efecto de orilla generado por caminos o claros. Los rodales evaluados no presentaron plagas, enfermedades o algún tipo de disturbio natural o antropogénico, los troncos de los árboles fueron monopódicos, rectos y sin presencia de rayos o incendios.

Se probaron cinco modelos alométricos elegidos de la literatura, seleccionados por haber mostrado buenas estimaciones en trabajos semejantes (Huang *et al.* 1992; Juárez *et al.* 2007; y Vibrans *et al.* 2015 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelos alométricos de *Alt-dn* utilizados para ajustar ecuaciones de *Alt-dn* de *P. pseudostrobus* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

No.	Expresión
(1)	$Alt = k + \exp(b_0 + b_1 dn^{b_2})$
(2)	$Alt = k + \frac{b_0}{1 + b_1 \exp(-b_2 dn)}$
(3)	$Alt = k + \frac{dn^2}{(b_0 + b_1 dn + b_2 dn^2)}$
(4)	$Alt = k + b_0 \exp\left(\frac{b_1}{dn + b_2}\right)$
(5)	$Alt = k + \left(\frac{b_0}{1 + \frac{1}{b_1} dn^{b_2}}\right)$

Dentro: *k* = Altura de 1.3 m donde se toma el *dn*; *b*'s = Parámetros a estimar.

El ajuste de los modelos y la estimación de sus parámetros, se realizó con el procedimiento MODEL y el método de máxima verosimilitud (Statistical Analysis System 2008). La calidad en el ajuste de los modelos se evaluó a través de los menores valores de la raíz del cuadrado medio del error (*RCME*) (Trincado y Leal 2006; Pompa-García *et al.*, 2011; Vibrans *et al.*, 2015) y los mayores valores en el coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{ajus.}$), así como la significancia de sus parámetros y los valores bajos en el error estándar de los mismos (Diéguez-Aranda *et al.*, 2005).

Se evaluaron los supuestos de homocedasticidad con la prueba de White (*W*), la autocorrelación de los errores mediante la prueba de Durbin-Watson (*DW*) (Barrios *et al.*, 2014) y la normalidad a través de Shapiro-Wilk (*SW*) (Statistical Analysis System 2008; Vibrans *et al.*, 2015). La exactitud de las estimaciones se evaluó a través del sesgo absoluto (*S*), la diferencia agregada en % (*DA %*) (Lencinas y Mohr-Bell, 2007) y la prueba gráfica de valores predichos vs observados (Huang, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ajuste muestran una explicación de la variación de los datos superiores al 90 % ($R^2_{ajus.} > 0.9$), valores bajos en la *RCME* (Cuadro 2).

Los modelos (2), (4) y (5) fueron los mejores, por tener los menores valores en la *RCME*, y los más altos valores de $R^2_{ajus.}$, además de presentar todos sus parámetros significativos y errores estándar bajos. Estos tres modelos tienen un término aditivo, el cual forzó a la ecuación a presentar un diámetro normal igual a cero cuando la altura es de 1.3 m. De acuerdo con Diéguez-Aranda *et al.* (2009) y Puji (2014), la restricción es razonable desde el punto de vista teórico ya que no es de interés la predicción de la altura total en árboles con diámetros cercanos a cero.

Los resultados gráficos de la evaluación de los supuestos de regresión en los tres modelos seleccionados indican que no existen problemas de heterocedasticidad en ninguno de ellos, situación que se ratifica con la prueba de White que no resultó significativo (Cuadro 3) (Statistical Analysis System 2008).

Cuadro 2. Estadísticos de ajuste y valores de los parámetros de los modelos alométricos de Alt-dn para *P. pseudostrobus* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

Modelo	SCE	RCME	R^2_{ajus}	Parámetro	Estimación	*EEA	Valor t	pr>t
(1)	1228.2	2.7282	0.902	b_0	5.369114	0.8144	6.59	<.0001
				b_1	-7.3061	0.4755	-15.37	<.0001
				b_2	-0.33834	0.1216	-2.78	0.006
(2)	1186.4	2.6815	0.905	b_0	38.06004	1.3558	28.07	<.0001
				b_1	6.033101	0.4505	13.39	<.0001
				b_2	0.066439	0.00481	13.82	<.0001
(3)	1221.7	2.7211	0.903	b_0	1.976307	2.1715	0.91	0.3641
				b_1	0.983431	0.149	6.6	<.0001
				b_2	0.012070	0.00217	5.55	<.0001
(4)	1210.6	2.7087	0.904	b_0	71.62702	7.9274	9.04	<.0001
				b_1	-55.04980	10.7782	-5.11	<.0001
				b_2	15.23139	4.4161	3.45	0.0007
(5)	1217.1	2.716	0.903	b_0	68.95959	15.4901	4.45	<.0001
				b_1	0.008691	0.00139	6.27	<.0001
				b_2	1.158101	0.1349	8.59	<.0001

*Error estándar aproximado.

Los datos tienen una alta tendencia hacia la normalidad debido a que la prueba de SW fue mayor a 0.94 (Statistical Analysis System 2008). El estadístico de autocorrelación de Durbin-Watson mostró estar por debajo de 1.5, situación que podría ser semejante a lo reportado por Fuentes *et al.* (2001a y 2001b) donde un valor por debajo de lo recomendado implica que los errores del modelo están dados por variables no incluidas dentro del mismo, pero que afectan directamente a una de las variables independientes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Pruebas de supuestos de regresión y estadístico de verosimilitud en los modelos alométricos seleccionados de Alt-dn para *P. pseudostrobus* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

Modelo	White's Test		Shapiro-Wilk		DW
	Valor	Probabilidad	Valor	Probabilidad	
2	6.32	0.5025	0.94	0.0001	1.32
4	4.24	0.6441	0.95	0.0001	1.41
5	5.09	0.5325	0.95	0.0001	1.43

Se consideró la precisión de las estimaciones de acuerdo con lo mencionado por Hair *et al.* (1999) donde no siempre la ecuación más estable estadísticamente y que cumpla con los supuestos de la regresión es la que genera mejores estimaciones o produce los menores sesgos. La exactitud de las estimaciones hechas por los tres modelos indica que la expresión (2) es la que menores desviaciones genera al estimar de manera individual o en términos generales la altura total a partir del diámetro normal, seguido de la expresión (4) y finalmente (5), donde ninguna de ellas llega al 1 % o al metro de error al calcular la altura total en función de diámetro normal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Sesgo y diferencia agregada en % de las estimaciones hechas con los tres modelos alométricos de Alt-dn para *P. pseudostrobus* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

Modelo	7	9	10
Sesgo	-0.0010	0.0034	0.0114
DA %	-0.0041	0.0138	0.0463

En el gráfico de los valores predichos vs observados, se muestra la tendencia de las estimaciones y son semejantes a las reportadas por Piji (2014) al emplear este tipo de modelos en especies tropicales. En el

análisis se observa que los modelos (4) y (5) en la curva generada no decrecen a partir de los 50 cm de diámetro y sobreestima los valores de altura, aunque estas dos expresiones son más estables en la parte inicial de la curva, los errores de forma general son mayores que en la ecuación (2) (Figura 1).

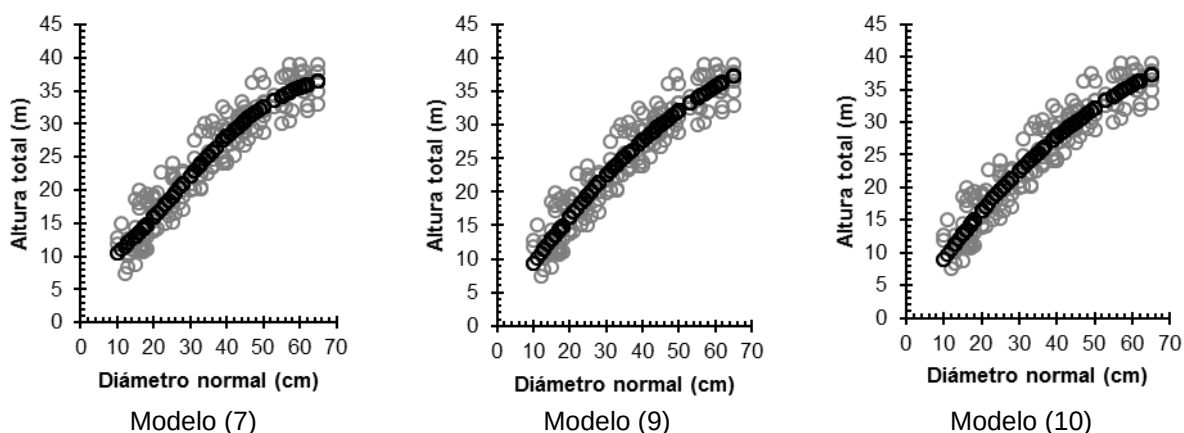


Figura 1. Tendencia de los valores predichos versus observados de los tres modelos alométricos de Alt-dn seleccionados para *P. pseudostrobus* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

El modelo (2) fue seleccionado como el mejor, ya que representa y predice la tendencia de los datos con mayor fidelidad, situación semejante a lo reportado por Huang *et al.* (1992) y Juárez *et al.* (2007), sin ser este modelo el mejor en sus estudios, pero concuerda con los modelos empleados por Puji (2014) donde la expresión (5) es la adecuada al estimar la altura total a través del diámetro normal con dos modelos lineales y cinco no lineales, resultando estos últimos mejores de forma general.

El modelo elegido difiere con el modelo lineal cúbico propuesto por Hadaet (2014) para estimar la altura en función del diámetro en *Pinus brutia* en Zawita, Iraq y los modelos propuestos por Huang *et al.* (1992) en Alberta, Canadá para especies de los géneros *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Betula*, *Abies*, *Pseudotsuga* y *Larix*. Sin embargo, como lo mencionan Diéguez-Aranda *et al.* (2009), este tipo de curvas de altura generadas con modelos alométricos locales son las más precisas en las estimaciones para un bosque o rodal en específico y particularmente los modelos no lineales son superiores a los modelos lineales en este tipo de estudios.

Los inconvenientes de este tipo de ecuaciones son la gran cantidad de información empleada para el ajuste, que debe de distribuirse de manera adecuada la muestra para cubrir toda la variabilidad de los rodales o el bosque en cuestión, por lo menos de 20 a 25 árboles por rodal de acuerdo con lo mencionado por Laar y Akca (2007) y a que su aplicabilidad es restringida de forma local (Diéguez-Aranda *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

La aplicabilidad de estas ecuaciones en los bosques de *Pinus pseudostrobus* de la CISJNP puede ser empleada para reducir el tiempo invertido en el inventario forestal, particularmente en obtener la información de campo necesaria para estimar las existencias volumétricas totales en los rodales o para caracterizar la estructura vertical de los bosques.

La ecuación (2) de tres parámetros demostró ser estadísticamente más estable que el resto de las expresiones, por lo cual podrá ser empleada de manera confiable en la estimación de la altura a través del diámetro normal en un inventario forestal, reduciendo tiempos y costos en el levantamiento de la información de campo.

Esta ecuación alométrica podrá ser parte de las metodologías silvícolas cuantitativas para la estimación la altura y del volumen total de los rodales, además de los cálculos de crecimiento y rendimiento al combinar los resultados con variables del rodal como la densidad, el índice de sitio, la estructura vertical o la diversidad de especies.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo Parangaricutiro y a su personal técnico por las facilidades y la disposición de colaborar en la elaboración de este trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

- Barrio A., M. López A. y Nieto V. 2014. Predicción de volúmenes comerciales de *Eucalyptus grandis* a través de modelos de volumen total y de razón. Colombia Forestal 17: 137-149.
- Barton B. D. y L. Merino P. 2004. La experiencia de las comunidades forestales de México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 271 p.
- Castellanos-Acuña D., R. C. Sáenz-Romero, A. Lindig-Cisneros, N. M. Sánchez-Vargas, P. Lobbit y J. C. Montero-Castro. 2013. Variación altitudinal entre especies y procedencias de *Pinus pseudostrobus*, *P. devoniana* y *P. leiophylla*. Ensayo de vivero. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 19(3): 399-411.
- Diéguez-Aranda U., A. Alboreca R., F. Castedo-Dorado, J. G. Álvarez-González, M. Barrio-Anta, F. Crecente-Campo, et al. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Xunta de Galicia. Lugo, España. 259 P.
- Fuentes E. D., J. Troncoso J. y A. Bonilla C. 2001a. Operaciones forestales y concentración de sedimentos en cauces naturales I: Formulación de un modelo matemático. Bosques 22: 15-24.
- Fuentes E. D., J. Troncoso J. y A. Bonilla C. 2001b. Operaciones forestales y concentración de sedimentos en cauces naturales II: Análisis de sensibilidad y comparación con otros modelos. Bosques 22: 25-27.
- García A. A. y S. González M. 2003. Pinaceas de Durango. Instituto de Ecología A. C. Comisión Nacional Forestal. México. 187 p.
- Hair J. F., E. Anderson R., L. Tatham R. y C. Blach W. 1999. Análisis multivariante. Quinta edición. Prentice Hall Iberia. Madrid, España. 832 P.
- Hadaet O. M. 2014. Predictive models between diameter, height, Crown diameter and age of *Pinus brutia* Ten. in Zawita and atrush Districts. G. J. B. B. 3(2): 203-210.
- Hernández-Díaz J. C., J. J. Corral-Rivas, A. Quiñonez-Chávez, J. R. Bacon-Sobbe y B. Vargas-Larreta 2008. Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental. Madera y Bosques. 14(3):25-41.
- Huang S. 2002. Validating and localizing growth and yield models: procedures, problems and prospects. Proceedings of IUFRO Workshop on Reality, models and parameter estimation: the forestry scenario. Sesimbra. Portugal (2-5 de junio de 2002).
- Huang S., S. Titus J. and P. Wiens D. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. Can. J. For. Res. 22: 1297-1304.
- Juárez G. M., G. Pece M., C. Gaillard B., J. Sanguedolce, V. Mariot y R. Mazzuco 2007. Ecuaciones altura-diámetro en *Prosopis nigra* (Griseb) Hieron (Algarrobo negro) en Santiago del Estero, Argentina. Foresta Veracruzana 9(1): 9-14.
- Laar A. V. and A. Akca 2007. Forest Mensuration. Managing Forest Ecosystems. Published by Springer. Dordrecht, Netherlands. 382 P.
- Lencinas J. D. y D. Mohr-Bell 2007. Estimación de clases de edad de las plantaciones de la provincia de Corrientes, Argentina, con base en datos satelitales Landsat. Bosque 28(2): 106-118.
- Medina-García C. y F. Guevara-Ferer 2000. Estudio florístico en el área de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Acta Botánica Mexicana 52: 5-41.
- Pompa-García M., M. H. De los Santos-Posadas, M. E. Zepeda-Bautista y J. J. Corral-Rivas 2011. Un modelo dendrométrico para estimación del diámetro normal a partir de las dimensiones del tocón. Agrociencia. 45:379-387.
- Puji N. N. 2014. Relationship between total tree height and diameter at breast height for tropical peat swamp forest tree species in rokan hilir district, riau province. Indonesian Journal of Forestry Research 1(2): 89-107.
- Statistical Analysis System. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide Second Edition. SAS Institute Inc. Raleigh, NC USA. s/p. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugmcmc/63125/PDF/default/statugmcmc.pdf> (Consulta: Abril, 2016).
- Trincado G. y C. Leal D. 2006. Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). Bosque 27(1):23-34.
- Velasco B. E., S. Madrigal H., I. Vázquez C., A. González H. y F. Moreno S. 2006. Manual para la elaboración de tablas de volumen fustal en pino. Libro Técnico No. 1. INIFAP-CONACYT-CONAFOR. México, D.F. México. 34 P.
- Velázquez A., G. Bocco, A. Torres y G. Cortés 2003. La vegetación, sus componentes y un análisis jerárquico del paisaje. In: Las Enseñanzas de San Juan. Alejandro Velázquez, Alejandro Torres y Gerardo Bocco (compiladores). INE-SEMARNAT, México, D.F. 201-234 pp.
- Vibrans A. C., P. Moser, L. Zimmermann O. and P. Mazaneuro J. 2015. Height-diameter models for three subtropical forest types in Southern, Brazil. Cienc. Agrotec. Lavras 39(3): 205-215.

SISTEMA COMPATIBLE DE AHUSAMIENTO-VOLUMEN COMERCIAL PARA *Swietenia macrophylla* KING EN QUINTANA ROO, MÉXICO

COMPATIBLE SISTEM TAPER - VOLUME TRADE FOR *Swietenia macrophylla* KING IN QUINTANA ROO, MÉXICO

¹Hernández-Ramos J, ²Hernández-Ramos A, ¹García-Cuevas X, ³Martínez-Ángel L, ¹Tamarit-Urías JC y

⁴García-Espinoza GG

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). ⁺Correo-e: forestjonathanhdez@gmail.com ²Estudiante de Postgrado COLPOS. ³Prestador de Servicios Profesionales. ⁴Estudiante de Postgrado UANL

RESUMEN

Con la demanda creciente del mercado forestal, una estimación precisa del volumen comercial de árboles individuales es importante para elaborar y ejecutar programas de manejo. Por lo tanto, conocer el perfil del fuste y la distribución de productos por individuo permite de manera más objetiva realizar evaluaciones financieras de cómo se distribuyen los diferentes productos en el bosque. La escasa información para cuantificar los volúmenes comerciales en los bosques tropicales de Quintana Roo conlleva a plantear el objetivo de generar un sistema segmentado de ahusamiento (d) compatible con el volumen comercial (V_c) para *Swietenia macrophylla* King en bosques tropicales de Quintana Roo. La muestra se conformó de la medición dasométrica de 116 árboles de bosque natural distribuidos en la parte centro y sur del estado, con los cuales se ajustaron tres sistemas de ahusamiento de tipo segmentado compatibles de d - V_c . Se determinó que la mejor calidad de ajuste estadístico la presentó el sistema de Fang *et al.* (2000) y fue seleccionado para modelar las variables d - V_c ; este sistema fue corregido por heterocedasticidad y autocorrelación. Los primeros tres parámetros de este sistema, se puede utilizar en el modelo de Schumacher-Hall para obtener el volumen total. Los puntos de cambio dendrométricos en el fuste se presentan a los 5.6 y 83.1 % de la altura total. La evaluación gráfica de los valores estimados de las variables (d - V_c) mostró excelentes estimaciones con una tendencia lógica. Los resultados podrán ser empleados de forma confiable para la elaboración de tablas de volumen total y comercial. Además la información será apoyo en la elaboración de planes de manejo forestal para *S. macrophylla* en bosques tropicales de Quintana Roo.

Palabras clave. Perfil fustal, distribución de productos, Bosque tropical, *Swietenia macrophylla*.

INTRODUCCIÓN

La incertidumbre de los dueños y/o poseedores de los bosques por conocer las existencias volumétricas en sus rodales es constante (López *et al.*, 2015). El volumen fustal y comercial de los árboles son importantes para la evaluación de los recursos forestales (Torres y Magaña, 2001). Sin embargo, por la dificultad de realizar su medición de forma directa, se recurre a expresiones matemáticas como las ecuaciones de volumen total y las funciones de ahusamiento compatibles con el volumen comercial (Prodan *et al.*, 1997).

Las funciones de ahusamiento permiten estimar el diámetro a cualquier altura del fuste o bien la altura a un diámetro específico, además mediante integración matemática es posible estimar el volumen comercial a cualquier diámetro sobre la altura del fuste (Kozak, 2004). Por lo tanto, con la integración matemática se obtiene un sistema compatible cuyas expresiones d - V_c comparten los mismos parámetros (Cruz-Cobos *et al.*, 2008). Los diferentes tipos de modelos de ahusamiento pueden ser construidos con base en expresiones de tipo polinomio simple, de exponente variable, trigonométrico y segmentados, siendo mejor en términos de precisión éstos últimos (Trincado y Burkhart, 2006).

El volumen de un árbol, el factor de forma y la distribución de sus productos están influenciados por las condiciones del rodal, la densidad o por las prácticas silvícolas (Halord y Hocker, 1984; Uranga-Valencia *et al.*, 2015). Sin embargo, las ecuaciones utilizadas para la elaboración de programas de manejo forestal no están actualizadas, por ello, y debido a que la caoba es una de las especies más importantes en el estado por su valor económico, se planteó el objetivo de ajustar tres sistemas compatibles de ahusamiento y volumen comercial de tipo segmentado para *Swietenia macrophylla* King en bosques tropicales de Quintana Roo. Esta información será de utilidad para construir tablas de volumen total y

volumen comercial con distribución de productos que se destinen a la industria y que sean integradas para la toma de decisiones en la elaboración de programas de manejo forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron recolectados en los ejidos de Felipe Carrillo Puerto, Chan Santa Cruz, Naranja Poniente, X-Hazil, Bacalar y Caobas en el estado de Quintana Roo. El clima es cálido sub-húmedo (Am) y los suelos son de las unidades Litosol y Rendzina con topoformas correspondientes a lomeríos bajos y llanuras rocosas (CONAFOR, 2014).

Se empleó un muestreo selectivo conformado por 116 árboles distribuidos por la variabilidad de formas y tamaños de la especie en todas las categorías diamétricas. Se midió de forma directa los diámetros a 0.3, 0.6, 0.9, 1.3 y 2.5 m de altura sobre el fuste, posteriormente con un telerelascopio de Bitterlich, se registraron las dimensiones de diámetro y altura a distintas secciones (d_i y H_{mi}), hasta llegar a la altura total (H) y diámetro cero (d_0). El volumen por troza se calculó con la fórmula de Smalian y el volumen total (V_t) con el método de trozas traslapadas (Bailey, 1995). Se evaluaron tres sistemas compatibles de ahusamiento-Volumen comercial (d - V_c) de tipo segmentado (Cuadro 1).

El ajuste y estimación de los parámetros, se realizó en el programa estadístico SAS 9.2 mediante el procedimiento MODEL y la técnica de máxima verosimilitud (FIML) (SAS Institute Inc., 2009). Para evitar problemas de convergencia al estimar los parámetros cuando $H_{mi} = H$, es decir $d_i = 0$, se agregó un valor de delta = 0.01 en este punto y una variable indicadora en la punta del árbol (Fang et al, 2000). Para evitar que aumente la varianza a mayor diámetro en las estimaciones (heterocedasticidad), se utilizó una regresión ponderada ($1/(d_i^2 A)$) (Tschieder et al., 2011) y debido a que los datos empleados en las funciones de ahusamiento están correlacionadas espacialmente en el mismo árbol, lo cual viola el principio de independencia de los errores (Rojo et al., 2005), se empleó un modelo autoregresivo de tiempo continuo (CAR(X)) para evitar la autocorrelación de los residuos (Zimmerman y Nunez-Anton, 2001).

La selección del mejor sistema se realizó con base a los valores menores de la raíz del cuadrado medio del error (RCME); el mayor valor en el coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{aj.}$) y la significancia de sus parámetros (Corral et al., 2007). La homocedasticidad se verificó de forma gráfica y la autocorrelación se evaluó con la prueba de Durbin-Watson (Da Cunha et. al., 2009). Además, se observó de forma gráfica la tendencia de las estimaciones.

Dónde: D : diámetro normal (cm). d : diámetro (cm) a la altura H_m (m) desde el nivel del tocón. H : altura total (m). H_b : altura del tocón (m). V_c : volumen comercial (m^3). k : constante $\pi/40\,000$, α_i , β_i , p_i , son parámetros a ser estimados mediante el ajuste. I_i : variables indicadoras de cambios dendrométricos en el fuste del árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizadas las correcciones de heterocedasticidad en ahusamiento y volumen comercial e incorporar los modelos autoregresivos de orden CAR (1), CAR (2) y CAR(3) en los tres sistemas, se determinó que el modelo de tipo CAR(3) permite modelar y reducir la autocorrelación de los errores. Para los sistemas compatibles los parámetros fueron significativos en todos los casos, SCE y RCME bajas y coeficientes de determinación ajustados superiores a 89 % de explicación de la muestra (Cuadro 2). Este resultado es semejante al encontrado por Milena et al. (2015) al utilizar modelos de perfil con una estructura de error autorregresivo en *Eucalyptus tereticornis* donde un modelo autoregresivo de tipo CAR (3) resultó estadísticamente mejor.

El ajuste de los tres sistemas fueron adecuados, sin embargo, comparativamente el sistema de Fang et al. (2000) resultó superior ya que explicó más del 97 % y 99 % de la variabilidad del perfil del fuste y el volumen comercial, respectivamente. Además, presentó mejores estadísticos de DW, lo cual indica la corrección de la autocorrelación con valores superiores a 1.5, esto implica que los errores son independientes (Cuadro 2) como lo indica Da Cunha et. al. (2009). Este modelo presenta alta precisión para describir el perfil del fuste y para estimar el volumen comercial, además permite estimar el volumen total a partir de los parámetros obtenidos utilizando la expresión de Schumacher-Hall ($V_t = a_0 D^{a_1} H^{a_2}$), sin necesidad de realizar un ajuste por separado y exclusivo para esta variable.

Los tres sistemas sugieren que el primer punto de inflexión en los árboles de *S. macrophylla* suceden entre los 5.6 y 5.9 % (p_1) de la altura total, indicando el cambio de cuerpo geométrico de neiloide a un paraboloide teórico, y el cambio geométrico del paraboloide a un cono sucede entre 69.5 y 83.1 % (p_2) de la altura del árbol. Estos resultados son semejantes a lo encontrado por López et al. (2015) al emplear

el sistema de Fang *et al.* (2000) para *Pinus douglasiana* donde el primer y segundo punto de inflexión fueron a los 5.4 y 66.8 % de la altura total, respectivamente, sin embargo difiere con los resultados que muestran Milena *et al.* (2015) que van desde 3.9 a 48.0 % para el primer punto de inflexión, y 80.0 a 96.2 % para el segundo cambio de forma, al emplear los modelos segmentados de Max y Burkhardt (1976), Cao *et al.* (1980) y Parresol *et al.* (1987) en *E. tereticornis*. Esta diferencia puede ser atribuible a las especies, tasas de crecimientos distintas, diferentes calidades de estación, densidad variable, entre otros.

Cuadro 1. Sistemas compatibles de ahusamiento-Volumen comercial (d-Vc) de tipo segmentado utilizados para *S. macrophylla* en bosques tropicales de Quintana Roo.

No.	Sistemas compatibles
(1)	Fang <i>et al.</i> (2000) $d = c_1 \int H^{\frac{K-\beta_1}{\beta_1}} (1-q)^{\frac{k-\beta}{\beta}} a_1^{l_1+l_2} a_2^{l_2} \int^{\frac{1}{2}} \begin{cases} l_1 = 1 \text{ si } p_1 \leq q \leq p_2; \text{ de lo contrario } 0 \\ l_2 = 1 \text{ si } p_2 \leq q \leq 1; \text{ de lo contrario } 0 \end{cases}$ $R_0 = (1 - H_b/H)^{K/\beta_1} \quad R_1 = (1 - p_1)^{K/\beta_1} \quad R_2 = (1 - p_2)^{K/\beta_2} \quad \beta = \beta_1^{1-(l_1+l_2)} \beta_2^{l_1} \beta_3^{l_2}$ $\alpha_1 = (1 - p_1)^{\frac{K(\beta_2 - \beta_1)}{\beta_1 \beta_2}} \quad \alpha_2 = (1 - p_2)^{\frac{K(\beta_3 - \beta_2)}{\beta_2 \beta_3}} \quad C_1 = \sqrt{\frac{\alpha_0 D^{\alpha_1} H^{p_2 - \frac{k}{\beta_1}}}{\beta_1 (R_0 - R_1) + \beta_2 (R_1 - \alpha_1 R_2) + \beta_3 \alpha_1 R_2}}$ $V_c = C_1^2 H^{\frac{k}{\beta_1}} \left[\beta_1 R_0 + (l_1 + l_2) + (\beta_2 - \beta_1) R_1 + l_2 (\beta_3 - \beta_2) \alpha_1 R_2 - \beta (1 - q)^{\frac{k}{\beta}} a_1^{l_1+l_2} a_2^{l_2} \right]$
(2)	Max y Burkhardt (1976) $d = D \int \frac{\beta_1(q-1) + \beta_2(q^2-1) + \beta_3(p_1-q)^2 l_1}{\beta_4(p_2-q)^2 l_2} \int^{\frac{1}{2}} \begin{cases} l_1 = 1 \text{ si } q \leq p_1; \text{ de lo contrario } 0 \\ l_2 = 1 \text{ si } q \leq p_2; \text{ de lo contrario } 0 \end{cases}$ $V_c = k D^2 H \left\{ \frac{\beta_2}{3} (q^3 - z_1^3) + \frac{\beta_1}{2} (q^2 - z_1^2) - (\beta_1 + \beta_2)(q - z_1) - \frac{\beta_3}{3} [(p_1 - q)^3 J_1 - (p_1 - z_1)^3 K_1] - \frac{\beta_4}{3} [(p_2 - q)^3 J_2 - (p_2 - z_1)^3 K_2] \right\} \text{ donde } \begin{cases} J_1 = 1 \text{ si } q \leq p_1; J_2 = 0 \text{ si } q > p_2 \\ K_1 = 1 \text{ si } z_1 \leq p_1; K_2 = 0 \text{ si } z_1 > p_1 \end{cases}$
(3)	Parresol <i>et al.</i> (1987) $d = D \left[Z^2 (\beta_1 + \beta_2 Z) + (Z - p_1)^2 (\beta_3 + \beta_4 (Z + 2p_1) l_1) \right]^{\frac{1}{2}}$ $V_c = k D^2 H \left\{ \left[\frac{\beta_2 + \beta_4 l_1}{4(Z^4 - z_b^4)} \right] + \left[\frac{\beta_1 + \beta_2 l_1}{3(Z^3 - z_b^3)} \right] + \left[\frac{2\beta_1(p_1 l_1) + (2p_1 \beta_4)}{2(Z^2 - z_b^2)} \right] + ((p_1^2 l_1 \beta_3) + (2p_1 - \beta_4)(Z - z_b)) \right\}$ donde $l_1 = 1$ si $Z \geq p_1$; de lo contrario 0

Las estimaciones obtenidas con el sistema de Fang *et al.* (2000) en las variables d-Vc presentan un comportamiento lógico y concuerda con lo reportado por Li y Weiskittel (2010), además son congruentes y se asemejan a las reportadas por Tamarit *et al.* (2013) (Figura 1).

Con los resultados obtenidos es posible construir tablas de volumen fustal (total y por distribución de productos) confiables para árboles individuales de *S. macrophylla* en Quintana Roo, así como la proyección de su distribución de productos maderables por individuo y realizar la valoración económica de los mismos.

CONCLUSIONES

El sistema compatible de Fang *et al.* (2000) además de ser el más flexible de los sistemas analizados, describe de forma confiable y precisa tanto el perfil fustal de los árboles de *S. macrophylla* como el volumen comercial. Por otro lado, se puede emplear el modelo de volumen total de Schumacher-Hall utilizando los parámetros a_1 , a_2 , a_3 obtenidos en el ajuste simultáneo.

Estas herramientas cuantitativas pueden integrarse como un paquete tecnológico y complementada con información de inventarios forestales operativos para obtener las existencias maderables por tipos de productos. Además, esta información será indispensable para la elaboración y ejecución de programas

de manejo forestal para alcanzar un aprovechamiento forestal sustentable y así lograr una valoración económica más objetiva de *S. macrophylla* en Quintana Roo.

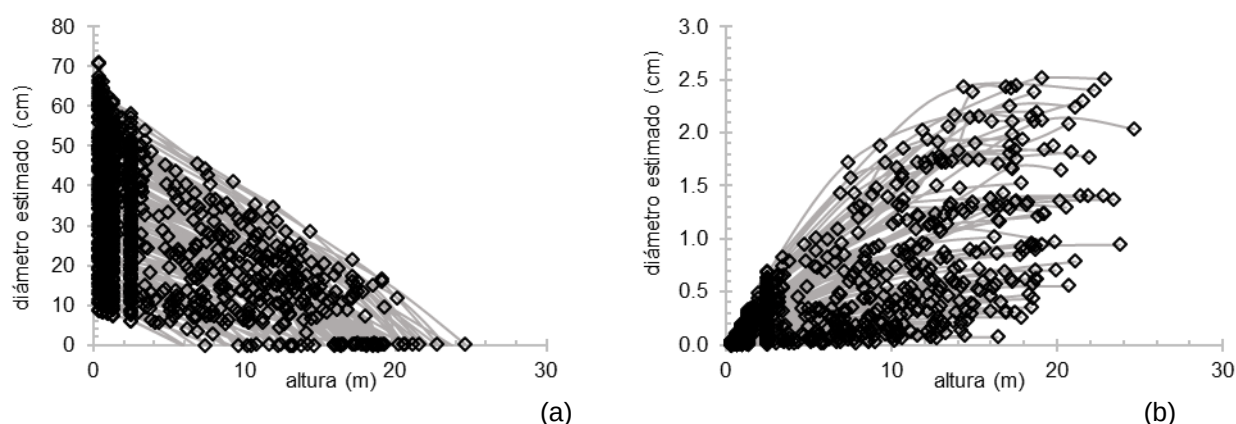


Figura 1. Distribución del diámetro (a) y del volumen comercial estimados con respecto a la altura (Hm) sobre el fuste para *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Cuadro 2. Ajuste estadístico y valor de los parámetros para los tres sistemas compatibles utilizados en árboles de *S. macrophylla* en Quintana Roo.

Modelo	Variable	SCE	RCME	$R^2_{aj.}$	$\frac{D}{W}$	Parámetro	Estimación	Eea	Valor t	Pr> t
(1)	Vc	1.5844	0.0397	0.995	1.7	a_0	0.000071	6.13E-06	11.56	<.0001
	d	8154.1	2.8477	0.974	1.5	a_1	1.940562	0.021	92.25	<.0001
						a_2	0.831416	0.0363	22.92	<.0001
						b_1	1.00E-05	8.03E-07	12.71	<.0001
						b_2	0.000032	3.32E-07	96.53	<.0001
						b_3	0.000053	5.93E-06	8.99	<.0001
						p_1	0.055977	0.00365	15.34	<.0001
						p_2	0.831412	0.019	43.85	<.0001
						$p1d$	1.087964	0.0134	81.04	<.0001
						$p2d$	1.043224	0.0123	84.88	<.0001
						$p3d$	1.014956	0.0147	69.27	<.0001
(2)	Vc	4.2163	0.0646	0.986	0.7	b_1	-2.82087	0.5242	-5.38	<.0001
	d	9657.4	3.093	0.970	2.5	b_2	1.273498	0.2938	4.33	<.0001
						b_3	130.2544	23.8329	5.47	<.0001
						b_4	-0.8953	0.2723	-3.29	0.001
						p_1	0.059294	0.0043	13.8	<.0001
						p_2	0.725046	0.0834	8.7	<.0001
						$p1d$	0.829826	0.0146	56.88	<.0001
						$p2d$	0.894429	0.0107	83.89	<.0001
						$p3d$	0.6054	0.0326	18.55	<.0001
(3)	Vc	30.131	0.1726	0.899	1.4	b_1	2.09367	0.1037	20.18	<.0001
	d	10266	3.1866	0.968	2.2	b_2	-1.03686	0.1766	-5.87	<.0001
						b_3	-0.56032	0.149	-3.76	2E-04
						b_4	1.409235	0.1822	7.74	<.0001
						p_1	0.694987	0.0911	7.63	<.0001
						$p1d$	0.722322	0.0243	29.67	<.0001
						$p2d$	0.581341	0.0493	11.8	<.0001
						$p3d$	0.419604	0.0513	8.18	<.0001

Eea: error estándar aproximado. α_i y β_i : parámetros estimados. p_1 y p_2 : puntos de inflexión. $p1d$, $p2d$ y $p3d$: parámetros del modelo autoregresivo CAR(3).

LITERATURA CITADA

- Bailey, R. L. 1995. Upper-stem volumes from stem-analysis data: an overlapping bolt method. *Can. J. For. Res.* 25: 170–173.
- Cao, Q. V., H. E. Burkhart and T. A. Max. 1980. Evaluating of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *Forest Science* 26:71-80.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2014. Inventario Nacional Forestal y de Suelos- Quintana Roo 2013. . Guadalajara, Jalisco, México. 125 p.
- Corral-Rivas, J. J., M. Barrio A., A. O. Aguirre C., and U. Diéguez A. 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto, Durango (México). *Forestry* 80: 29-40.
- Cruz-Cobos, F., H. M. De los Santos-Posadas, y J. R. Valdéz-Lazalde. 2008. Sistema compatible de ahusamiento-volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango México. *Agrociencia* 42(4): 473-485.
- Da Cunha T. A., J. O Vargas M. y M. Escalier H. 2009. Ajuste y selección de modelos de regresión para estimar volumen total de árboles. Doc. Técnico 5-2009/FOMABO. Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 28 p.
- Fang, Z., B. E. Borders, and R. L. Bailey. 2000. Compatible volume-taper models for Loblolly and Slash Pine Based on a system with segmented-stem form factors. *For. Sci.* 46: 1-12.
- Harold, D., y J. Hocker. 1984. Introducción a la Biología Forestal. F. A. Bellomo L. (Trad). México, D. F. 446 p.
- Kozak, A. 2004. My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle* 80(4):507-515.
- Kozak A. 2004. My last words on taper functions. *Forestry Chronicle* 80(4): 507-515
- Li, R. and A. R. Weiskittel. 2010. Comparison of model forms for estimating for stem taper and volume in the primary conifer species of the North American Acadian Region. *Annals of Forest Science* 67(3): 302.
- López M. J. C., F. Cruz C., J. A. Nájera L y F. J. Hernández. 2015. Modelo de ahusamiento y volumen comercial para *Pinus oocarpa* y *Pinus douglasiana* en la región de Pueblo Nuevo, Durango. *Investigación y Ciencia* 23(64): 47-53.
- Max, T.A. y H.E. Burkhart. 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science* 22:283-289.
- Milena L. A., A. Barrios y G. Trincado. 2015. Modelos de perfiles fustales con una estructura de error autorregresivo para plantaciones de *Eucalyptus tereticornis* en Colombia. *Madera y Bosques* 21(2): 73-88.
- Uranga-Valencia, L. P., H. M. De los Santos P., J. R. Valdez-Lazalde, J. López-Upton y H. Navarro-Garza. 2015. Volumen total y ahusamiento para *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en tres condiciones de bosque. *Agrociencia* 49: 787-801.
- Parresol, B.R., J.E. Hotvedt and Q.V. Cao. 1987. A volume and taper prediction system for bald cypress. *Canadian Journal of Forest Research* 17:250-259.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y Real, P. 1997. Mensura forestal, Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. San José, Costa Rica: IICA.
- Rojo, A., X. Perales, F. Sánchez-Rodríguez, J. G. Álvarez-González, and K. V. Gadow. 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Northwestern Spain). *European Journal of Forest Research* 124: 177-186.
- SAS Institute Inc., 2009. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Second Edition. Cary, North Carolina, USA. 238 p. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugmcmc/63125/PDF/default/statugmcmc.pdf>
- Tamarit U. J. C., H. M. De los Santos P., A. Aldrete, J. R. Valdez L., H. Ramírez M. y V. Guerra C. 2014. Sistema de cubicación para árboles individuales de *Tectona grandis* L. f. mediante funciones compatibles de ahusamiento-volumen. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(21): 58-74.
- Torres, R, J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa. México, D. F. 472 p.
- Trincado, G. and H.E. Burkhart. 2006. A generalized approach for modeling and localizing stem profile curves. *Forest Science* 52(6):670-682.
- Tschieder E., F., E. Fassola H. y M. García C. 2011. Ecuaciones de volumen total para *Populus deltoides* de plantaciones del Bajo Delta del Paraná. *Revista de Investigaciones Agropecuaria* 37: 172-179.
- Zimmerman, D. y V. Nunez-Anton. 2001. Parametric modelling of growth curve data: An overview. *Test* 10(1):1-73.

CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MARCHITEZ EN PALMA KERPIS (*Veitchia merrillii*) EN LA CHONTALPA TABASCO.

CHARACTERIZATION AND IDENTIFICATION OF WILTING PALM KERPIS (*Veitchia merrillii*) IN CHONTALPA TABASCO.

¹Sumano López D; ²Vidaña Adorno P; ²Ruiz Beltrán P; ¹López López R; ¹Rodríguez Cuevas M.

¹Investigadores INIFAP, campo experimental Huimanguillo. Km.1 Carretera federal. Huimanguillo, Cárdenas, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. CP. 86400.

²Universidad Popular de la Chontalpa. Km. 2 Carretera Cárdenas-Huimanguillo, Ranchería Paso y Playa, Municipio de Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500.

Autor para correspondencia: sumano.dante@inifap.gob.mx

RESUMEN.

La Palma Kerpis (*Veitchia merrillii* Becc) en honor a James Veitch (1792-1893), jardinero británico y a E. D. Merrill, botánico americano (1876-1956) (Aguilar *et al.*, 2014). En México la producción de esta planta es específicamente ornamental en los estados de Guerrero y Veracruz. Se han presentado diversos problemas fitosanitarios que afectan directamente, causando daños estructurales, y de manera indirecta la estética de la misma, depreciando su valor, se ha presentado en países como Colombia, México, Venezuela, Brasil, Ecuador, Estados Unidos, Arabia Saudita, Iraq y Túnez. (Chase & Broschat, 1992). Con base a lo anterior se desconoce al agente causal, y que esta planta se encuentra distribuida en todo el sureste del país y que puede representar un reservorio para esta enfermedad que pueda afectar al cocotero ya que estas tienen similitud en una enfermedad, se plantea los siguientes objetivos: caracterización e identificación del patógeno causante de la marchitez de la palma kerpis y el aislamiento y caracterización del agente(s) causal de la enfermedad de la palma kerpis en laboratorio. Se llevaron a cabo colectas de muestras consistentes en tallos, frondas y peciolo de plantas enfermas en la Chontalpa, Tabasco. Las muestras, fueron trasladadas al laboratorio de fitopatología de INIFAP, donde se sembraron en PDA. Se realizaron inoculaciones en nueces de cocotero variedad enano amarillo, A las 48 horas empezó el cambio de color y en las últimas 120 horas se presentó la necrosis, donde se obtuvieron tres sepas de hongos los cuales resultaron ser los géneros: *Thielaviopsis sp*, *Chalaropsis sp* y *Chalara sp*. Estas han sido reportadas en diferentes cultivos como piña, caña de azúcar, cocotero causando marchitez. Concluyendo que *Thielaviopsis sp*, *Chalara sp* y *Chalaropsis sp* fase asexual de *ceratocystis sp*, siendo *chalaropsis sp* más agresivo y que el método de corte resultó con la mayor efectividad en la manifestación de los síntomas.

Palabras clave: marchitamiento, *Veitchia merrillii*, fitopatógeno, infección.

INTRODUCCIÓN.

La Palma Kerpis (*Veitchia merrillii*) Becc., en honor a James Veitch (1792-1893), jardinero británico y E. D. Merrill botánico americano (1876-1956), (Aguilar *et al.*, 2014). Se le conoce también con el nombre de palma de navidad, por sus frutos rojos que son muy llamativos en la época invernal; o palma de Manila, dado que su origen es Filipinas. Por ser una especie con atributos morfológicos de valor ornamental y fácil reproducción, su utilización para la plantación se ha venido incrementando en años recientes para enriquecer principalmente la estética de parques y jardines (Lim., 2012).

El cultivo de palma kerpis, es una actividad comercial en varios países neo-tropicales. En México la producción de esta planta es específicamente ornamental y se encuentra principalmente en los estados de Guerrero y Veracruz. (Espinoza *et al.*, 2009). Sin embargo, en la mayoría de los estados del sureste se reproducen en pequeñas cantidades, la familia arecaceae, se considera la familia con la mayor diversidad morfológica, lo cual permite que sean estudiadas ampliamente. (Dransfield *et al.*, 2005).

En los últimos años, debido al aumento de la reproducción de esta palma, se han presentado diversos problemas fitosanitarios que afectan directamente esta planta causando daños estructurales, y de manera indirecta la estética de la misma, depreciando su valor (Ramos & Caetano, 2003; Caetano *et al.*, 2008). De las enfermedades más importantes de esta planta se consideran a las causadas por hongos y bacterias. Una de las enfermedades que mayormente afectan a la palma kerpis, es la llamada pudrición de tronco, pudrición de cogollo o enfermedad de cuello flexible que puede ser letal por la dificultad para

Dado que esta enfermedad se está presentando en la palma kerpis y se desconoce el agente causal, por lo tanto se propone identificar el agente que ocasiona ésta enfermedad, las referencias de síntomas se consideran similares a una enfermedad que se presenta en el cultivo del cocotero y que está presente en la costa del estado de Tabasco llamado la marchitez, dada esta situación y que la palma kerpis se encuentra distribuida en los diferentes ecosistemas del estado de Tabasco se puede considerar bajo esta similitud de síntomas, que esta planta es un reservorio y foco de infección para las plantas de cocotero para todo el estado.

Área de estudio. Se planteó la observación y el posible muestreo de plantas sospechosas con los siguientes síntomas: Plantas con síntomas de marchitez, frondas con la presencia de lesiones, marchitez completa, necrosis de tejido y coloraciones oscuras en los foliolos y parcialmente muertas, así como cogollos con los mismos síntomas, lo cual en todas estas lesiones se observa la presencia de un agente aparentemente patógeno en plantas individuales de palmas kerpis. Los municipios donde se encontraron estos tipos de síntomas fueron en Huimanguillo, (INIFAP campo experimental Huimanguillo), Cárdenas, (Universidad Popular de la Chontalpa UPCH) y Cunduacán, (Poblado. 11 de febrero, Ampliación la playita).



170

Muestra de tallo. Para tomar la muestra de tallo se utilizó navaja para obtener un pedazo del tallo de la palma, en la zona donde se observa enferma, lo cual se tendrá más probabilidad que se hospede un sospechoso patógeno que cause esta enfermedad.

Muestra de fronda y peciolo. Para la toma de la muestra de la fronda y el peciolo se utilizó un machete para cortar la muestra y se eligió la parte intermedia y que presentaran síntomas para obtener un mejor resultado en la obtención del causante de la enfermedad.

Después de obtener las muestras se introducen en bolsas, y cada muestra se coloca por separado y posteriormente se etiquetan y se sellan para que estas se conserven frescas y se trasladen al laboratorio de fitopatología del INIFAP campo experimental Huimanguillo para ser analizadas.

Obtención y aislamiento de patógenos. Una vez que las muestras se trasladaron al laboratorio, una a una se observó al microscopio estereoscópico para obtener información sobre la estructura de los patógenos (hongos), y caracterizarlo utilizando un manual de identificación. El aislamiento se realizó medios de cultivo el más utilizado para identificar estructuras de hongo es el medio PDA (AGAR DEXTROSA Y PAPA). Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS, 2009.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Aislamiento y caracterización. En base a las observaciones de las muestras analizadas con síntomas del patógeno, se pudo observar que las cepas incubadas a las 24 horas aún no se observaba crecimiento en las cajas petri del agente patógeno, a las 48 horas de siembra, se observó que apenas estaba en crecimiento los conidios en las cajas Petri y después de las 72 horas se pudieron apreciar los conidios formados completamente, lo cual se obtuvo cepas de hongos de color café oscuro (véase figura 2). De esas cepas se obtuvieron tres diferentes hongos, de las muestras tomadas de las plantas contaminadas, la fronda obtuvo el mayor crecimiento en el medio de cultivo.

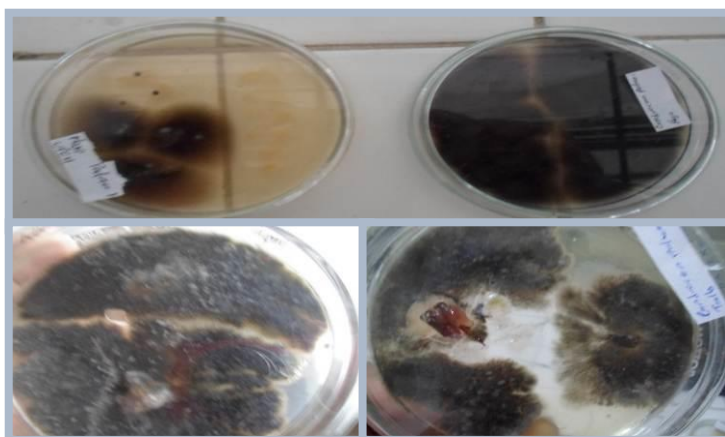


Figura 2. Colonias de hongos aislados.

Identificación de los patógenos. Para la identificación de las cepas obtenidas en el laboratorio, se apoyó diagramas descriptivos de literatura especializada como Barnett y Hunter, 1979 por métodos comparativos como se muestra en las figuras 3, 4 y 5, de lo cual se describe a continuación.

Cepa 1. ***Thielaviopsis spp.*** Tiene conidióforos, fiálides y phialosporas como chalaropsis; También forman aleuriosporas de pared gruesa que con el tiempo se rompen; parasitaria o saprófitos; estados de conidios de especies de *Ceratocystis* (véase figura 3). (Barnett y Hunter, 1979).

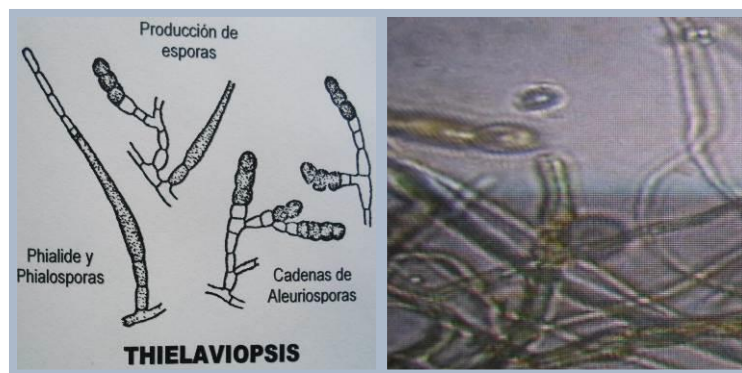


Figura 3. Cepas de *Thielaviopsis*.

Cepa 2. *Chalaropsis* spp. Conidióforos normalmente pigmentados, fiálides delgados ligeramente más grandes cerca de la base y se afina hacia arriba; la producción de conidios endógena; conidios (phialosporas) hialinos, cilíndricos, a menudo en cadenas; aleuriosporas presentes, ovoides, oscuros, de paredes gruesas, solas o en cadenas cortas; parasitaria o saprofitas, similar a *Chalara* excepto para la producción de aleuriosporas (véase figura 4). (Barnett y Hunter, 1979)

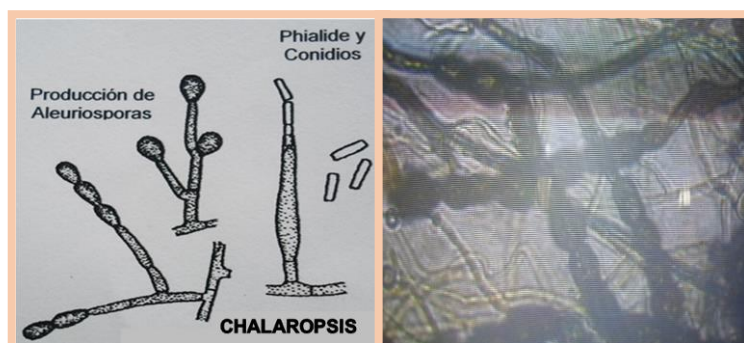


Figura 4. Cepas de *Chalaropsis*.

Cepa 3. *Chalara* spp. El micelio es normalmente oscuro, los conidióforos normalmente con algún pigmento oscuro, pero puede ser hialina bajo algunas condiciones culturales, unicelulares o basal porción de tabicado, la célula apical a veces se estrecha ligeramente hacia arriba cuando producen conidios de manera endógena; conidios (phialosporas) hialinos, cilíndricos, algo variable en longitud, a menudo cuelgan juntos en cadenas; parasitaria o saprofitos (véase figura 5). (Barnett y Hunter, 1979).

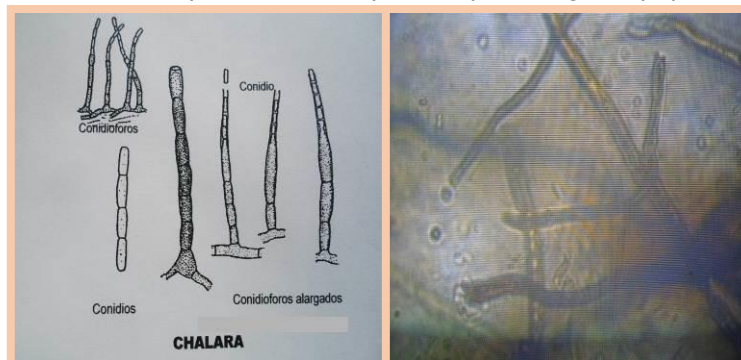


Figura 5. Cepas de *Chalara*.

Estos hongos que se aislaron corresponden a: *Thielaviopsis* spp., *chalaropsis* spp., y *chalara* spp., lo cual, según Ruiz y Ortiz, (2002.) y Romero, (1988), estos son patógenos en fases asexuales de *ceratocystis*, por lo cual se encuentran asociados con el síntoma de marchitez del cocotero como igual a la palma kerpis.

Identificación de *THIELAVIOPSIS* spp., y *CHALAROPSIS* spp., por medio de pruebas de patogenicidad en muestras de nueces de cocotero. El hongo de *Thielaviopsis* spp., se inoculo y se observó en diferentes lapsos de horas 24, 48, 72, etc. A las 24 horas se observó un resultado positivo ya que este hongo ablandó una parte de la nuez pero aún no presento cambios visuales, al transcurrir las 48 horas en el corte que se le hizo en los lados a las nueces hubo cambio de color de amarillo a café, a las 72 horas el hongo ya había avanzado y fue cambiando de color amarillo a naranja pardo y café, durante el transcurso de las 96 horas el hongo cubrió más a la nuez y se tornó un color oscuro avanzando y en un lapso de 120 horas el hongo cubrió gran parte de la nuez con síntomas de necrosis circular. El hongo de *Chalaropsis* spp., se inoculo y se observó en los mismos lapsos de horas y este presento los mismos síntomas, pero este resulto ser más agresivo que *Thielaviopsis* spp., ya que en las horas en que esta se fue observando los síntomas estaban más avanzados, aunque estas tuvieran las mismas condiciones de temperatura y humedad. En la observación de estos patógenos la forma de infección de las nueces fue que de donde se realizó el corte estos fueron ascendiendo hacia la corona de la nuez y después fueron descendiendo hasta iniciar el envejecimiento y muerte de la epidermis de las nueces. Entre las cepas de hongos hubo diferencia significativa (Tukey 0.05) en cuanto a la cantidad de infección sobre las nueces siendo *Chalaropsis* spp (cepa2) la más agresiva que *Thielaviopsis* spp (cepa1) en cuanto a crecimiento e infección. (F= 0.0001). Cuadro 1.

Cuadro 1. Pruebas de medias

Tukey G	Mean	N	TRAT
A	79.333	3	cepa2
B	23.667	3	cepa1
C	1.000	3	TEST



Figura 6. Nuez de coco con

inoculación de *Thielaviopsis* sp.



Figura 7. Nuez de coco

inoculada con *Chalaropsis* sp.

Sánchez, (2004) menciona que encontró presencia de los patógenos *Thielaviopsis* spp., *Chalaropsis* spp., y *Chalara* spp., en palmas de cocotero y que estas están relacionadas con el género de

ceratocystis, lo cual concuerda con Ávila y Becerra, (1994) que mencionan que este género fue reportado en Tabasco desde 1980 en cultivos de cocotero alto del golfo y se observó un aumento de la incidencia. En el cultivo de piña Uriza (2011), menciona que esta es afectada por *Thielaviopsis spp.*, causando la mancha blanca de la hoja y la pudrición negra del tallo y fruto, lo cual marca el amplio espectro de este género.

CONCLUSION

De los hongos aislados e identificados en las palmas kerpis con síntomas de marchitez, se consideran patógenos ya que estas son formas asexuales de ceratocystis las cuales fueron tres hongos que son: *thielaviopsis spp.*, *chalaropsis spp.*, y *chalara spp.*

Chalaropsis spp. fue una de las fases asexuales más agresivas en las pruebas al avanzar más rápido en los síntomas que se presentaron en las nueces de coco.

Estos fueron inoculados a fin de observar la patogenicidad de tales bajo el método de corte ya que este obtuvo una mejor efectividad en la manifestación de síntomas.

LITERATURA CITADA.

- Aguilar L. J. M., Domínguez H. F., Barrios B. J. M., Enríquez G. F., 2014, germinación de semilla y efecto de poda en el establecimiento de postrasplante de palma kerpis [*Veitchia merrillii* (Becc.), H. E. Moore, arecaceae]. Instituto nacional de ciencias agrícolas. <http://ediciones.inca.edu.cu>.
- Ávila, A. C. y Becerra L. E. N. 1994, Enfermedades del cultivo del cocotero. Apuntes del curso de enfermedades en cultivos tropicales sociedad mexicana de fitopatología, colegio de postgraduados. H. Cárdenas. Tabasco.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1979. "Illustrated genera of imperfect fungi". 3ª ed. Burgess, Minneapolis, Minnesota. 241 Pp.
- Caetano, et al., 2008. Ocorrença de podridão do tronco das palmeiras em Portugal. Actas de horticultura nº 52. Innovación y futuro en la jardinería. 1 simposio iberoamericano - IV jornadas ibéricas de horticultura ornamental. Pontevedre (España). 380-385 pp.
- Chase, A.R. & Broschat, T.K. 1992. Diseases and disorders of ornamentals palms. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Dransfield, J., Uhl, N., Asmussen, C., Baker, W., Harley, M y C. Lewis. 2005. A new phylogenetic classification of the palm family, araceae. Kew Bulletin 60: 559- 569.
- Elliot, Monica L. 2005. But rots of palm. Series of the plant pathology departamento. Institut of food and agricultural Sciences. University of Florida, PP 220. (En: <http://www.edis.ifas.ufl.edu/PP114>). Revisado diciembre 2014.
- Espinosa Flores, A; Mejía Muñoz, J. M.; Colinas león, M. T.; Rodríguez Elizalde, M. A.; urbaczykPy, A. E.; Beltrán Bernal, M. A. 2009. Catálogo nacional de especies y variedades comerciales de plantas y flores producidas en México y universidad autónoma de Chapingo. Chapingo, estado de Mexico.350 pp.
- INEGI, 2013, instituto nacional estadística y geografía, Anuario estadístico del estado de tabasco, 744 pp.
- Lim, T. K. 2012, edible medicinal and non-medicinal plants: volumen 1, fruits. Springer netherlands, pp. 257- 259.
- Ramos, P. & Caetano, M. F. 2003, Podridão rosa das palmeiras causada por *Gliocladium vermoeseni*. Umperigo potencial para as palmeiras em Portugal. 4º congreso da sociedade e portuguesa de fitopatología. Faro, 4-6 Fev. (empubliacao).
- Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma de Chapingo, Dirección del Patronato Universitario A. C.
- Ruiz, B. P. y Ortiz, G. C. F. 2002, Marchitez de cocotero en progenitores e híbridos en Tabasco, México. En memoria XXIX congreso internacional de la sociedad mexicana de fitopatología. Monterrey, Nuevo León, México.
- Sánchez L, H. 2004, Caracterización e identificación de hongos fitopatógenos asociados a la marchitez del cocotero (*Cocos nucifera* L.), 52 pp. Cardenas, Tabasco.
- Sánchez, V. Rebolledo, O. Picaso, R. M. Cardenas, E. Córdova, J. González, O. and Samuels, G. 2007, In vitro antagonism of *Thielaviopsis paradoxa* by *Trichoderma longibrachiatum*, Mycopathologia 163: 49-58.
- SAS, Institute, 2009. SAS/STAT® 9.2. users's guide reléase. Cary, NC: SAS Institute Inc., USA.
- Uriza A, D. E. 2011, Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de México: trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico piña MD2 (*Ananas comosus* var. *Comosus*), establecimiento y mantenimiento. Centro de investigación regional golfo centro, campo experimental cotaxtla/Papaloapan. Isla, Veracruz.

**PROCEDIMIENTO AGROCLIMÁTICO PARA DETERMINAR EL PERIODO ÓPTIMO DE ZAFRA.
CASO: INGENIO PRESIDENTE BENITO JUÁREZ.**

AGROCLIMATIC PROCEDURE TO FIND THE OPTIMUM HARVEST SEASON FOR SUGARCANE.
CASE: INGENIO PRESIDENTE BENITO JUAREZ.

¹Arguijo Portillo NV, ¹González Arias G, ¹Jiménez Méndez AJ, ¹Juárez López JF, ²Arrieta Rivera A,
³Rivera Hernández B, ¹Aceves Navarro LA

¹Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N, C.P. 86500. H.
Cárdenas, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Prolongación Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán,
Centro, Tabasco, México.

³ Universidad Popular de la Chontalpa. Ingeniería en Agronomía. Carr. Cárdenas-Huimanguillo, km 2.0,
R/a Pazo y Playa, C.P.86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: laceves@colpos.mx

RESUMEN

En el estado de Tabasco existe una preocupación por parte del sector industrial cañero, sobre las pérdidas económicas que enfrentan por los efectos de la ocurrencia de precipitación durante el periodo de zafra. Debido a esto, el objetivo del presente estudio fue determinar el inicio del periodo óptimo de zafra durante el cual ocurra un mínimo de eventos de lluvia. Para ello se realizó un análisis probabilístico de los registros históricos de precipitación diaria de 4 estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez. Los resultados muestran que para las áreas de influencia de las estaciones meteorológicas ubicadas en los poblados C-16, C-22, C-28 y Campo Experimental del Colegio de Postgraduados (COLPOS), el mínimo número de días con lluvia al 75 % de probabilidad durante el periodo de la zafra es de 19, 19, 14 y 18 respectivamente. Así, la fecha más apropiada para el inicio de la zafra con un 75 % de probabilidad de excedencia para el área de influencia de la estación meteorológica del C-16 es la tercera semana de enero. En cambio, para la estación del C-28 la mejor fecha de inicio de zafra va desde la última semana de diciembre hasta la cuarta semana de enero. Para el C-22 va de la última semana de diciembre hasta la segunda semana de enero. En el caso del Campo Experimental del COLPOS la fecha más apropiada con un 75 % de probabilidad es de la segunda a la tercer semana de enero.

Palabras clave: *periodo de zafra, precipitación, caña de azúcar, Tabasco.*

INTRODUCCIÓN

En México actualmente se cultivan alrededor de 783,416.34 ha de caña de azúcar (INFO-CAÑA, 2014), de las cuales en el estado de Tabasco se cultivan 31,012.00 ha. Esto lo ubica como el tercer cultivo respecto a superficie cosechada. Su valor de producción en millones de pesos en el año 2014 fue de 979.48, situándose como el segundo cultivo con el mayor valor de producción, después del plátano enano, con 2,133.4 millones de pesos (SIAP, 2015).

En la zona del Plan Chontalpa, Tabasco, se encuentra el Ingenio Azucarero Presidente Benito Juárez (IPBJ) (de la Cruz *et al.*, 2012). El IPBJ, es el de mayor importancia en el estado de Tabasco; de la zafra de 1996/97 a la 2013/14 ha incrementado su superficie cultivada de 11,031 a 22,080 ha. En el año 2014 el rendimiento promedio de campo fue de 45.73 t ha⁻¹ y en fábrica fue de 11.165 % (5,972,800 t) (INFO-CAÑA, 2014).

Existe evidencia científica de que la precipitación durante el periodo de zafra es un factor que causa variación en contenido de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar, ya que cuando llueve se estimula el crecimiento, incrementando el contenido de humedad en el tallo y el porcentaje de azúcares reductores, disminuyendo a su vez el porcentaje de sacarosa disponible (Martínez y Martínez, 1996). Otros autores reportan que un déficit hídrico acumulado de al menos 130 mm en las primeras semanas previas a la cosecha tiene un efecto positivo en la acumulación de sacarosa en los tallos (Scarpari y Beauclair, 2004). Por su parte, Cardozo, (2012) y (Martínez y Martínez, 1996), señalan que un periodo seco o con una mínima cantidad de precipitación previo a la cosecha, tiene una alta correlación con la madurez (de la caña y se incrementa la concentración de sacarosa en el jugo de la caña de azúcar. Además, existe evidencia empírica de ejecutivos del Ingenio Presidente Benito Juárez de que lo que

más afecta el proceso de la zafra es la cantidad de días con lluvia durante ese periodo, más que la cantidad de la misma (Ing. Freyre Restrepo, comunicación personal). En este contexto, existe una preocupación por parte del Ingenio Presidente Benito Juárez que se abastece de los municipios de Cárdenas y Huimanguillo sobre las pérdidas económicas que se enfrentan por los efectos de la ocurrencia de precipitación durante el periodo de zafra, ya que esto provoca el retraso de la zafra y la pérdida de producto en campo. Es por esto que el objetivo del presente estudio, fue encontrar la mejor época para el inicio de la zafra, basado en los registros históricos de precipitación de la región. El periodo óptimo de zafra será aquel que presente el menor número de días con precipitación 6 semanas antes del inicio de zafra y durante el periodo de zafra (150 días).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio. La investigación se realizó en el municipio de Cárdenas, Tabasco, ubicado en la región de la Chontalpa, zona productora de caña de azúcar y área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez. El ingenio se ubica en el poblado C-27 Ing. Eduardo Chávez Ramírez. El campo de cultivo abarca los poblados C-21, C-28, C-27, C-33, C-34, C-32, C-41, C-40, C-15, C-14, C-10, C-16, C-22, C-31, C-25, C-23, C-11 y C-20 (Figura 1).

Clima del área de estudio. Esta zona cuenta con un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), teniendo promedios anuales de temperatura y precipitación de 26 °C y 2,163 mm, respectivamente (García, 2004).

Datos climatológicos. Se utilizaron datos históricos de precipitación de 4 estaciones meteorológicas (Cuadro 1) que se obtuvieron de la base de datos ERIC III v. 3.2 (IMTA, 2013). En el Cuadro 1 se muestra el nombre, la clave, las coordenadas geográficas y los años de registro de las 4 estaciones meteorológicas selectas. Estas se seleccionaron por presentar el mayor número de años de registro de precipitación y por su distribución dentro del área cañera, tal y como se muestra en el Figura 1. Se utilizó la estación de Cárdenas (27008) con 48 años de registro, solo para ilustrar el comportamiento estacional de la precipitación promedio mensual y la variabilidad temporal de la precipitación total anual, como representativos de la región de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez.

Cuadro 1. Nombre, clave, coordenadas y años de observación de las estaciones climáticas ubicadas en la zona cañera en el área de estudio.

Nombre de la estación	Clave	Longitud (O)	Latitud (N)	Años de registro
C-16	27076	-93.505	18.117	16
C-22	27077	-93.633	18.073	22
C-28	27078	-93.503	18.023	25
Campo Experimental del Colegio de Postgraduados	27007	-93.607	17.968	27

Selección del inicio de zafra. Para cada estación meteorológica se propusieron 9 fechas para el inicio de la zafra, estas fueron de la semana 2 de diciembre a la semana 5 de enero. Para cada fecha propuesta se evaluaron las 6 semanas previas, para encontrar el periodo con el menor número de días con lluvia.

Procedimiento estadístico. Para cada año de registro en cada una de las 4 estaciones meteorológicas selectas, se contabilizó el número de días con lluvia 6 semanas antes del inicio de zafra y en el periodo de zafra (150 días) contados a partir de cada una de las 9 fechas de inicio propuestas. Los datos se ordenaron y se les determinó su función de distribución probabilística correspondiente, para de allí seleccionar aquel valor con el 75 % de probabilidad de excedencia como valor representativo para cada fecha de inicio de zafra. Es decir, se acepta que la fecha propuesta como fecha óptima de inicio de zafra tiene una probabilidad del 75 %. Los resultados se plasmaron en gráficas correspondientes, mismas que se muestran en el apartado de resultados.

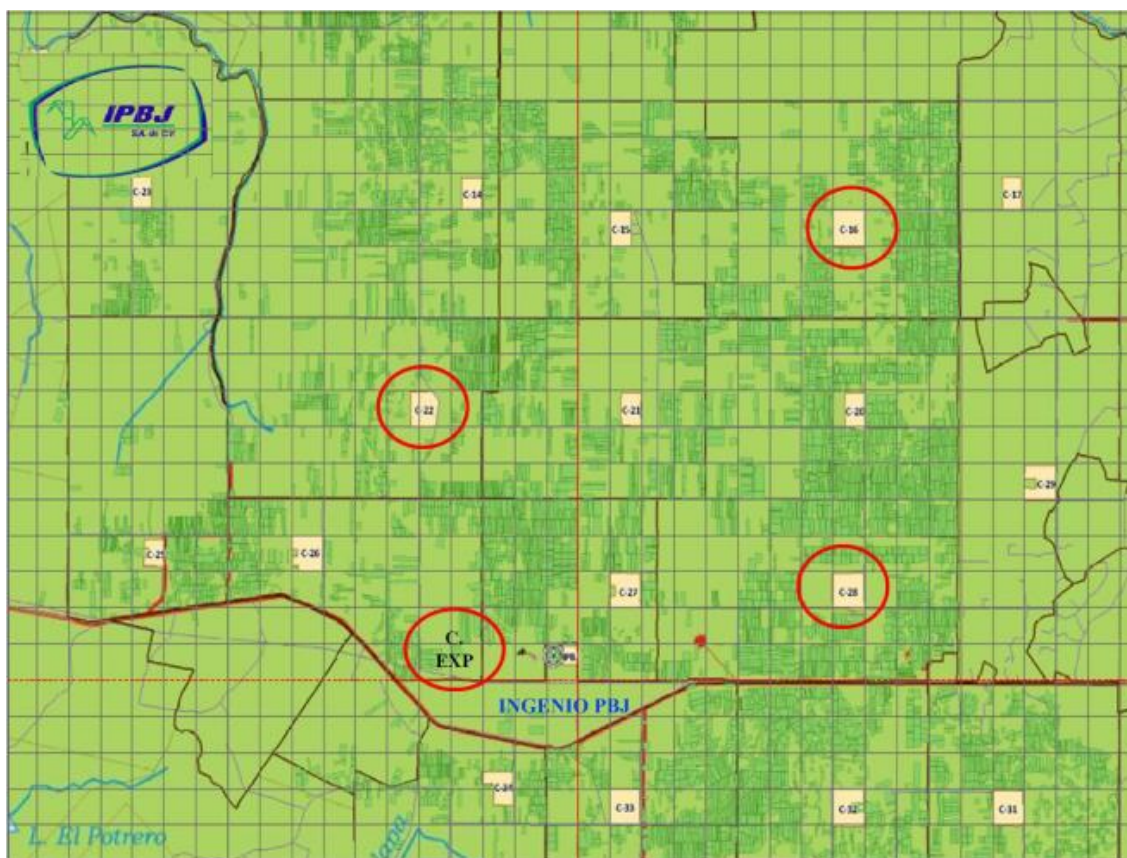


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas selectas en el área de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez. (Las áreas verde oscuro son áreas cultivadas con caña de azúcar).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se puede observar que la precipitación promedio anual muestra que históricamente octubre es el mes más lluvioso. Noviembre aún es un mes húmedo con alrededor de 200 mm en promedio. Después de noviembre y hasta el mes de marzo, cada vez es menor la cantidad y frecuencia de la lluvia. Si la zafra dura aproximadamente 150 días, al observar esta Figura 2, se esperaría a simple vista que la zafra inicie en el periodo de diciembre a enero. El análisis probabilístico permitió definir las 9 fechas propuestas para el inicio de la zafra desde la segunda semana de diciembre a la última semana de enero, corroborando así la aseveración anterior. En la Figura 3 se muestra la variabilidad temporal en las precipitaciones totales anuales para el periodo de 48 años analizado (1960 a 1998), en la que se puede apreciar que éstas pueden fluctuar desde casi 1,200 mm a un poco más de 2,400 mm. También se aprecia que la precipitación total es diferente cada año.

Las Figuras 4, 5, 6 y 7 muestran el número de días con lluvia para las diferentes fechas de inicio de zafra propuestas (segunda semana de diciembre a la quinta semana de enero) con un 75 % de probabilidad de ocurrencia, considerando 6 semanas previas al inicio de zafra y un periodo de 150 días de zafra.

Los resultados mostraron que el número de días con precipitación durante el periodo de zafra para todas las 9 fechas de inicio propuestas, y para las cuatro estaciones selectas, se distribuyen como una función Log-Normal. Así que para esa distribución probabilística se le determinó el número de lluvias durante cada periodo de zafra con una probabilidad del 75 %. En base a los resultados obtenidos se generaron las Figuras 4, 5, 6 y 7 que se presentan a continuación:

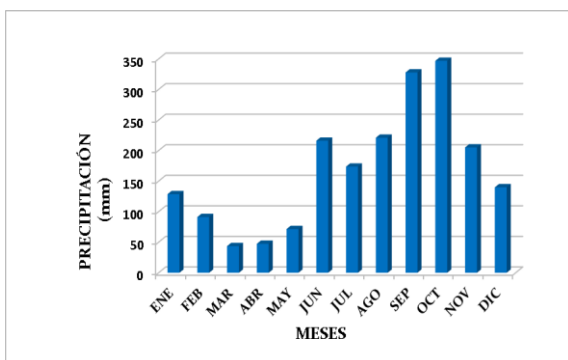


Figura 2. Precipitación promedio mensual de la estación de Cárdenas, Tabasco. Desarrollo propio a partir de datos reportados por IMTA, 2013.

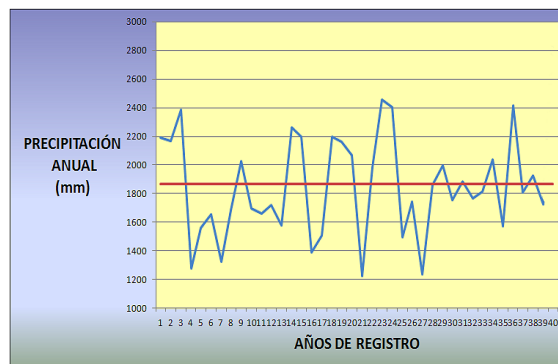


Figura 3. Precipitación promedio anual de la estación de Cárdenas, Tabasco (1960 – 1998). (promedio = 2,012.8 mm). Desarrollo propio a partir de datos reportados por IMTA, 2013.

La Figura 4 muestra que el valor mínimo de días con lluvia para la estación del C-16 es de 19, para un inicio de zafra en la tercera semana de enero. Asimismo, se observa en la Figura 7 que para la estación del Campo Experimental del COLPOS el número mínimo de días con lluvias esperadas es de 18, para un inicio de zafra entre la segunda y tercera semana de enero. En el caso de la estación del C-28 (Figura 6), la fecha de inicio de zafra puede recorrerse desde la quinta semana de diciembre hasta la cuarta semana de enero, ya que la frecuencia mínima de días con lluvia para las zafras correspondientes oscila entre 13 y 14. Para la estación del C-22 (Figura 5) las fechas de inicio que permiten los periodos con menos días con lluvia van de la cuarta semana de diciembre a la segunda semana de enero, con valores mínimos estimados al 75 % de probabilidad de excedencia entre 18 y 19.

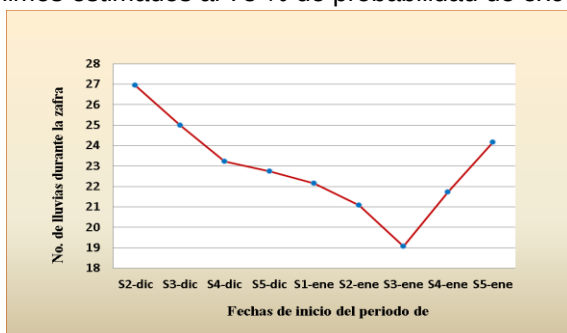


Figura 4. Número de lluvias durante el periodo de zafra a diferentes fechas de inicio, en las estación meteorológica C-16, con un 75 % de probabilidad.

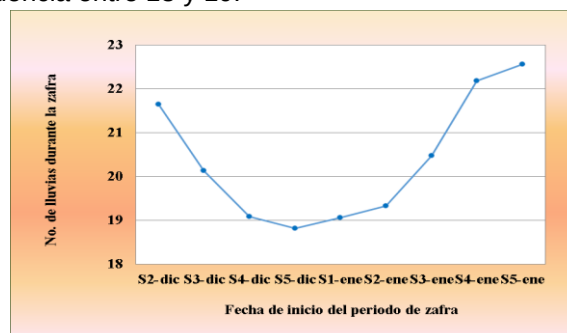


Figura 5. Número de lluvias durante el periodo de zafra a diferentes fechas de inicio, en las estación meteorológica C-22, con un 75 % de probabilidad.

Observando las Figura 4, 5, 6 y 7 se puede afirmar de manera general, que el periodo con el número mínimo de lluvias durante el periodo de zafra va de la última semana de diciembre a la cuarta semana de enero. Esto permite contar con 6 semanas para programar las zafras en las diferentes localidades. Iniciando en el área de influencia de la estación del C-22, y dejando para el último la zafra para el área de influencia del C-28.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados, la fecha más apropiada para el inicio de la zafra con un 75 % de probabilidad, es la quinta y última semana de diciembre para el área de influencia de las estaciones de los Poblados C-22 y C-28. En cambio, para el área de influencia de las estaciones Campo Experimental del COLPOS y el Poblado C-16, es la segunda y tercer semana de enero respectivamente. Estas fechas de inicio de zafra se garantiza la menor frecuencia de precipitaciones durante el periodo de zafra, en 3 de cada 4 años.

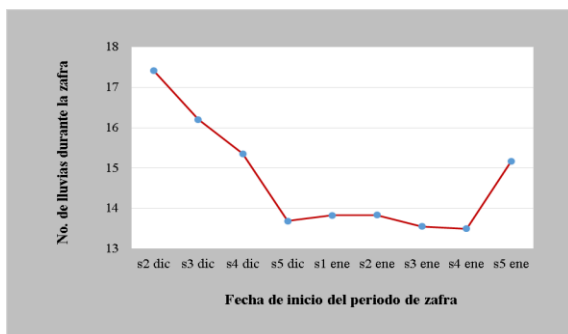


Figura 6. Número de lluvias durante el periodo de zafra a diferentes fechas de inicio, en las estación meteorológica C-28, con un 75 % de probabilidad.

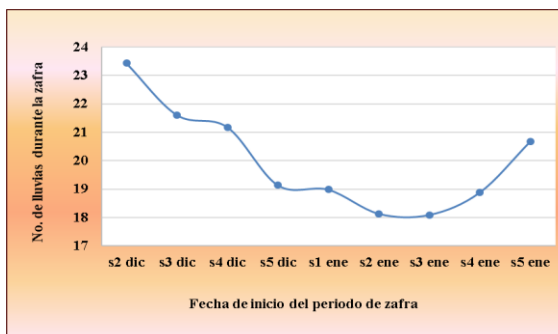


Figura 7. Número de lluvias durante el periodo de zafra a diferentes fechas de inicio, en las estación meteorológica del Campo experimental del COLPOS, con un 75 % de probabilidad.

LITERATURA CITADA

- De la Cruz P. A., J. Zavala C., A. Guerrero P, S. Salgado G., L.C. Lagunez E. Y F. Gavi R. 2012. Metales pesados en suelos cultivados con caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco. *Rev. Universidad y Ciencia* 28(2):119-130.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- IMTA. 2013. Instituto Mexicano del Agua. 2013. ERIC III: Extractor Rápido de Información Climatológica v.3.2. CD, p. 28.
- Martínez, G.A y Martínez, D.M.A. 1996. Método para pronosticar la época de zafra en caña de azúcar con base en datos de temperatura y precipitación. *AGROCIENCIA*, Vol. 30, No. 4, 487 – 494.
- Scarpari, M.S.; Beauclair, E.G.F. 2004. Sugarcane maturity estimation through edaphic-climatic parameters. *Scientia Agricola* 61: 486 – 491.

Referencias informáticas

- Cardozo, N.P. 2012. Modeling sugarcane ripening as function of meteorological variables. Disponible en: www.teses.usp.br/teses7disponiveis/11/11131/tde-14032012-080359. Consultado el 21 de Agosto de 2015.
- INFO-CAÑA. 2014. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. Apartado Infocaña. 2014. Lista de boletines. http://www.infocana.gob.mx/lista_boletines.php?t=1. Consultado el 14 de diciembre de 2015.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>. Consultada el 14 de diciembre de 2015.

ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* JACQ.), EN BASE A AL DÉFICIT HÍDRICO ANUAL.

ESTIMATED PALM OIL YIELD (*Elaeis guineensis* JACQ.), BASED ON ANNUAL WATER DEFICIT.

¹López Hernández O, ¹Juárez López JF, ²Arrieta Rivera A, ³Rivera Hernández B, ¹Aceves Navarro L.A

¹Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N, C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Prolongación Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco, México.

³ Universidad Popular de la Chontalpa. Ingeniería en Agronomía. Carr. Cárdenas-Huimanguillo, km 2.0, R/a Pazo y Playa, C.P.86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: laceves@colpos.mx

RESUMEN

Resultados empíricos y experimentales en los principales países productores de palma de aceite del mundo muestran que sus rendimientos anuales están altamente correlacionados con el déficit hídrico anual. Así, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las fluctuaciones históricas de los rendimientos de palma de aceite bajo condiciones de temporal, en base al déficit hídrico anual en seis localidades del estado de Tabasco donde actualmente se cultiva palma de aceite (tres ubicadas en la región Sierra y las otras tres en la Región de los Ríos). Para ello se utilizaron datos diarios de precipitación y temperatura para las estaciones de Teapa, Jalapa, Macuspana, Balancán, Tenosique y E. Zapata; como localidades representativas de ambas regiones, con registros que fluctuaron entre 20 a 50 años. Con esos datos se determinó el déficit hídrico anual para cada año de registro. Los resultados muestran que el déficit hídrico anual no se comporta como una función Normal, sino como una función Galton (Log-Normal); por lo que se calculó aquel déficit con el 50 % de probabilidad para cada año de cada serie de datos, con esa función probabilística. Los resultados muestran que los rendimientos esperados en los periodos analizados fluctúan entre 12 a 25 t ha⁻¹ y entre 6 a 21 t ha⁻¹ para la Región de la Sierra y de los Ríos respectivamente. Así, el área de la región de la Sierra resultó ser la mejor para el cultivo de palma de aceite que la de los Ríos, con un rendimiento promedio anual de 17.5 t ha⁻¹ superior a las 15.0 t ha⁻¹ de la Región de los Ríos.

Palabras clave: palma de aceite, déficit hídrico anual, precipitación, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se cultivan más de 3 millones de hectáreas de palma de aceite en el trópico húmedo del mundo. México dedica alrededor de 1.5 millones de hectáreas en cultivar oleaginosas para cubrir sus necesidades internas de grasas y aceites. A pesar de lo anterior, México sigue siendo un país deficitario en ese rubro, a un grado tal, que la producción no cubre ni el 50 % de sus necesidades (Ramírez, 1991). La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es un cultivo originario de las regiones tropicales de África que es rico en aceites y lípidos tanto para la alimentación humana como para usos industriales. Es un cultivo que produce en promedio de 3 a 5 t ha⁻¹ de aceite, que es equivale entre 6 a 10 veces más aceite por año que cualquiera de los cultivos de oleaginosas conocidos (soya, coco, cártamo, girasol, cacahuete, ajonjolí, etc.) (Ramírez, 1991).

Tabasco en la mayoría de su superficie posee un clima tropical húmedo y donde actualmente se cultivan más de 12,000 ha de palma de aceite en las regiones de la Sierra y de los Ríos. Los municipios con mayor superficie cultivada son: Balancán, Tenosique y Emiliano Zapata (SIAP, 2014).

Una adecuada disponibilidad de humedad del suelo en forma constante, durante todo el ciclo del cultivo es importante, ya que la palma de aceite crece y fructifica continuamente. Se establece que existe un déficit de humedad, en cierto período de tiempo, cuando la precipitación recibida, no cubre los requerimientos de agua del cultivo, para ese período de tiempo escogido. Ese requerimiento de agua, se hace equivalente al valor de la evapotranspiración potencial o evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET_o). Así, el déficit hídrico se calcula restándole a la precipitación las demandas de agua del cultivo en el periodo escogido. Trabajos realizados por Sparnaaij, (1960) y Sparnaaij *et. al.*, (1963), muestran que existe una relación inversa clara, entre el valor del déficit anual y la producción de palma

de aceite. Por su parte Ochs y Daniel, (1976) al relacionar el déficit hídrico anual con los rendimientos de la palma de aceite para las regiones productoras de Dahomey, Costa de Marfil, Nigeria, Camerún, Liberia, Ghana, Malasia, Indonesia y Colombia, desarrollaron una ecuación de regresión con un alto coeficiente de determinación. Ya que como señalaron (Dufrene *et al.*, 1992), cuando la planta consume cantidades de agua equivalentes a la evapotranspiración potencial, se espera que ocurran las producciones máximas de materia seca. Por eso, cualquier disminución en este consumo, afecta los rendimientos.

Así, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las fluctuaciones históricas del déficit hídrico anual en seis localidades del estado de Tabasco donde actualmente se cultiva palma de aceite (tres ubicadas en la región Sierra y las otras tres en la Región de los Ríos) y con ello estimar y comparar las fluctuaciones en sus rendimientos bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica del área de estudio. Este estudio se realizó en las dos regiones productoras de palma de aceite en Tabasco; La Región de la Sierra y la Región de los Ríos. Se seleccionaron 3 localidades por cada región. Para la Región de la Sierra fueron: Teapa, Jalapa y Macuspana. Para la Región de los Ríos fueron: Balancán, Tenosique y Emiliano Zapata.

Datos climatológicos. Definidas las 6 localidades de estudio, se procedió a obtener datos diarios de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima utilizando la base de datos ERIC III v. 3.2 (IMTA, 2013), la cual facilita la extracción de la información del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Los registros de los datos diarios reportados variaron desde 20 a 50 años en las diferentes localidades selectas. Solo se seleccionaron aquellos años completos en cada serie.

Estimación del déficit hídrico. El déficit hídrico se puede estimar para cualquier intervalo de tiempo, mediante la ecuación (1):

$$DH_i = PPt_i - ET_{0i} \quad (1)$$

Donde:

DH_i = Déficit hídrico del período i, (mm);

PPt_i = Precipitación total en el período i, (mm)

ET_{0i} = Evapotranspiración potencial del período i, (mm)

i = Período de tiempo escogido (semana, quincena, mes, año, etc.).

La suma de los valores negativos de DH en un año, es lo que se conoce como déficit hídrico anual.

En este estudio se determinó primero el déficit mensual y luego el anual, para cada año de registro. Se utilizaron los registros diarios para obtener los valores mensuales y con éstos últimos, los valores anuales tanto de la precipitación como de la evapotranspiración. A la serie de datos resultantes del déficit hídrico anual, se les determinó la prueba de normalidad para decidir o no utilizar la media aritmética como valor promedio con un 50 % de probabilidad.

Estimación de la evapotranspiración potencial o de un cultivo de referencia (ET₀). Para realizar el balance hídrico y determinar el déficit hídrico anual, es necesario estimar el valor de la evapotranspiración potencial (ET₀) mensual. Para realizar este cálculo, se utilizó la ecuación de Hargreaves-Samani (1985) ajustada para Tabasco por Aceves, 2010 (inédito);

$$ET_0 = 0.0021 * \left[(T_{\max} - T_{\min})^{0.50} \right] * (17.8 - T_{\text{med}}) * \left(\frac{R_a}{2.45} \right) \quad (2)$$

Donde:

ET₀ = Evapotranspiración potencial (mm d⁻¹)

T_{med} = Temperatura promedio diaria (°C)

T_{max} = Temperatura máxima diaria (°C)

T_{min} = Temperatura mínima diaria (°C)

R_a = Radiación teórica extraterrestre (MJ m⁻² día⁻¹)

El cálculo de los valores mensuales de R_a (en $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) para el Estado de Tabasco, se realizó utilizando las ecuaciones (3) reportadas por Allen *et al.*, (2006) que se describen a continuación:

$$R_a = \left(\frac{24 \cdot 60}{\pi} \right) * [G_{sc} * d_r] * [(\omega_s * \sin \delta * \sin \varphi) + (\cos \delta * \cos \varphi * \sin \omega_s)] \quad (3a)$$

Donde, G_{sc} es la constante solar que tiene un valor promedio de $0.082 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$, d_r es la distancia relativa inversa Tierra-Sol, ω_s es el ángulo de radiación a la puesta del sol (en radianes), δ es la declinación solar (en radianes), φ es la latitud del lugar (en radianes) y J es el número del día en el año (día Juliano) a mediados de cada mes.

$$d_r = 1 + 0.033 * \cos \left(\frac{2\pi}{365} * J \right) \quad (3b)$$

$$\omega_s = \cos^{-1} [-\tan \delta * \tan \varphi] \quad (3c)$$

$$\delta = 0.409 * \sin \left[\frac{2\pi}{365} * J - 1.39 \right] \quad (3d)$$

Estimación del rendimiento en base al déficit hídrico anual. El cálculo del rendimiento de palma de aceite se realizó utilizando la relación desarrollada por Ochs y Daniel, (1976) con datos de los principales países productores de éste cultivo en el mundo. La ecuación resultante es la siguiente:

$$Y = 25.1224 * \text{Exp}(-0.0016739 * X) \quad (R^2 = 0.998) \quad (4)$$

Donde:

Y = Rendimiento (t ha^{-1}).

X = Déficit hídrico anual (mm)

Cabe señalar que esta ecuación desarrollada a partir de los resultados reportados por Ochs y Daniel (1976), es válida para déficits hídricos promedio anuales entre 150 a 550 mm. Para situaciones extremas, (regiones muy secas o muy húmedas) no se recomienda su aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución probabilística del déficit hídrico anual. Al realizar la prueba de normalidad resultó que los datos del déficit hídrico anual de todas las estaciones selectas no se distribuyen normalmente; sino que se distribuyen como una función Galton (Log-Normal). De allí que se calculó aquel valor con el 50 % de probabilidad para cada año de cada serie de datos, con esa función probabilística.

Rendimiento de palma de aceite. Los resultados del cálculo de los rendimientos de cada año en base al déficit hídrico anual para las seis estaciones selectas se muestran en las Figuras 1, 2, 3, 4, 5, y 6.

En las Figura 1 a la 6, se muestra lo variable que son los rendimientos año con año y que son irrepetibles. Asimismo, como los rendimientos calculados están en función del déficit hídrico anual, implica que en años secos se debe esperar bajos rendimientos y lo contrario deberá esperarse en años húmedos.

Es importante señalar que cuando se habla de rendimientos promedio, éstos solo son un indicador de la tendencia general de esos rendimientos en el tiempo, ya que ese valor no representa a ningún año en particular.

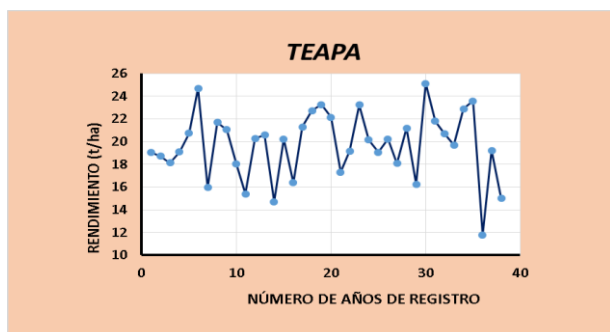


Figura 1. Rendimiento de palma de aceite en el área de influencia de Teapa, en la región de la Sierra.

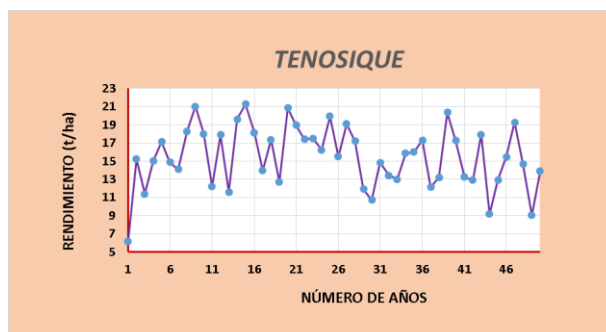


Figura 2. Rendimiento de palma de aceite en el área de influencia de Tenosique, en la región de los Ríos.

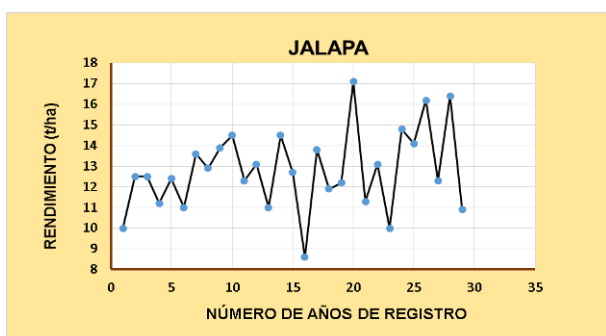


Figura 3. Rendimiento de palma de aceite en el área de influencia de Jalapa, en la región de la Sierra.

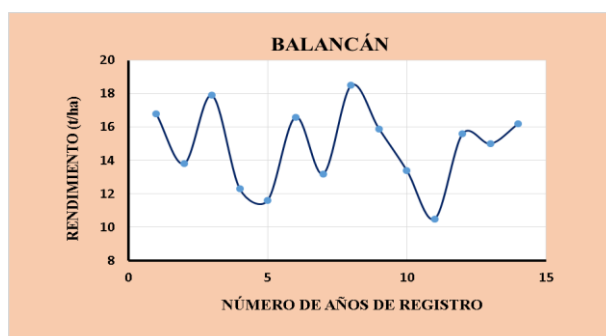


Figura 4. Rendimiento de palma de aceite en el área de influencia de Balancán, en la región de los Ríos.

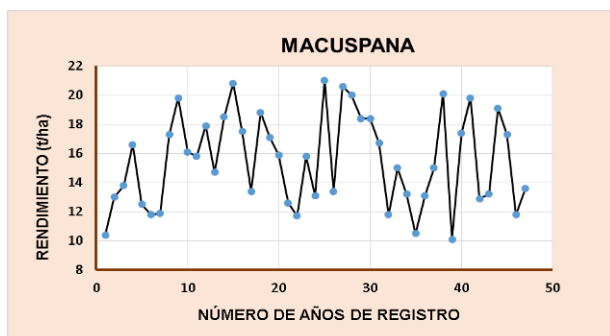


Figura 5. Rendimiento de palma de aceite en el área de influencia de Macuspana, en la región de los Ríos.

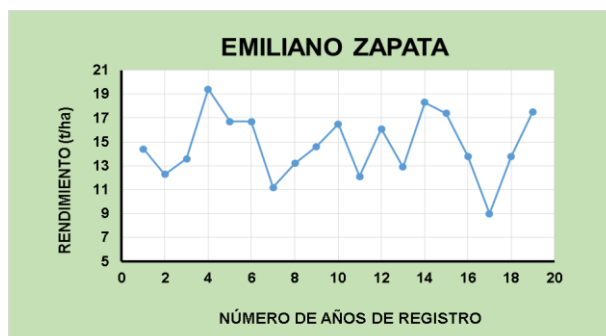


Figura 6. Rendimiento de palma de aceite en el área de influencia de Emiliano Zapata, en la región de la Sierra.

Se observa en la Figura 1 que en el área de influencia de la estación meteorológica de Teapa, los rendimientos de palma de aceite bajo condiciones de temporal, fluctúan entre casi 12 t ha⁻¹ hasta más de 25 t ha⁻¹ con un valor medio de 19.8 t ha⁻¹. En la Figura 2, se observa que en el área de influencia de la estación meteorológica de Tenosique, los rendimientos de palma de aceite bajo condiciones de temporal, fluctuaron entre casi 6 t ha⁻¹ hasta más de 21 t ha⁻¹ con un valor medio de 15.5 t ha⁻¹. En el siguiente Cuadro 1, se muestran los rendimientos máximos, mínimos y promedios estimados de palma de aceite en función del déficit hídrico anual, en las seis localidades selectas. Asimismo, se muestra la oscilación del rendimiento durante el periodo de tiempo analizado.

Cuadro 1. Rendimiento anual máximo, mínimo, oscilación del rendimiento y rendimiento promedio en palma de aceite para Teapa, Tenosique, Jalapa y Balancán, Tabasco.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	RENDIMIENTO MÁXIMO (t ha ⁻¹)	RENDIMIENTO MÍNIMO (t ha ⁻¹)	OSCILACIÓN DEL RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO PROMEDIO (t ha ⁻¹)
Teapa	25.1	11.8	212.7	19.8
Jalapa	17.1	8.6	198.8	12.8
Macuspana	20.8	10.4	200.0	15.5
Balancán	18.5	10.5	176.2	14.8
Tenosique	21.0	6.2	338.7	15.5
Emiliano Zapata	19.4	9.0	215.6	14.7

Como se puede apreciar en el Cuadro 1, Balancán es donde menos varían los rendimientos en el tiempo y Tenosique donde más fluctúan. Asimismo, se observa que Teapa es la que presenta el mayor rendimiento promedio y Jalapa el menor. Se muestra también que, los rendimientos promedios en la Región de los Ríos son muy parecidos, con un valor alrededor de las 15 t ha⁻¹. En cambio, en la Región de la Sierra hay fuertes variaciones en los rendimientos que van desde casi las 20 t ha⁻¹ en Teapa, hasta las casi 13 t ha⁻¹ en Jalapa.

De manera general se puede concluir que la Región de la Sierra resultó mejor para la producción de palma de aceite bajo condiciones de temporal, que la Región de las Ríos. Derivado de los resultados del Cuadro 1, se puede señalar que si se reduce el déficit hídrico mediante la aplicación de riego de auxilio en la Región de los Ríos, los rendimientos promedio pueden incrementarse desde un 76 % en Balancán hasta un 238 % en Tenosique. De igual manera, si se introduce el riego de auxilio en la Región de la Sierra, los rendimientos promedios se pueden incrementar aproximadamente en un 100 %. Ya que al reducir el déficit hídrico se incrementan los rendimientos.

Es importante señalar que los resultados que se muestran en las Figuras 1 a la 6, son tomando en cuenta exclusivamente el punto de vista climático. Para determinar las áreas con el mayor potencial productivo para cultivar palma de aceite, que incluyan el factor edáfico, se sugiere consultar el mapa reportado por Aceves *et al.*, (2008) que muestra la ubicación de las áreas con el mayor potencial edafoclimático para cultivar palma de aceite en el estado de Tabasco.

CONCLUSIONES

Los déficit hídricos anuales en todos los casos estudiados, no se distribuyen de manera Normal, sino que se distribuyen de acuerdo a la función probabilística de Galton (Log-Normal).

La Región de la Sierra resultó ser mejor para el cultivo de la palma de aceite, pues presenta los mayores rendimientos promedio anuales en comparación con la Región de los Ríos. En el área de influencia de la estación de Teapa el rendimiento promedio anual fue superior que el resto de las estaciones selectas con un rendimiento de 19.8 t ha⁻¹. En el resto de las localidades bajo estudio, el déficit hídrico (falta de precipitación) es una limitante para el cultivo de palma de aceite. Una estabilización de los rendimientos año con año e incremento en los mismos se puede lograr con la introducción del riego de auxilio en los periodos secos del año.

LITERATURA CITADA

- Aceves NLA, Juárez LJF, Palma LDJ, López LR, Rivera HB, Rincón RJA, Morales CR. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en el estado de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco – SAGARPA – Colegio de Postgraduados – INIFAP. 34 pp.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo – Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No. 56. FAO, Rome. 322 p.
- Dufrene, E., Dubos, B., Rey, H., Quencez, P. and B. Saugier. 1992. Changes in evapotranspiration from an oil palm stand (*Elaeis guineensis* Jacq.) exposed to seasonal water deficits. *Acta Ecologica*, 13: 299 - 314.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.

- IMTA. 2013. Instituto Mexicano del Agua. 2013. ERIC III: Extractor Rápido de Información Climatológica v.3.2. CD, p. 28, 2013.
- Ochs, R. and C. Daniel. 1976. Research on techniques adapted to dry regions. In: Developments in Crop Science 1. Oil Palm Research. Edited by Corley, R. H. V., Hardon, J. J. and B. J. Wood. Elsevier Pub. Co. Amsterdam, The Netherlands. pags. 183 - 213.
- Ramírez, Z. R. 1991. La Palma Africana; Una Alternativa para el Trópico Húmedo. INIFAP, Folleto Misceláneo 1, Centro de Investigación Forestal y Agropecuario de Chiapas. Campo Experimental Costa de Chiapas. 51 p.
- Ruiz-Álvarez O, R Arteaga-Ramírez, MA Vázquez-Peña, RE Ontiveros-Capurata, R López-López. 2012. Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 28(1): 1 – 14.
- Sparnaaij, L. D. 1960. The analysis of bunch production in the oil palm. West. Afr. Inst. Oil Palm Res. 3: 109 - 180.
- Sparnaaij, L. D., Rees, A. R. and L. C. Chapas. 1963. Annual yield variation in the oil palm. West. Afr. Inst. Oil Palm Res. 4: 111 - 125.

Referencias informáticas

- SIAP, 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 13 de octubre de 2015.

ECUACIONES GENERALIZADAS DE ALTURA-DIÁMETRO PARA RODALES DE *Abies religiosa* (KUNTH SCHLTDL. ET CHAM.) EN TANCÍTARO, MICHOACÁN, MÉXICO.

HEIGHT-DIAMETER GENERALIZED EQUATIONS FOR *Abies religiosa* STANDS IN TANCÍTARO, MICHOACAN, MEXICO.

¹García-Cuevas Xavier, ³González-Peralta A., ¹Hernández-Ramos Jonathan, ²García-Magaña J.J.

¹INIFAP-Campo Experimental Chetumal. ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

³Prestador de Servicios Técnicos Profesionales.

Autor para correspondencia: xavier_garciacuevas@yahoo.com.mx

RESUMEN

Abies religiosa es una conífera de importancia económica y ecológica con restringida distribución y abundancia. El objetivo de este estudio, fue ajustar ecuaciones generalizadas de altura-diámetro para rodales de *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham.) en Tancítaro, Michoacán, México. La información, se obtuvo de 71 sitios de muestreo de 500 m², evaluando un total de 1,716 árboles. El ajuste de los parámetros de las ecuaciones, se realizó mediante métodos iterativos utilizando el procedimiento MODEL y la técnica SUR del paquete estadístico SAS (*Statistical Analysis System*). La selección de las dos mejores ecuaciones, se realizó con base en el cuadrado medio del error ($CME=4.8558$ y 4.9373), Pseudo coeficiente de determinación ($Pseudo R^2=0.9320$ y 0.9308), Coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{adj}=0.9319$ y 0.9308) y nivel de significancia de los estimadores (0.0001 ambos). La normalidad se determinó con la prueba de Shapiro-Wilk ($SW=0.99$ ambos) y la autocorrelación con el indicador de Durbin-Watson ($DW=1.23$ y 1.17). De las 13 ecuaciones, la ecuación de Harrison *et al.* (1985), de tres parámetros, fue mejor, seguida de la ecuación de Monnes, 1982 (Modificado 2016) de dos parámetros, ya que presentó los mejores indicadores de ajuste y mejor capacidad predictiva. El sesgo para ambas fue de -0.045 y 0.017.

Palabras clave: Modelos, ajustes, no lineales, generalización. Rodales.

INTRODUCCIÓN

La altura total de los árboles, es una variable indispensable para modelar el crecimiento y la producción de las masas forestales (López *et al.*, 2001; Barrio *et al.*, 2004; Juárez *et al.*, 2006; Juárez *et al.*, 2007). La medición de la altura total de árboles en pie, es una actividad costosa en términos de tiempo y recursos (Zhang *et al.*, 1997), por el contrario, la medición del diámetro normal, es relativamente sencilla, precisa y menos costosa. Por lo anterior, en los inventarios forestales el diámetro se mide en todos los árboles muestreados, mientras que las alturas se miden en una submuestra en forma aleatoria o por categorías diamétricas (Zambrano *et al.*, 2001; López *et al.*, 2003; Barrio *et al.*, 2004; Juárez *et al.*, 2006; Pece *et al.*, 2006; Juárez *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2013). Consecuentemente, a partir de una muestra se desarrollan modelos estadísticos que relacionan ambas variables (Zambrano *et al.*, 2001; López *et al.*, 2003; Calamas, 2004; Canga *et al.*, 2007).

La relación altura-diámetro, es un requerimiento básico en el manejo forestal (Huang *et al.*, 1992) ya que permite la obtención de las variables de entrada necesarias para el cálculo del volumen individual de los árboles, la altura total de la masa, índices de competencia, índice de sitio, coeficiente de esbeltez, entre otros (Huang *et al.*, 1992; Calamas, 2004; Juárez *et al.*, 2006; Juárez *et al.*, 2007). La relación altura-diámetro, se realiza a través del ajuste de numerosas funciones lineales y no lineales. Sin embargo, esta relación varía de una masa a otra, lo cual genera que una única ecuación no se ajuste a todas las condiciones. Por lo tanto, dicha relación deberá de realizarse en forma individual para cada rodal y rango de edad, esto implica disponer de una gran cantidad de datos y resulta ser costoso (López *et al.*, 2003; Barrio *et al.*, 2004; Diéguez, *et al.*, 2005).

Para solventar lo anterior, se recomienda emplear una relación altura-diámetro generalizada para predecir la altura de cada árbol utilizando variables como el diámetro normal y una o más variables independientes que caracterizan a las masas, tales como: la altura media, la altura dominante, el diámetro cuadrático, el diámetro dominante, el área basal por unidad de superficie, densidad, entre otros (Gadow *et al.*, 2001; López *et al.*, 2003; Barrio *et al.*, 2004; Diéguez, *et al.*, 2005; Canga *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2013).

Estas variables, ostentan características inherentes a todas las regresiones posibles de altura locales que representan a cada parcela o rodal individual con características particulares. De esta forma, una única ecuación permite estimar con un alto grado de precisión la altura de cualquier árbol que pertenezca a un rodal dentro del ámbito de aplicación del modelo (Barrio *et al.*, 2004). Por lo anterior, el objetivo fue ajustar ecuaciones generalizadas de altura-diámetro para rodales de *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham.) en Tancítaro, Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Área se encuentra dentro de la zona de Protección de Flora y Fauna (APFF) Pico de Tancítaro, en el estado de Michoacán, en los municipios de Tancítaro, Peribán, Uruapan y Nuevo Parangaricutiro, presenta un rango altitudinal entre 2,200 y 3,850 msnm y cuenta con una superficie de 23405-92-09.55 ha. Las coordenadas extremas del APFF son 19°31'09.83"– 19°20'30.61" L.N. y 102°13'14.34" a 102°24'07.42" L.W, en la Provincia Eje Neovolcánico, de la Subprovincia Neovolcánica Tarasca (X9) y Estrato Volcán (S1) (CONANP, 2008).

El clima predominante es del tipo C(m)(w), templado sub-húmedo con un verano cálido subhúmedo con abundantes lluvias. Precipitación media anual de 1000-1200 mm y temperatura media anual de 10-12 °C (García, 1964). La unidad dominante de suelo es Andosol ócrico y presenta textura gruesa (To+1), sustentan vegetación de bosque de pino, abeto y encino principalmente (INEGI, 1985).

En una superficie de 110 ha se levantó el inventario forestal, en el cual se midió arbolado de 2.5 cm de diámetro normal (d) en adelante (El diámetro normal se tomó a la altura de 1.30 m), se levantaron 68 sitios de muestreo de forma circular (500 m²) distribuidos en forma sistemática a 100 m entre sitios y 100 m entre líneas de muestreo. Se registraron las siguientes variables: número de sitio, especie, número de árbol, diámetro normal (d), altura total (h), condición, daños y dominancia. El volumen de los árboles se estimó con apoyo de una ecuación de volumen que se utiliza para la región. Por otra parte, se estimaron variables de las masas, tales como: diámetro cuadrático (Dq), diámetro dominante (d_o), altura media (h_m), altura dominante (H_o), número de árboles por hectárea (N), área basal por hectárea (G) y volumen por hectárea (V).

De acuerdo con los resultados de otros estudios desarrollados por: López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2003; Diéguez *et al.*, 2005; Trincado y Leal, 2006, se seleccionaron 12 modelos no lineales generalizados para su ajuste. Además, el modelo 8 fue modificado para que la totalidad de sus coeficientes fueran estimados (Hernández *et al.*, 2015) (Cuadro 1).

Para el ajuste de los parámetros de las ecuaciones, se utilizó el procedimiento MODEL y la técnica SUR (Ecuaciones aparentemente no relacionadas) del paquete estadístico SAS (*Statistical Analysis System*, 1992). Los valores iniciales de los parámetros, se asignaron con base en los resultados obtenidos para otras especies (López *et al.*, 2001; López *et al.*, 2003; Diéguez *et al.*, 2005; Trincado y Leal, 2006). La selección de las mejores ecuaciones, se realizó con base en la bondad de ajuste del cuadrado medio del error (CME), Pseudo coeficiente de determinación (R^2) y Coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}). Para verificar el cumplimiento de los supuestos de la regresión de normalidad y autocorrelación, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk y Durbin-Watson, respectivamente (SAS, 1992).

En cuanto a las medidas de precisión de las predicciones realizadas en cada una de las ecuaciones seleccionadas, se estimó el sesgo ($\bar{E}$) el cual, evaluó la desviación del modelo con respecto a los valores observados y la diferencia agregada (Da).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis gráfico de los registros de altura total y diámetro normal, demostró una adecuada distribución de los datos y una representatividad de las clases diamétricas y de altura posibles para los rodales de *A. religiosa* (Figura 1). Por otro lado, en la dispersión de los datos se observó una forma cóncava sin un punto de inflexión aparente situación que coincide con lo reportado por Trincado y Leal (2006).

El análisis de varianza, confirmó que los modelos 5 y 6 resultaron estadísticamente más estables para la predicción de la variable "altura total" en función de los parámetros del rodal: diámetro normal (d), diámetro cuadrático (Dq), altura media dominante (H_o) y altura media (H_m) (Cuadro 1).

El nivel de significancia de los modelos ($\alpha = <0.0001$) respalda que estos, son válidos para la predicción de la variable "altura total" en función de variables individuales y a nivel de rodal. Para el ajuste de las regresiones, se utilizó el método de mínimos cuadrados y, en consecuencia, al minimizar el cuadrado medio del error para los modelos 5 y 6, se observaron valores bajos en los indicadores de ajuste y una mayor explicación de la variabilidad de los datos observados (Cuadro 2).

Cuadro 1. Modelos generalizados de altura-diámetro analizados en este estudio.

Autor	Modelo	Identificador
Gadow y Hui, 1999	$h = 1.3 + \left(H_m^{-1.3}\right) e^{\beta_0 \left(1 - \frac{d}{Dq}\right) + \beta_1 \left(\frac{d}{Dq} - \frac{1}{d}\right)}$	[1]
Mirkovich, 1958	$h = 1.3 + \beta_0 + \beta_1 H_0 + \beta_2 Dq e^{\beta_3 / d}$	[2]
Hui y Gadow, 1993	$h = 1.3 + \beta_0 H_0^{\beta_1} d^{\beta_2} H_0^{\beta_3}$	[3]
Wang y Tang, 2002	$h = 1.3 + \beta_0 H_0^{\beta_1} e^{-\beta_2 / d}$	[4]
Monnes, 1982 (Modificado 2016)	$h = 1.3 + \beta_0 \left(\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right) + \left(\frac{1}{H_0 - 1.3} \right)^{\beta_1} \right)^{\beta_2}$	[5]
Harrison <i>et al.</i> , 1985	$h = H_0 \left(1 + \beta_0 e^{\beta_1 H_0} \right)^{\left(\frac{-\beta_2 d}{1 - e^{\frac{H_0}{H_0}}}} \right)$	[6]
Cañadas <i>et al.</i> , 1999	$h = 1.3 + \left(\beta_0 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right) + \left(\frac{1}{H_0 - 1.3} \right)^{1/2} \right)^{-2}$	[7]
Monnes, 1982	$h = 1.3 + \left(\beta_0 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right) + \left(\frac{1}{H_0 - 1.3} \right)^{1/3} \right)^{-3}$	[8]
Cañadas <i>et al.</i> , 1999	$h = 1.3 + \frac{d}{\frac{d_0}{H_0 - 1.3} + \beta_0 (d_0 - d)}$	[9]
Cañadas <i>et al.</i> , 1999	$h = 1.3 + \left(H_0 - 1.3 \right) \frac{1 - e^{\beta_0 d}}{1 - e^{\beta_0 d_0}}$	[10]
Gaffrey, 1988 (Modificado)	$h = 1.3 + \left(h_0 - 1.3 \right) e^{\beta_0 \left(1 - \frac{d_0}{d} \right) + \beta_1 \left(\frac{1}{d_0} - \frac{1}{d} \right)}$	[11]
Nilson, 1999 (Modificado)	$h = \frac{H_0}{1 - \beta_0 \left(1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^{\beta_1} \right)}$	[12]
Cañadas <i>et al.</i> , 1999	$h = 1.3 + \left(h_0 - 1.3 \right) \left(\frac{d}{d_0} \right)^{\beta_0}$	[13]

Dónde: d = Diámetro normal; d₀ = Diámetro dominante; Dq = Diámetro cuadrático; H₀ = Altura dominante; N = Número de árboles por hectárea; β's = Parámetros estimados.

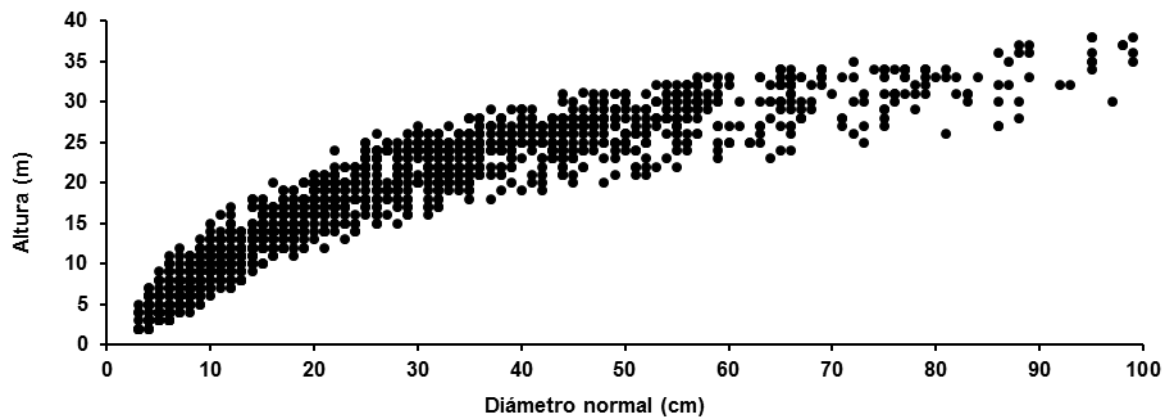


Figura 1. Dispersión de datos observados para pares de datos altura-diámetro normal para *A. religiosa* en la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Cuadro 2. Valores de los parámetros estimados y sus estadísticos de bondad de ajuste para los modelos analizados para *A. religiosa* en la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Modelo	SCE	CME	RCME	R ²	R ² aju	DW	Parámetro	Estimación	Eea	Valor t	Pr > t	SW	Prob.
1	32537.4	18.7752	4.333	0.7359	0.7357	1.2556	B ₀	-0.47148	0.0119	-39.69	<.0001	0.96	0.0001
							B ₁	0.022888	0.00601	3.81	0.0001		
2	9192.9	5.3728	2.3179	0.9248	0.9246	1.3209	B ₀	19.2172	0.9074	21.18	<.0001	0.99	0.01
							B ₁	0.430491	0.0323	13.33	<.0001		
							B ₂	0.029367	0.0133	2.2	0.0278		
							B ₃	-14.4815	0.164	-88.29	<.0001		
3	13003.7	7.5956	2.756	0.8937	0.8935	1.093	B ₀	0.23546	0.1415	1.66	0.0962	0.99	0.0001
							B ₁	0.695894	0.1732	4.02	<.0001		
							B ₂	1.048833	0.2994	3.5	0.0005		
							B ₃	-0.17136	0.0822	-2.09	0.0371		
4	9197.6	5.3693	2.3172	0.9248	0.9247	1.323	B ₀	7.607845	0.6841	11.12	<.0001	0.99	0.005
							B ₁	0.434332	0.0255	17.06	<.0001		
							B ₂	-14.5911	0.1571	-92.86	<.0001		
5	8457.6	4.9373	2.222	0.9308	0.9308	1.1783	B ₀	1.628382	0.0677	24.05	<.0001	0.99	0.0001
							B ₁	0.601341	0.0333	18.08	<.0001		
							B ₂	-1.63323	0.0892	-18.31	<.0001		
6	8318	4.8558	2.2036	0.932	0.9319	1.2386	B ₀	4.746171	4.0905	1.16	0.2461	0.99	0.0001
							B ₁	-0.17827	0.0373	-4.78	<.0001		
							B ₂	1.157041	0.0136	85.2	<.0001		
7	10008	5.8356	2.4157	0.9182	0.9182	1.2078	B ₀	2.05278	0.0178	115.05	<.0001	0.98	0.0001
8	10850.4	6.3268	2.5153	0.9113	0.9113	1.1832	B ₀	2.226872	0.0194	114.7	<.0001	0.98	0.0001
9	24036.1	14.0152	3.7437	0.8034	0.8034	0.9899	B ₀	0.092434	0.00171	54.06	<.0001	0.97	0.0001
10	10819.9	6.309	2.5118	0.9115	0.9115	1.0889	B ₀	-0.02662	0.00031	-86.02	<.0001	0.99	0.0001
11	14793	8.6307	2.9378	0.879	0.879	1.1076	B ₀	0.018936	0.00841	2.25	0.0245	0.98	0.0001
							B ₁	16.41344	0.6603	24.86	<.0001		
12	12951.5	7.5563	2.7489	0.8941	0.894	0.8682	B ₀	0.462841	0.0233	19.88	<.0001	0.98	0.0001
							B ₁	0.856418	0.0248	34.55	<.0001		
13	14853.6	8.661	2.943	0.8785	0.8785	0.9286	B ₀	0.561786	0.00441	127.3	<.0001	0.98	0.0001

Los valores del Coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) para los modelos 5 y 6 fueron 0.9308 y 0.9319, respectivamente. Estos valores permitieron corroborar la bondad de ajuste de los modelos, los cuales registraron valores altos (Cuadro 1). La prueba de Shapiro-Wilk ($Pr < W = 0.0001$) mostró valores cercanos a 1 (W : Normal = 0.99 y 0.992) lo cual, sustenta una distribución de normalidad de los residuales. Mientras que el test de DW muestra autocorrelación de los errores debido a los valores por debajo de 1.5, situación que podría ser atribuible a la naturaleza de los datos o bien a lo mencionado por Fuentes (2001a y 2001b) donde los errores del modelo están dados por variables no incluidas dentro del mismo, pero que afectan directamente a una de sus variables independientes.

Las ecuaciones generalizadas que mejor ajuste observaron, fueron las siguientes con sus respectivas expresiones:

$$\text{Modelo 5: } h = 1.3 + 1.628382 \left(\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right) \left(\frac{1}{H_0 - 1.3} \right)^{0.601341} \right)^{-1.63323} \quad \text{y Modelo 6: } h = H_0 \left(1 + 4.74617 e^{-0.17827 H_0} \right) \left(1 - e^{\frac{-1.15704 H}{H_0}} \right)$$

Donde; h es la altura total (m), d es el diámetro normal (cm), D_0 es el diámetro mínimo (cm), H_0 es la altura dominante y e es la base de los logaritmos neperianos.

Por otra parte, estas son ecuaciones sencillas y fáciles de usar ya que las variables son estimadas a partir de datos de inventarios forestales, por lo que, se deduce que la altura total de los árboles de *Abies religiosa* en la región de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, se puede estimar en función de variables fáciles de obtener a partir de datos de inventarios forestales.

En relación con las medidas de precisión de las estimaciones de las ecuaciones seleccionadas para los datos de ajuste como para los datos de validación, se observa que la ecuación 5 presentó los menores valores de sesgo ($\bar{E} = 0.017$) y de la diferencia agregada ($Da = 0.093$), por lo que subestima el valor predicho de árboles individuales en 0.017 m y presenta una diferencia agregada para todos los datos de 0.093. Mientras que en la ecuación 6, se tienen un sesgo mayor ($\bar{E} = -0.045$) y mayor diferencia agregada ($Da = -0.249$), por lo que sobrestima los valores predichos en 0.045 m. Estos resultados, concuerda con los obtenidos por López *et al.*, (2003) para *Pinus radiata*; Barrio *et al.*, (2004) para *Quercus robur*; y Gómez *et al.*, (2013) para *Quercus robur*., en donde se subestima o sobrestima en las predicciones.

En la Figura 2a y 2b se observa la fidelidad con la que las ecuaciones describen a los datos estimados en relación a los observados y por lo tanto la ecuación 6 en la Figura 2b es la que se considera mejor.

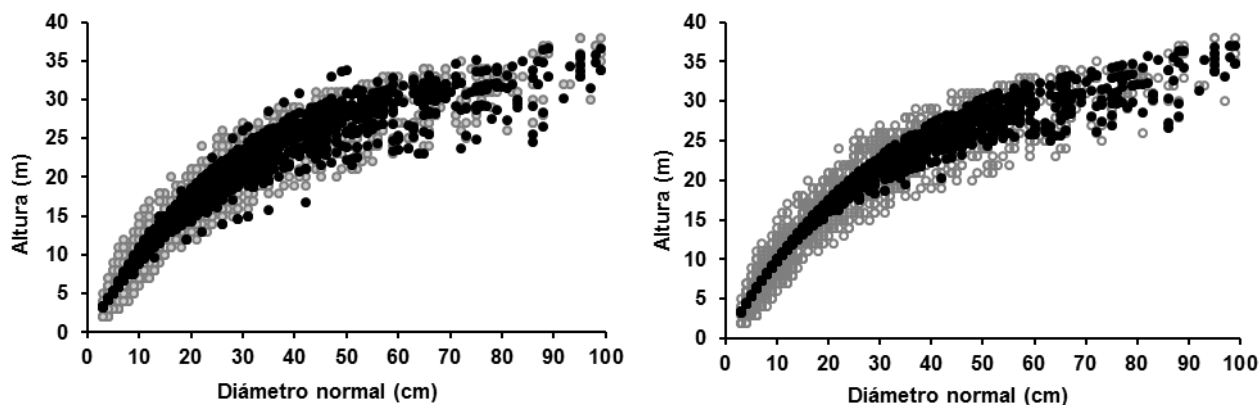


Figura 2. Comparación gráfica de valores reales y valores estimados con los modelos 5 y 6 para *A. religiosa* en la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

CONCLUSIONES

La relación altura-diámetro, se pudo estimar en función a variables independientes fáciles de obtener a partir de datos de inventarios forestales, como la altura media, altura dominante, diámetro cuadrático y diámetro normal, obteniendo predicciones aceptables.

La ecuación de Harrison *et al.* (1985), de tres parámetros, fue mejor que la ecuación de Monnes, 1982 (Modificado 2016) de dos parámetros, ya que presentó los mejores indicadores de bondad de ajuste y mejor capacidad predictiva. Sin embargo, se recomienda un análisis bajo el enfoque de efectos mixtos para observar más a detalle la presencia de autocorrelación en los modelos de este tipo.

Aun cuando las ecuaciones dependen de al menos de dos variables inherentes a los rodales, todas ellas son fáciles de obtener a partir de los datos de inventarios forestales. El uso de cualquiera de los modelos seleccionados dependerá de la facilidad para obtener las variables independientes utilizadas.

Las ecuaciones pueden ser utilizadas para predecir alturas de árboles en dimensiones máximas de 100 cm de diámetro y 40 m de altura.

LITERATURA CITADA

- Barrio, A. M., J. G. Álvarez G., I. J. Díaz M. y C. A. López S. 2004. Relación altura diámetro generalizada para *Quercus robur* L. en Galicia. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 18:141-146.
- Calama, S. R. A. 2004. Modelo interregional de selvicultura para *Pinus pinea* L. Aproximación mediante funciones de componentes aleatorios. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid, España. 307 p.
- Canga, L. E., E. Afif K., J. Gargoso V. y A. Cámara O. 2007. Relación altura-diámetro generalizada para *Pinus radiata* D. Don en Asturias (Norte de España). *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 23: 153-158.
- Cañadas, N., C. García y G. Montero. 1999. Relación altura-diámetro para *Pinus pinea* L. en el Sistema Central. Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes, Santiago de Compostela, 4-9 octubre. Tomo I, pp. 139-153.
- Diéguez-Aranda, U., M. Barrio-Anta, F. Castedo-Dorado y J. G. y Álvarez-González. 2005. Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España. *Invest Agrar: Sist Recur For* 14(2):229-241.
- Fuentes E. D., J. J. Troncoso y C. A. Bonilla. 2001a. Operaciones forestales y concentración de sedimentos en cauces naturales I: Formulación de un modelo matemático. *Bosques* 22: 15-24.
- Fuentes E. D., J. J. Troncoso y C. A. Bonilla. 2001b. Operaciones forestales y concentración de sedimentos en cauces naturales II: Análisis de sensibilidad y comparación con otros modelos. *Bosques* 22: 25-27
- Gadow K y G Hui. 1999. Modeling forest development. Kluwer Academic Publishers. 228 p.
- Gadow, K. V., P. Real y J. G. Álvarez. 2001. Modelización del crecimiento y la evolución de los bosques. IUFRO World Series12: Viena, Austria. 242 p.
- Gaffrey, D. 1988. Forstamts-und bestandesindividuelles Sortimentierungsprogramm als Mittel zur Planung, Aushaltung und Simulation. Diplomarbeit Forsliche Fakultät, Univ. Göttingen, Germany. 86 p.

- García E. 1968. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koëpen (Para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F. 252 p.
- Gómez-García, E., F. Crecente-Campo, F. Pérez-Rodríguez y U. Diéguez-Aranda. 2013. Relación altura-diámetro generalizada para rodales regulares de *Quercus robur* L. en Galicia In: 6º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria Gasteiz, España. ISBN 978-84-937964-9-5. 10 p.
- Harrison, W. C., T.E. Burk and D.E. Beck. 1986. Individual tree basal area increment and total height equations for Appalachian mixed hardwoods after thinning. *South. J. Appl. For.* 10:99–104.
- Hernández, R. J., X. García C., A. Hernández R., J. J. García M., H. J. Muñoz F., C. Flores L. y G. G. García E. 2015. Ecuaciones altura-diámetro generalizadas para *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en el estado de Hidalgo. *Rev. Mex. Cien. For.* 6(31): 8-21.
- Huang, S., S.J. Titus and D.P. Wiens. 1992. Comparison of nonlinear height-diameter function for major Alberta tree species. *Can. J. For. Res.* 24: 1295-1301.
- Hui, G. y K. V. Gadow. 1993. Zur Entwicklung von Einheitshohenkurven am Beispiel der Baumart *Cunninghamia lanceolata*. *Allgemeine Forst – und Jagdzeitung* 164(12):218-220.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Síntesis geográfica del estado de Michoacán. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, DF.
- Juárez, G. M., M. G. Pece, C. Gaillard B., J. Sanguedolce, V. Mariot y R. Mazzuco. 2006. Ecuaciones altura-diámetro para *Ziziphus mistol*, Griseb., en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho* 13:36-43.
- Juárez, G. M., M. G. Pece, C. Gaillard B., J. Sanguedolce y V. Mariot. 2007. Ecuaciones altura-diámetro en *Prosopis nigra* (Griseb) Hieron (Algarrobo negro) en Santiago del Estero, Argentina. *Foresta Veracruzana* 9(1):9-14.
- López, C. A., J. J. Gorgoso y F. Castedo. 2001. Comparación de modelos altura-diámetro generalizados para *Pinus radiata* D. Don en Galicia. In: III Congreso Forestal Español. Dep. de Enxeñaría Agroforestal. Escola Politécnica Superior de Lugo. Campus Universitario s/n. 27002, Lugo. Universidad de Santiago de Compostela. España. 585-591 pp.
- López, S. C. A., J. Gorgoso V., F. Castedo D., A. Rojo A., R. Rodríguez S., J. G. Álvarez G. y F. Sánchez R. 2003. A height-diameter model for *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). *Ann. For. Sci.* 60:237–245.
- Mirkovich, J. L. 1958. Normale visinske krive za chrast kitnak i bukvu v NR Srbiji. Zagreb. Glasnik sumarskog fakulteta. 13 p,
- Mønness, E. N. 1982. Diameter distributions and height curves in even-aged stands of *Pinus sylvestris* L. *Medd. No. Inst. Skogforsk* 36:1-43.
- Nilson, A. 1999. Pidev metsakorraldus - mis see on. Pidev metsakorraldus. EPMU Metsadusteaduskonna toimetised. 32: 4-13.
- Pece, M. G., C. Benítez, M. Juárez, V. Mariot, J. Sanguedolce y O. Pranzoni. 2006. Modelación de la altura total para quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*). *Foresta Veracruzana* 8(1):1-7.
- SAS Institute INC. 1992. SAS/STAT User Guide. Release 6.03 Edition. Cary, NC. USA 1028 p.
- Trincado, G. y C. Leal D. 2006. Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para pino radiata (*Pinus radiata*). *Bosque* 27(1): 23-34.
- Wang, M. and S. Tang. 2002. Research on universal height-diameter curves. Reality, models and parameter estimation- the forestry scenario. *Sesimbra*. Portugal (2-5 de junio de 2002).
- Zambrano, T., M. Suárez y M. Jerez. 2001. Evaluación de la efectividad del ajuste de algunos modelos de regresión utilizados para estimar la relación altura-diámetro en parcelas permanentes de rendimiento y aclareo en teca (*Tectona grandis* Linn). *Rev. Forest. Venez.* 45(2):163-173.
- Zhang S.A., Burkhart H.E., Amateis R.L. 1997. The influence of thinning on tree height and diameter relationships in loblolly pine plantations, *South. J. Appl. For.* 21 (1997) 199–205.

MODELOS DE EFECTOS MIXTOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE SITIO DE PLANTACIONES DE *Swietenia macrophylla* KING. EN QUINTANA ROO, MÉXICO

MIXED-EFFECTS MODELS TO DETERMINE SITE INDEX FOR *Swietenia macrophylla* KING. PLANTATIONS IN QUINTANA ROO, MÉXICO.

¹García-Cuevas X, ¹Hernández-Ramos J, ¹Tamarit-Urías J.C., ²García Magaña J.J. y ¹Quiñonez-Barraza G.

¹INIFAP-Campo Experimental Chetumal. ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)

Autor para correspondencia: xavier_garciacuevas@yahoo.com.mx

RESUMEN

En el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC), conocer la capacidad productiva del sitio es fundamental en el éxito de las mismas. Las familias de curvas de Índice de Sitio (IS) sirven para clasificar los terrenos en función de su capacidad productiva para una especie forestal. El objetivo de este trabajo es analizar la calidad de ajuste en ecuaciones de altura dominante en función de la edad, considerando efectos aleatorios (modelos mixtos) para generar curvas de Índice de Sitio para *Swietenia macrophylla* King en Quintana Roo. Se usaron datos temporales de plantaciones de entre 7 a 34 años de edad. Se ajustaron modelos no lineales usando variantes de efectos mixtos de los modelos de Schumacher de dos y tres parámetros y el de Chapman-Richards de tres parámetros. El análisis de los resultados muestra un mejor ajuste del modelo de Chapman-Richards de tres parámetros que incluyó el efecto aleatorio del tipo de suelo en el parámetro asintótico. Sin embargo, al graficar las curvas guía y las familias de curvas generadas vs los valores observados, la ecuación que mejor representa la tendencia de los datos es la de Schumacher de tres parámetros en su variante polimórfica en función del parámetro b_2 . El patrón de crecimiento en altura dominante de Caoba puede modelarse satisfactoriamente de datos temporales mediante un modelo no lineal mixto, con efecto aleatorio debido al suelo asociado a la asíntota del modelo.

Palabras clave: Ecuaciones, efectos mixtos, curva guía, polimórficas.

INTRODUCCIÓN

La clasificación de sitios de acuerdo a su capacidad productiva es de gran importancia para la planificación del establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales (Carrero *et al.*, 2008). Una de las metodologías más usadas para clasificar calidad de estación o capacidad productiva del sitio en plantaciones forestales monoespecíficas y coetáneas, es el Índice de Sitio (IS), definido, de manera general, como la 'altura dominante' alcanzada por un rodal a una edad de referencia predeterminada, llamada edad base (Carmean, 1975; Clutter *et al.*, 1983; Zepeda y Rivero, 1984; Torres y Magaña, 2001).

La altura dominante del rodal se define como la altura total promedio de una muestra representativa de los árboles más altos (dominantes y codominantes) del rodal, aunque existen otros criterios, tomando en cuenta su distribución espacial en el rodal (Carrero *et al.*, 2008). Se considera que esta altura es un buen indicador de la productividad potencial de una especie para un sitio en particular. Esta afirmación se basa en la hipótesis de Eichhorn (Fontes *et al.*, 2003) la cual establece que la producción total de un rodal (el volumen en pie más el volumen extraído en cortas intermedias) óptimamente ocupado es una función de la altura del rodal (Carrero *et al.*, 2008).

Para diferenciar calidades de sitio para una especie dada, se debe definir una familia de curvas de IS a partir de la altura dominante observada para una variedad de sitios tan amplia como sea posible (Carrero *et al.*, 2008).

La evaluación integral de la calidad de estación forestal se realiza a través del cálculo del IS, el cual representa la capacidad productiva de las diferentes áreas forestales (Zepeda y Rivero, 1984; Torres y Magaña, 2001) y se ha determinado a lo largo de los años por métodos directos e indirectos.

Los métodos directos, y en particular el uso de la altura dominante y la edad, han demostrado ser los más adecuados para el cálculo de dichos índices, debido a la baja afectación de esta variable por la densidad o los tratamientos silvícolas aplicados (Álvarez *et al.*, 2004).

Tradicionalmente las ecuaciones para generar curvas de *IS* se han ajustado usando modelos de regresión lineal y no lineal clásicos que asumen normalidad, igualdad de varianzas e independencia de los errores. Tales supuestos pueden ser violados cuando se analizan datos longitudinales o de remediciones (Carrero *et al.*, 2008).

Por su parte, los modelos que incorporan la técnica de efectos mixtos (*MEM*) permiten representar apropiadamente la estructura de varianzas-covarianzas asociadas con datos de medidas repetidas (Davidian y Giltinan, 1995; Gregoire *et al.*, 1995; Verbeke y Molenberghs, 2000; Diggle *et al.*, 2002; Littell *et al.*, 2006). Tales *MEM* han sido poco utilizados en el área forestal, a pesar de que permiten modelar la estructura de varianzas-covarianzas y así realizar inferencias más precisas (Carrero *et al.*, 2008).

Carrero *et al.* (2008) utilizó la técnica de *MEM* en funciones lineales y no lineales para analizar la relación de la altura dominante en función de la edad (*IS*) en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela, y hallar la “curva guía” más apropiada para la clasificación de sitios. Usaron tres parametrizaciones diferentes: 1) original, asumiendo asíntotas aleatorias; 2) reparametrización para que el factor local sea el parámetro asociado al dominio de la función y 3) modelos no lineales reparametrizados en función al parámetro *b* y asumiendo que el efecto aleatorio se asocia con la altura mayor a la edad base (*S+u*). En las dos últimas la mayor altura a edad base tiene asociado un efecto aleatorio. La clasificación de sitio se realizó utilizando el concepto de Índice de Sitio del sitio.

Jerez-Rico *et al.* (2010), analizaron modelos lineales y no lineales con la técnica de *MEM* para desarrollar curvas de *IS* para teca (*Tectona grandis* L. F.) en los Llanos Occidentales de Venezuela con datos de parcelas permanentes y temporales, abarcando más de 30 años de mediciones. El modelo de Schumacher en sus formas lineal y no lineal se ajustó usando variantes de efectos fijos y efectos mixtos. El análisis de los resultados muestra un mejor ajuste de los modelos no lineales mixtos respecto a los otros modelos en términos de sesgo y precisión, mostrando la conveniencia de usar modelos que consideren mediciones repetidas en una misma parcela. Las curvas de *IS* generadas muestran la variabilidad del crecimiento de esta especie en Venezuela en las áreas apropiadas para su establecimiento con un manejo tradicional.

A pesar de que permiten modelar la estructura de varianzas-covarianzas y así realizar inferencias más precisas, los modelos de efectos mixtos en México han sido poco utilizados en el área forestal, por lo que el objetivo de este trabajo es analizar la calidad de ajuste en ecuaciones de altura dominante en función de la edad, considerando efectos aleatorios (modelos mixtos) para generar curvas de Índice de Sitio para *Swietenia macrophylla* King en Quintana Roo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Quintana Roo, México, en plantaciones establecidas en el Sitio Experimental "San Felipe Bacalar", ubicado entre las coordenadas geográficas 18°46' a 18°51' de L. N. y 88°17' a 88°32' de L. W., a una altitud promedio de 10 m, en el municipio de Othón Pompeyo Blanco, Quintana Roo (Chavelas, 1981).

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1983), el clima es un *Aw(x')i* o cálido subhúmedo con lluvias en verano y parte del invierno, la oscilación térmica es menor que 5 °C. La temperatura media anual es de 25.5 °C y la precipitación anual es de 1260 mm, con una época seca bien marcada entre diciembre y mayo (INEGI, 1986).

La superficie del terreno es casi plana y en ella se localiza la mayor parte de los tipos de suelo que se encuentran en la Península de Yucatán, de acuerdo a la terminología maya y su equivalente según la FAO – UNESCO (1970), citados por Ortiz (1997) corresponden a: Tzek'el (Litosol), Kakab (Rendzina); K'ankab (Luvisol crómico), Yax-hoom (Vertisol pélico), Ak'alche (Vertisol gleyco) y Sabana (Gleysol). (Chavelas, 1981). Las plantaciones muestreadas se ubicaron principalmente sobre tres tipos de suelos: Yax-hoom pardo, Puslum y K'ankab.

Los tipos de vegetación dominante son selva mediana subperennifolia creciendo sobre suelos someros y profundos (Tzek'el, K'ankab y Yax-hoom). En el estrato superior de este tipo de vegetación sobresalen especies que alcanzan entre 20 y 30 m de altura. Selva baja caducifolia que crece sobre suelos temporalmente inundables, conocidos comúnmente como bajos o akalchés, son vegetaciones que soportan un período de inundación; las especies dominantes alcanzan 10 m de altura o un poco más, los fustes son generalmente torcidos. Sabanas sobre suelos inundados, son áreas que permanecen inundadas casi en forma permanente (Chavelas, 1981).

Los modelos de crecimiento no lineales analizados para Índice de Sitio se obtuvieron de literatura especializada (Carrero *et al.*, 2008; Jerez-Rico *et al.*, 2010; Attis-Beltrán, 2015), se ajustaron bajo el

enfoque de efectos mixtos considerando el tipo de suelo como el factor aleatorio que influye para caracterizar la capacidad productiva de las áreas dentro de las plantaciones forestales de Caoba. Se ajustaron en el programa estadístico SAS 9.4 con el procedimiento NL MIXED y el método de máxima verosimilitud, utilizando el método de primer orden FIRO (SAS Institute Inc., 2015).

Cuadro 1. Forma de los modelos de crecimiento de efectos fijos y estructura con la inclusión de efectos mixtos.

Nombre	Efectos fijos	Efectos aleatorios
Schumacher 2 parámetros	$H=b_0 e^{b_1/E+\varepsilon} \quad (1)$	$H=(b_0+u)e^{b_1/E+\varepsilon} \quad (1.1)$
		$H=b_0 e^{(b_1+u)/E+\varepsilon} \quad (1.2)$
		$H=(b_0+u)e^{(b_1+u)/E+\varepsilon} \quad (1.3)$
Schumacher 3 parámetros	$H=b_0 e^{b_1/E+b_2+\varepsilon} \quad (2)$	$H=(b_0+u)e^{b_1/E+b_2+\varepsilon} \quad (2.1)$
		$H=b_0 e^{(b_1+u)/E+b_2+\varepsilon} \quad (2.2)$
		$H=b_0 e^{b_1/E+(b_2+u)+\varepsilon} \quad (2.3)$
		$H=(b_0+u)e^{(b_1+u)/E+b_2+\varepsilon} \quad (2.4)$
		$H=(b_0+u)e^{b_1/E+(b_2+u)+\varepsilon} \quad (2.5)$
Chapman-Richards	$H=b_0(1-e^{-b_1 E})^{b_2+\varepsilon} \quad (3)$	$H=(b_0+u)(1-e^{-b_1 E})^{b_2+\varepsilon} \quad (3.1)$
		$H=b_0(1-e^{-(b_1+u)E})^{b_2+\varepsilon} \quad (3.2)$
		$H=b_0(1-e^{-b_1 E})^{(b_2+u)+\varepsilon} \quad (3.3)$
		$H=(b_0+u)(1-e^{-(b_1+u)E})^{b_2+\varepsilon} \quad (3.4)$
		$H=(b_0+u)(1-e^{-b_1 E})^{(b_2+u)+\varepsilon} \quad (3.5)$

Dónde: b_i = Parámetros del modelo. E = Edad (años). ε = Término de error aleatorio. u: Término de error asociado con el efecto mixto.

En los modelos se consideró incluir el efecto aleatorio de tres maneras; el primero de ellos fue incluir el efecto aleatorio en el parámetro relacionado a la máxima altura o asíntota del modelo (Parámetro b_0), el segundo fue considerar el efecto en el parámetro relacionado a la velocidad de crecimiento, ya sea con relación a la edad base (Parámetro b_1) o bien al sitio (b_2); y finalmente incluirlo en dos de sus parámetros de manera simultánea asumiendo el efecto aleatorio conjunto dentro del modelo (Cuadro 1).

La selección estadística del mejor modelo, se hizo en base a los menores valores de los estadísticos de -2 Log Verosimilitud, el Criterio de Información de Akaike (AIC), el AIC corregido (AICC) y el Criterio de Información Bayesiana (BIC) (Carrero *et al*, 2008).

Dado que la calidad del ajuste no refleja necesariamente la calidad de las predicciones futuras (Kozak y Kozak, 2003; Quevedo *et al.*, 2004), en los modelos seleccionados se hizo un análisis gráfico de los valores predichos versus los datos observados, de tal forma de verificar la fidelidad de las estimaciones y determinar si las estimaciones corresponden a los datos empleados (Huang, 2002). La exactitud de las estimaciones se evaluó a través del sesgo absoluto ($\bar{E}$), la diferencia agregada en % ($Da\%$) (Lencinas y Mohr-Bell 2007).

La edad base (E_0) se definió con base al turno (30 años), en el modelo a seleccionar se asignaron valores fijos al Índice de Sitio (IS) para genera las familias de curvas. Para delimitar las distintas calidades de sitio, sustituyendo en el modelo resultante los valores de IS y E_0 (Carrero *et al*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de los estadísticos de bondad de ajuste obtenidos de los dos mejores modelos se presentan en la Cuadro 2. Al comparar los menores valores de $-2 \text{ Log Verosimilitud}$, AIC, AICC y BIC, se tiene que los dos mejores modelos correspondieron a aquellos en los que se incluyó el efecto aleatorio del tipo de suelo en el parámetro asintótico.

Cuadro 2. Formas y valores de los criterios de ajuste de los mejores modelos de efectos mixtos empleados para generar curvas de Índice de Sitio para *S. macrophylla* King en Quintana Roo.

Modelo	Expresión	Criterios de bondad de ajuste			
		2LogV	AIC	AICC	BIC
Schumacher 3 parámetros	$H = (b_0 + u)e^{(b_1)/E^{b_2}} + \varepsilon$ (2.1)	488.8	496.8	497.0	496.6
Chapman-Richards 3 parámetros	$H = (b_0 + u)(1 - e^{-b_1 E})^{b_2} + \varepsilon$ (3.1)	477.8	485.8	486.1	485.6

Donde: $-2\log V$ = -2 logaritmo de verosimilitud; AIC = Criterio de información de Akaike; AICC = Criterio de información de Akaike corregido; BIC = Criterio de información bayesiano.

Al incluir el efecto mixto en las demás estructuras de los modelos, se tienen parámetros no significativos o problemas de convergencia en el ajuste, mientras que para los dos modelos propuestos, además de tener los valores más bajos en los criterios estadísticos de ajuste, todos sus parámetros fueron significativos y de gradientes pequeños (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros estimados para los c mejores modelos de efectos mixtos ajustados para generar curvas de Índice de Sitio para *S. macrophylla* King en Quintana Roo.

Modelo	Parámetro	Estimación	Eea	Valor t	Pr> t	ICI	ICS	Gradiente	$\bar{E}$	Da
(2.1)		40.2355	7.5466	5.33	0.0018	21.7697	58.7013	-0.00003		
	b_0									
		4.2436	0.25810	16.44	<.0001	3.6121	4.875	0.000111	-	-
	b_1								0.1	0.9
	b_2	0.4663	0.07521	6.20	0.0008	0.2822	0.6503	-0.00468	2	1
(3.1)	u	1.177	0.13200	8.92	0.0001	0.854	1.5	0.000132		
	b_0	31.361	3.5226	8.9	0.0001	22.7415	39.9806	-0.00157		
	b_1	0.01611	0.004269	3.77	0.0093	0.005663	0.02655	-0.66886	-	-
	b_2	0.6349	0.0348	18.25	<.0001	0.5498	0.7201	-0.02033	0.1	0.8
	u	1.0822	0.121	8.94	0.0001	0.7861	1.3783	-0.00472	1	1

Dónde: b_i = Parámetros de los modelos; Eea = Error estándar aproximado; ICI = Intervalo de confianza inferior; ICS = Intervalo de confianza superior; $\bar{E}$ = Sesgo; Da = Diferencia agregada.

De acuerdo a los criterios de bondad de ajuste, la mejor ecuación es la de Chapman-Richards, cuando se incluye el efecto mixto en parámetro asintótico (Cuadro 2). Lo anterior, debido a que como lo indica De Los Santos (2006), en estos criterios, a menor valor, mejor el ajuste.

Las ecuaciones seleccionadas con las que se construyen las curvas guías (Figura 2a) fueron las siguientes:

$$H = (40.2355 + 1.177) * \left(e^{(-4.2436)/E^{0.4663}} \right) \quad (2.1) \text{ y } H = (31.361 + 1.0822) * \left(1 - e^{-0.01611 E} \right)^{0.6349} \quad (3.1)$$

A partir de las ecuaciones seleccionadas se calculó la altura dominante de los árboles de *S. macrophylla*, en un intervalo de edades de uno a 50 años, que son las máximas edades con las que se cuenta en la región que comprende el estudio.

Al estimar la altura dominante bajo el enfoque de efectos mixtos, se asume el factor suelo como un efecto aleatorio, por lo cual se generó una curva genérica de altura dominante (sin incluir el parámetro u). El factor u se incluyó solo para integrar en la ecuación el efecto de ese factor aleatorio sobre el ajuste de los parámetros. Con la edad base fijada en 30 años, se obtuvo la siguiente expresión para el cálculo del Índice de Sitio.

$$IS=40.2353 \left(e^{(-4.2436)/30^{0.4663}} \right) = 16.88 \text{ m y } IS=31.36 \left(1 - e^{-0.01611 * (30)} \right)^{0.6349} = 17.05 \text{ m}$$

Dado que la calidad del ajuste no refleja necesariamente la calidad de las predicciones del fenómeno que se quiere modelar, se graficaron las curvas guía y los valores observados para analizar en forma gráfica la fidelidad con que se representa los valores observados y con base en ello, tener otro criterio para la selección de la mejor ecuación.

En la Figura 1b, se observa que el mejor modelo, seleccionado con base en sus estadísticos de bondad de ajuste, así como el menor sesgo entre la predicción y los datos individuales, no es el que describe mejor a la base de datos usada en su ajuste. Con base en lo anterior el mejor modelo de IS que describe la base de datos es el de Schumacher de tres parámetros (Figura 1b). Lo anterior debido a que aunque el modelo de Chapman-Richards presenta mejor ajuste, este presenta una sobrestimación en las primeras etapas de desarrollo y no presenta un punto de inflexión en donde el ICA=IMA, por lo que no describe adecuadamente el crecimiento de los árboles. Esto sucede generalmente debido al rápido crecimiento de la especie en sus etapas iniciales.

Para definir la edad a la cual culmina el ICA=IMA, se utilizó la fórmula propuesta por Kiviste *et al.* (2002), determinándose que el turno técnico de crecimiento en altura dominante para Caoba en la zona de estudio fue de 4.24 años

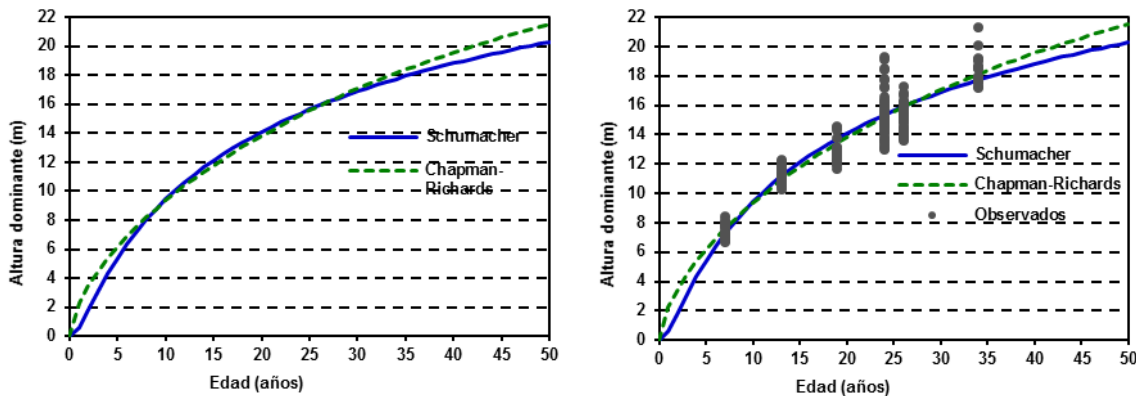


Figura 1. Curvas guía generadas (a) y fidelidad de las curvas (b) para los dos mejores modelos mixtos para generar la familia de curvas de Índice de Sitio para *S. macrophylla* King en Quintana Roo.

Definida la edad base y la tendencia de la curva guía (Figura 1) con la ecuación 2.1 se utilizaron cinco valores de Índice de Sitio (15, 16.5, 18, 19.5 y 21 m) que fueron usados para generar la familia de curvas de IS .

De la ecuación de Índice de Sitio se despejan b_0 , b_1 y b_2 y se sustituyen en la ecuación original, con lo que se obtienen las expresiones que generan las familias de curvas anamórficas (a) y polimórficas (b y c) mediante el método de la curva guía (Figura 2), tales expresiones quedan como se indica enseguida:

$$\text{a) } H = \frac{IS}{e^{-b_1/E_0} b_2 e^{-b_1/E} b_2}, \text{ b) } H = b_0 e^{-(-\ln(IS)/b_0) * IS^{b_2/(E^{b_2})}} \text{ y c) } H = b_0 e^{-b_1/E^{(\ln(-b_1/(\ln(IS/b_0)))/\ln E_0)}}$$

En la Figura 2 se observan las tres variantes de las familias de curvas anamórficas y polimórficas sobrepuestas con los datos observados. Donde (a) está en función del parámetro b_0 , (b) en función del parámetro b_1 y, (c) en función del parámetro b_2 para el modelo con efectos mixtos de Schumacher de tres parámetros para generar las familias de curvas de Índice de Sitio. De esas tres, la que mejor describe los datos observados, es la polimórfica en función del parámetro b_2 .

De acuerdo con Carrero *et al.* (2008), los modelos con efectos mixtos además de presentar mejores propiedades estadísticas que los modelos de efectos fijos, en ellos se puede interpretar la altura observada para un rodal a una edad dada como un valor que tendría una cierta probabilidad de pertenecer a un sitio con características ambientales particulares, representado por una curva promedio de altura para ese sitio en particular.

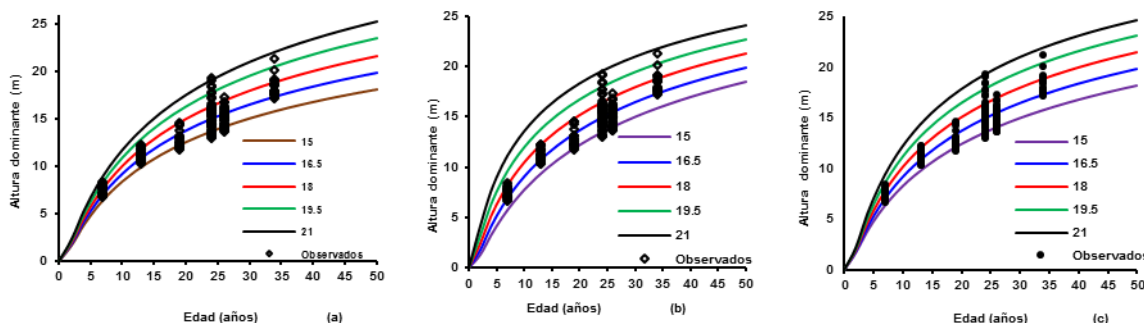


Figura 2. Variantes de familias de curvas de Índice de Sitio de tipo anamórficas (a) en función del parámetro b_0 ; polimórficas (b) en función del parámetro b_1 y; (c) en función del parámetro b_2 para el MEM correspondiente al modelo de Schumacher para *S. macrophylla* King en Quintana Roo.

CONCLUSIONES

El modelo de Schumacher de tres parámetros fue el más adecuado para generar una familia de curvas de Índice de Sitio para PFC de Caoba, debido a su flexibilidad para modelar bases de datos de crecimiento de árboles, su geometría, buenas propiedades estadísticas e interpretación biológica.

El enfoque de modelos de efectos mixtos es práctico y permite ajustar ecuaciones más precisas y confiables, que bajo el enfoque de efectos fijos, son muy eficientes cuando los datos no son independientes entre sí.

El patrón de crecimiento en altura dominante de Caoba puede modelarse satisfactoriamente de datos temporales mediante un modelo no lineal mixto, con efecto aleatorio debido al suelo asociado a la asíntota del modelo.

LITERATURA CITADA

- Carmean W. 1975. Forest site quality evaluation in the US. *Advances in Agronomy* 27:209-269.
- Carrero O., Mauricio J., R. Macchiavelli, G. Orlandoni y J. Stock. 2008. Ajuste de curvas de Índice de Sitio mediante modelos mixtos para plantaciones de *Eucalyptus urophylla* en Venezuela. *Interciencia* 33(4):265-272.
- Chavelas P. J. 1981. Campo Experimental San Felipe Bacalar. In: Los campos experimentales forestales. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Ciencia Forestal*. 38(4):311-317.
- Clutter J., Forston J., Pienaar L., Brister G. & Bailey R. 1983. *Timber management: a quantitative approach*. Wiley. Nueva York, EEUU. 333 pp.
- Davidian M. & Giltinan D. 1995. *Nonlinear models for repeated measurement data*. Chapman and Hall/CRC. Boca Raton, Florida. 360 pp.
- De los Santos-Posadas, H. M., M. Montero-Mata, y M. Kanninen. 2006. Curvas dinámicas de crecimiento en altura dominante para *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell en Costa Rica. *Agrociencia* 40: 521-532.
- Diggle P., Heagerty P., Liang K. & Zeger S. 2002. *Analysis of longitudinal data*. 2a ed. Oxford University Press. Nueva York, EEUU. 396 pp.
- Gadow K. V., S. Sánchez O y J. G. Álvarez G. 2007. Estructura y crecimiento de bosque. p. 35-64. ISBN: 978-84-690-7535-7.
- García E. 1968. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F. 252 p.
- Gregoire T., Schabenberger O. & Barrett J. 1995. Linear modelling of irregularly spaced, unbalanced, longitudinal data from permanent-plot measurements. *Canadian Journal of Forest Research* 25: 137-156.
- Kiviste A., J.G. Álvarez G., A. Rojo A. y A. D. Ruiz G. 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimenticia. Ministerio de Ciencia y Tecnología. La Coruña, España. 190 p.

- Kozak A. and, Kozak R. 2003. Does cross validation provide additional information in the evaluation of regression models?. Canadian Journal of Forest Research 33: 976-987.
- Hernán A. B., L. M. Chauchard y G. Martínez P. 2015. Curvas preliminares de Índice de Sitio para bosques puros y mixtos de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* en la Patagonia Argentina. Bosque 36(2): 275-285.
- Huang S. 2002. Validating and localizing growth and yield models: procedures, problems and prospects. Proceedings of IUFRO Workshop on Reality, models and parameter estimation: the forestry scenario. Sesimbra, Portugal (2-5 de junio de 2002).
- Instituto Nacional de Estadística; Geografía e Informática (INEGI). 1986. Anuario estadístico del estado de Quintana Roo. Gobierno del estado de Quintana Roo. 728 p.
- Lencinas JD y Mohr-Bell D (2007) Estimación de clases de edad de las plantaciones de la provincia de Corrientes, Argentina, con base en datos satelitales Landsat. Bosque 28(2): 106-118.
- Littell R., Milliken G., Stroup W., Wolfinger R. & Schabenberger O. 2006. SAS for mixed models. 2a ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, EEUU. 795 pp.
- Quevedo A., Jerez M. y Moret A. 2004. Selección de modelos para predecir distribuciones diamétricas en plantaciones de teca a partir de variables del rodal con la función Weibull. Revista Forestal Venezolana 48: 68-74
- SAS Institute Inc. 2015. SAS/STAT® 14.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/141/nlmixed.pdf>.
- Torres J.M. y Magaña O. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Limusa. México. 472 pp.
- Verbeke G. & Molenberghs G. 2000. Linear mixed models for longitudinal data. Springer. Nueva York, EEUU. 608 pp.
- Zepeda B. E. M. y P. Rivero B. 1984. Construcción de curvas anamórficas de Índice de Sitio. Ejemplificación del método de la curva guía. INIFAP. Ciencia Forestal en México 9 (51), 3-38.

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* TANAKA) EN HUIMANGUILLO, TABASCO MÉXICO.

POPULATION FLUCTUATION OF *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) IN PERSIAN LIME (*Citrus latifolia* TANAKA) IN HUIMANGUILLO, TABASCO, MÉXICO.

¹Sumano López D; ²Arias López VH; Mendoza Mexicano M; ¹López López R; ¹Rodríguez Cuevas M.

¹Investigadores INIFAP, campo experimental Huimanguillo. Km.1 Carretera federal. Huimanguillo, Cárdenas, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. CP. 86400.

²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 266 General Carlos Greene Ramírez. Prolongación Calle 3. Poblado C-29 General Vicente Guerrero, municipio de Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86460.

Autor para correspondencia: sumano.dante@inifap.gob.mx

RESUMEN

Diaphorina citri (Hemiptera: Psyllidae) es el vector de la enfermedad del Huanglongbing (HLB) en México. El agente causal, la bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus*, es considerada la enfermedad más destructiva de los cítricos a nivel mundial. En Tabasco, México, se cultivan más de 15 mil ha de cítricos. El objetivo de estudio fue determinar la fluctuación poblacional de los estados de desarrollo de *Diaphorina Citri*, en relación con la temperatura y precipitación. La investigación se realizó en una plantación de Limón Persa de 8 años de edad en la zona comercial de Huimanguillo, Tabasco, México (Lat. 17.68316 y Long. 93.57531). Los muestreos de brotes y adultos fueron quincenales de enero a diciembre del 2014. La contabilización se realizó en el laboratorio de fitopatología del INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo. La precipitación y temperatura se tomaron de la estación meteorológica del INIFAP, Huimanguillo. El análisis de correlación de Pearson se efectuó con el paquete R Commander versión 2.10.1. El resultado indica que *Diaphorina citri* estuvo presente durante todo el año, con una incidencia más alta entre los meses de abril a agosto 2014. En los estadíos de adultos manifestaron una correlación alta respecto a la temperatura ($r=0.7876$) ($P=0.0202$) y con una correlación baja con la precipitación ($r=0.4005$) ($P=0.2222$). Los estadíos inmaduros (huevo y ninfas) presentaron una correlación alta con la temperatura ($r=0.7117$) ($P=0.0314$) y ($r=0.7561$) ($P=0.0183$) respectivamente. En contraste, la relación entre precipitación, huevo y ninfas indican una correlación baja ($r=0.3364$) ($P=0.2850$) y ($r=0.3500$) ($P=0.2647$).

Palabras claves:, Abundancia, Comportamiento, Daño.

INTRODUCCION

La citricultura en México está presente en 24 estados de la Republica. En Tabasco representa unas de las mayores actividades económicas, su producción se destina principalmente al mercado exterior equivalente 163,305 toneladas, establecidas en una superficie de 15,535 hectáreas. El 95% de esta superficie se encuentra en el municipio de Huimanguillo, la cual representa el 2.7% de la superficie nacional y constituye un proveedor importante principalmente de limón persa (SIAP, 2014). HLB es considerable la enfermedad más letal de los cítricos en el mundo, acusada por la bacteria *Candidatus liberibacter* spp, esta se encuentra limitada al floema de la planta (Jagoueix *et al.*, 1994; Bove, 2006).

En México está presente en 22 de los 24 estados productores; fue detectada en el estado de Yucatán, en el municipio de Tizimín, en 2009 y en el estado de Tabasco en el municipio de Tenosique en el año del 2012 (SENASICA, 2012 y 2016). Principales síntomas en las plantas son moteados asimétricos, aclaramiento y encochamiento de nervaduras, frutos deformes y muerte progresiva (Halber y Manjunath, 2014). El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* fue decretado en 2002 en México, como el principal vector de la enfermedad de HLB (López arroyo *et al.*, 2003 y 2004), se alimenta de la savia de la planta que circula por el floema, pudiendo infectar o ser infectado con la bacteria (*C. liberibacter* spp.) durante el proceso según sea el caso. Los diferentes estadíos ninfales de *D. citri* alimentan de las yemas apicales (brotes jóvenes o tiernos), afectando el proceso normal de crecimiento, lo cual se traduce como pérdidas económicas, además que permite el desarrollo de patógenos oportunistas (SENASICA, 2012). El objetivo de esta investigación fue determinar la fluctuación poblacional de los estados de desarrollo de *Diaphorina citri*, en relación con la temperatura y precipitación en una plantación de limón persa en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en una plantación de limón persa de 8 años de edad en la zona comercial, Huimanguillo, Tabasco México, (lat. 17.68316 y long. -93.57531) (Figura 1). Los muestreos de brotes y adultos fueron quincenales de enero a diciembre del 2014. Se seleccionaron 20 árboles según Cortez et al. (2012). Se ubicaron los primeros 10 árboles, partiendo de la esquina del lado sur-este. Para la captura de adultos de *Diaphorina citri* se utilizaron trampas amarillas con adherentes, esto debido a que los insectos son atraídos por colores vivos o brillantes. La primera trampa se colocó en la esquina antes mencionada, dejando un árbol sin trampa, se colocaron las nueve restantes. La siguiente 10 trampas se colocaron en el interior de la huerta haciendo vértice de la esquina. Las trampas son revisadas *in situ* y remplazada cada 30 días. Esto debido que tienen dos caras utilizables (una de ellas permanece sellada para el siguiente muestreo (15 días por cada cara).

Para la determinación de los estados inmaduros (huevos y ninfas) se toman 4 brotes de no más de cinco centímetros y se colocan en bolsas herméticas para su posterior revisión. La contabilización se realizó en el laboratorio de fitopatología del INIFAP, campo experimental Huimanguillo. La precipitación y temperatura se tomaron de la estación meteorológica del INIFAP, Huimanguillo. El análisis de correlación Pearson se efectuó con el paquete R Commander versión 2.10.1.

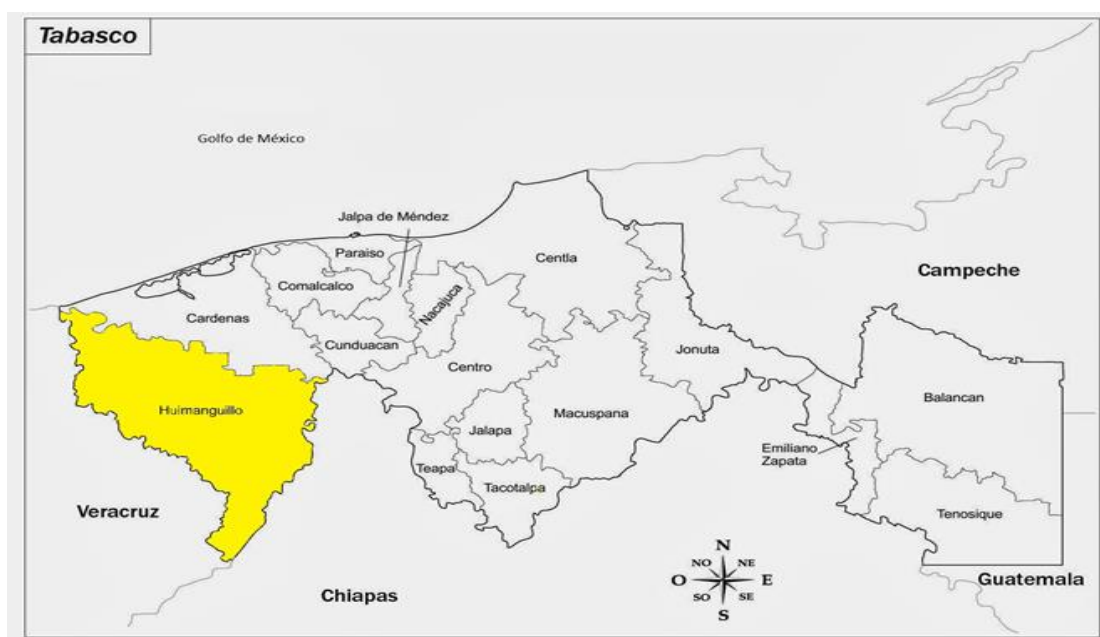


Figura 1. Localización del área de estudio, municipio de Huimanguillo, Tabasco.

RESULTADOS Y DISCUSION

Diaphorina citri estuvo presente durante todo el año, con una incidencia más alta entre los meses de abril-agosto. En los estadios manifestaron una correlación alta respecto a la temperatura ($r=0.7876$) ($p=0.0202$) y una correlación baja con la precipitación ($r=0.4005$) ($P=0.2222$). Los estadios inmaduros (huevos y ninfas) (Figura 2), presentaron una correlación alta con la temperatura ($r=0.7117$) ($P=0.0314$) y ($r=0.7561$) ($P=0.0183$). Esta se encontró en los rangos de tolerancia el desarrollo del insecto en estados inmaduros. En contraste, la relación entre la precipitación huevos y ninfas indica una correlación baja ($r=0.3364$) ($P=0.2850$) y ($r=0.3500$) ($P=0.2647$).

Halbert y Manjunath (2004); Qureshi et al., (2009) y hall et al., (2008), mencionan que un alto porcentaje de brotes vegetativo benefician el aumento de la plaga, lo cual coincide con lo observado en la zona de estudio debido que estos son fundamentales para el desarrollo de los estados inmaduros del insecto, ya que solo las hembra ovipositan en brotes jóvenes. (Figura 3).

González y Solano (2009) señalan que el psílido, no toleran una humedad relativa cerca al punto de saturación. Aubert (1987) indica que precipitaciones superiores a 150mm reducen drásticamente la población de ninfas y huevos.

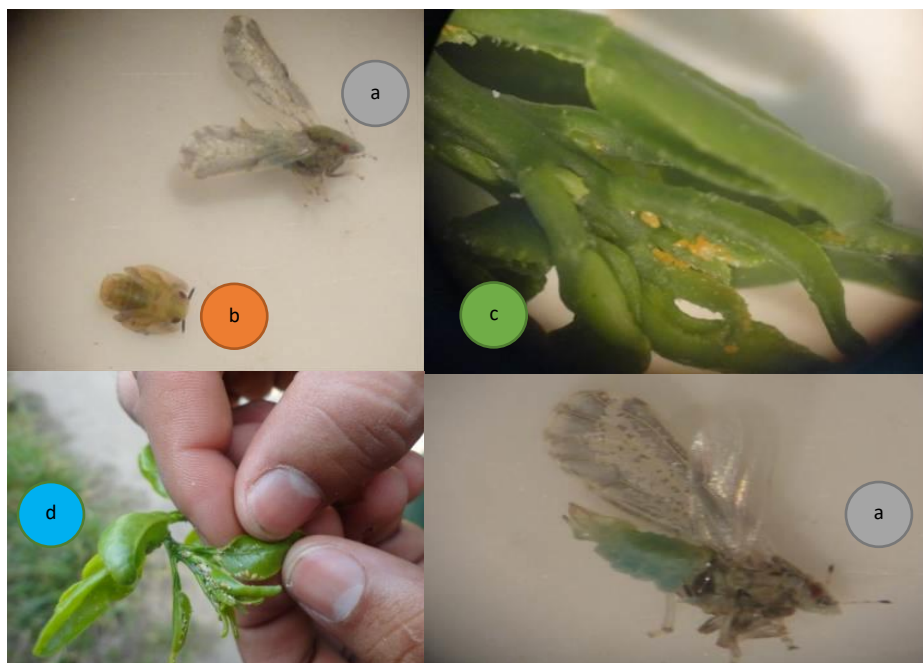


Figura 2. Estado adulto (a), ninfa (b) y huevo (c) de *D. citri* y daño (d) en brotes jóvenes

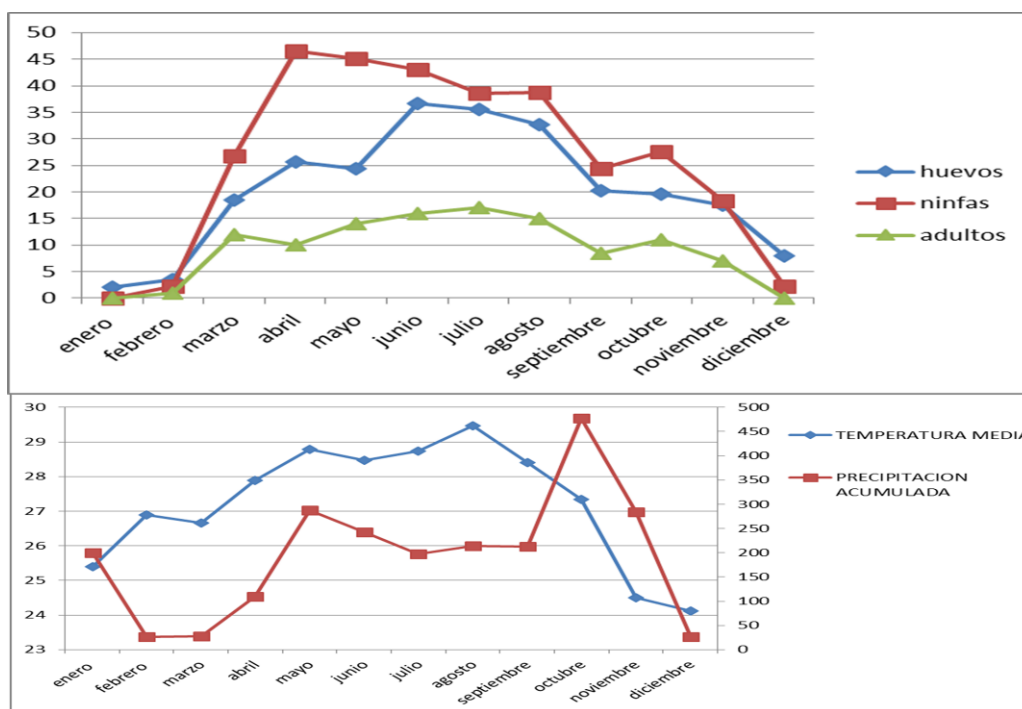


Figura 3. Comportamiento de *D. citri* en sus diferentes estadios y factores climáticos.

CONCLUSIONES

Diaphorina citri está presente durante todo el año en la zona de estudio siendo entre los meses de abril-agosto donde se presenta mayor presencia. La temperatura es el factor que presenta una correlación positiva con respecto al aumento de individuos *D. citri*. Por el contrario la precipitación contribuye a la disminución de los niveles de población *D. citri*.

LITERATURA CITADA

- Aubert, B. 1987. Le greening une maladie infectieuse des agrumes, d' origine bacterienne, transmise par des Homopteres *psyllides*. Strategie de lutte developpe a l' ile de la Reunion Island. Circonstances epidemiologiques en Afrique/ Asie et modalites d' intervention. doc. CIRAD/ IRFA. 185 pp.
- Bove J. M 2006. Huanglongbing a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. J. Plant Pathology. 88: 7-37.
- Cortez M. E., Loera, G. J., Hernández, F. L. M., Barrera, G. J.F., Fontes, P. A.A., Zorrilla, D. U., Jasso, A. J., Reyes, R. M.A., Manzanilla, R.M.A. López, A. J. 2012. Manual para el Uso de Insecticidas Convencionales y Alternativos en el Manejo de Diaphorina citri Kuwayama en Cítricos, en México. Folleto técnico. Centro de Investigación Regional del Noroeste., Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Sinaloa, México. No. 36. 64 pp.
- González, A.L. y Solano, S. J.A. 2009. Plan de acción para la vigilancia del Huanglongbing de los cítricos en Costa Rica. Departamento de Vigilancia y Control de Plagas. Primera Edición Heredia, Costa Rica. p.22.
- Halbert, S. E. and Manjunath, K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist, 87: 330-353.
- Hall, G. D., G. M. Hentz; y 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.
- Jagoueix, S., Bove, J.M. And Garnier, M. 1994. The Phloem-Limited Bacterium of Greening Disease of Citrus Is a Member of the α Subdivision of the Proteobacteria. International Journal of Systematic Bacteriology 44: 379-386.
- López-Arroyo, J. I., J. Loera Gallardo, M. A. Reyes Rosas, y M. A. Rocha Peña 2003. Estado actual de las plagas potenciales de los cítricos en México ¿Es la oportunidad para el uso de depredadores?, pp. 249-263. In: R. Alatorre y V. Sandoval (Ed.) Memorias del XIV Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Nov. 3-5 2003. Guadalajara, Jalisco, Méx.
- López-Arroyo, J. I., M. A. Peña, M. A. Rocha-Peña, and J. Loera. 2004. Occurrence of the Asiatic citrus psyllid, Diaphorina citri (Homoptera: Psyllidae) in Mexico, pp. 179. In: XI Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Abstracts. Nov. 2004. Monterrey, Nuevo León, México.
- Qureshi, J. A., M. E. Rogers, G. D. Hall and A. P. 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.

Referencias informáticas

- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 18 de abril de 2016.
- SENASICA, 2012. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Notificación de la detección de Huanglongbing en el Municipio de Tizimín, Yucatán, Méx. (Revisado el 11 de febrero de 2016).
- SENASICA, 2016. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Situación Fitosanitaria Actual del HLB. (Revisado el 16 de abril de 2016).

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum*) EN QUINTANA ROO.

YIELD AND QUALITY OF PRODUCTION IN ADVANCED LINES OF JALAPEÑO HOT PEPPER (*Capsicum annuum*) IN QUINTANA ROO.

¹ Garcia Sandoval JA, ²Ramírez Meraz M.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal. Km 25 Carretera Chetumal-Bacalar, Xul-Ha, Othón P. Blanco, Quintana Roo.
Correspondencia: garcia.angel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El potencial productivo y calidad de la producción que posee cada línea en mejoramiento, es y seguirá siendo base importante para elegir la mejor línea y registrarla como variedad mejorada. La siembra de 22 líneas avanzadas de chile jalapeño se llevó a cabo el 7 y 8 de septiembre de 2015. La parcela para este ciclo de selección fueron cuatro surcos a 90 centímetros y cinco metros de longitud por línea; es decir, 18 m². Sin embargo, para explorar el rendimiento y expresarlo a toneladas por hectárea se tomó en cuenta la producción de un metro lineal. Para el caso de la calidad de la producción y peso del fruto, se obtuvo una muestra de 50 frutos por línea, donde se clasificó por frutos grandes, medianos y chicos. En rendimiento la media general (28 t ha⁻¹) fue superada por la mitad de las líneas (3, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 18 y 22), sobresaliendo aquellas que rebasaron las 35 t ha⁻¹, donde figuran las líneas 6, 7, 13, 14 y 18. En peso de 50 frutos casi el 64% de las líneas superó la media, destacando la línea 12 y 17 con valores arriba de 2 kilogramos. La producción de chile atribuible a frutos de primera calidad, con media 47.16%, fue rebasada por el 54.55% de las líneas, donde la 17 y la 6 destacan por tener valores encima de 60%. En lo correspondiente a la producción de frutos de calidad grande, se observó que el 59.09% de las líneas sobrepasaron la media general ubicada en 36.36%, donde las líneas 3, 6, 10, 14 y 17 tuvieron arriba de 40% de frutos de ésta calidad. Las líneas experimentales denotan potencial productivo y alta calidad para mejorar la competitividad en Quintana Roo.

Palabras clave. *Rendimiento, calidad, Líneas y chile jalapeño.*

INTRODUCCIÓN

Quintana Roo, mantiene la tradición por la siembra de chile jalapeño y por más de treinta años ha participado en el mercado nacional de los chiles. Durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2014 se reportó una superficie de 1,782 hectáreas, las cuales generaron un volumen de producción de 16,816 toneladas; mismas que dejaron una derrama económica al sector rural, principalmente a las localidades del sur de la entidad, superior a los 79.9 millones de pesos (SIAP, 2016).

La media estatal histórica de sólo 6.0 t ha⁻¹ es producto de siembras con dependencia total del temporal de lluvias, sistema de producción esqueque, uso de semilla no mejorada, entre otras; asimismo, de que nuestra entidad siga clasificada entre las más bajas y menos competitivas del país. Además, es muy conocido que la calidad comercial de los criollos no puede competir en los mercados frescos e internacionales, ya que no cumplen con los estándares de calidad demandada.

Como resultado de varios proyectos de mejoramiento genético del chile jalapeño criollo de la entidad, se cuenta con un grupo de líneas cuyo avance generacional y características hortofrutícolas las coloca en la última etapa del proceso de mejoramiento y, con dos o tres ciclos de selección, pudieran llegar a la antesala para su registro como variedades mejoradas o bien usarlas como progenitores para la formación y exploración del vigor híbrido.

El potencial productivo y calidad de la producción que posee cada línea en mejoramiento, es y seguirá siendo base importante para elegir la mejor línea y registrarla como variedad mejorada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área experimental se ubicó en los terrenos del Campo Experimental Chetumal ubicado en el Km 25 carretera Chetumal-Bacalar, donde predomina un clima Aw1(x') según la clasificación de Köpen, modificado por E. García, y definido como cálido subhúmedo, con precipitación media anual de 1,200 a

1,300 mm, periodos de lluvias muy diferenciados, temperatura mínima media anual de 26°C, temperatura media máxima de 34°C y humedad relativa de 85% (INEGI, 2005). Los suelos de siembra son los clasificados como *Luvsoles crómicos* o también llamados *Yaax'hom* en terminología Maya. Los 22 materiales de chile jalapeño en selección se presentan en el siguiente Cuadro 1.

Cuadro 1. Relación de líneas avanzadas de chile jalapeño que utilizamos para explorar su capacidad productiva durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2015.

# DE LÍNEA	GENEALOGÍA	# DE LÍNEA	GENEALOGÍA
1	JQR-91-33-2-2(2)-1-2	12	JQR-91-33-2-2(1)-4-2
2	JQR-91-33-2-2(2)-1-2	13	JQR-91-41-4 (LO)
3	JQR-91-33-2-2(1)-4-2	14	JQR-91-41-4 (LO)
4	JQR-91-33-2-2 (2)-1-1	15	JQR-91-41-4 (LO)
5	JQR-91-33-2-2 (2)-1-1	16	JQR-91-41-4 (LO)
6	JQR-91-33-2-2 (2)-1-1	17	JQR-91-41-4 (LO)
7	JQR-91-41-4	18	JQR-91-33-2-2(2)-1-2
8	JQR-91-41-4	19	JQR-91-41(1)(1)-2-1
9	JQR-91-41-4(LO)	20	JQR-91-41(1)(1)-2-1
10	JQR-91-41-4(LO)	21	JQR-91-41(1)(1)-2-1
11	JQR-91-33-2-2(1)-4-2	22	JQR-91-41(1)(1)-2-1

La siembra se llevó a cabo el 7 y 8 de septiembre de 2015. Se utilizaron charolas de 200 cavidades y riego con solución a base de 1.5 gramos del fertilizante soluble ultrasol 18-18-18 por litro de agua dos veces por día. La germinación ocurrió entre los 8 a 10 días después de la siembra, pero como se tuvo alta densidad debido a que se depositaron de 2 a 3 semillas por hueco, fue necesario deshijar y dejar una planta por orificio.

Debido a la irregularidad del temporal que llueve que tiene la entidad, se colocó tubería de PVC de 1.5 pulgadas y puntos de salida o conectores para cintilla de riego por goteo a 90 centímetros tal y como se recomienda en este cultivo. La cintilla utilizada fue calibre 6 y orificios de salida cada 30 centímetros.

El transplante se realizó durante los días 9 al 11 de octubre de 2015. Previamente a esta actividad el terreno recibió cinco horas de riego para humedecer el suelo y favorecer el buen prendimiento de las plantas. Esta labor fue manual, colocando una planta en cada orificio de salida y tapado con suficiente tierra. Aquí conviene indicar que paralelamente se proporcionaba un riego de auxilio, el cual al mismo tiempo indicaba el punto de transplante.

La parcela para este lote fueron cuatro surcos a 90 centímetros y cinco metros de longitud por línea; es decir, 18 m².

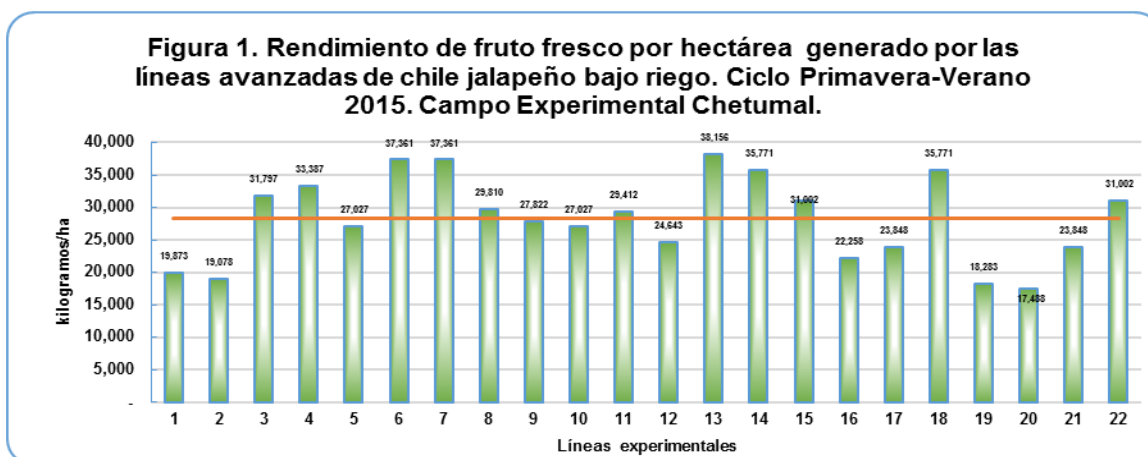
Para suministro de la nutrición y control fitosanitario de este cultivo, se dio seguimiento al paquete tecnológico que sugiere el INIFAP en la entidad.

El objetivo principal es la selección de las líneas para lo cual se aplica el formato de caracterización que dispone el programa para mejoramiento genético de INIFAP. Sin embargo, para explorar el rendimiento y expresarlo a toneladas por hectárea se tomó en cuenta la producción de un metro lineal o cuatro cepas por línea. Para el caso de la calidad de la producción y peso del fruto, se obtuvo una muestra de 50 frutos por línea, donde se clasificó por frutos grandes, medianos y chicos.

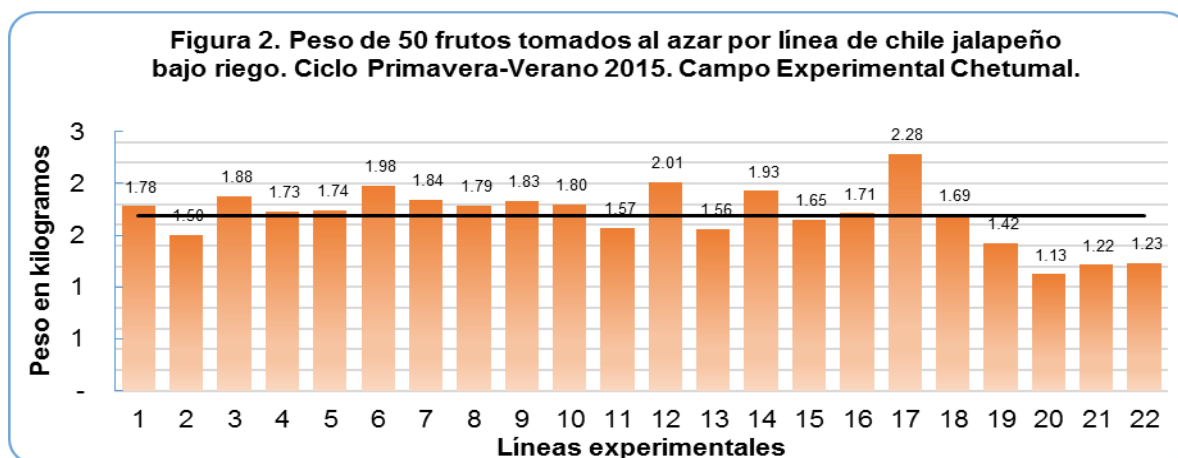
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento. En la Figura 1 se muestran los resultados del rendimiento de fruto verde sazón transformado a toneladas por hectárea que generaron las 22 líneas experimentales de chile jalapeño. Contrastando estos resultados con la media general (28 t ha⁻¹), es factible notar que fue superada por la mitad de las líneas (3, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 18 y 22). De este importante grupo conviene resaltar aquellas que rebasaron las 35 t ha⁻¹, donde figuran las líneas 6, 7, 13, 14 y 18. Respecto a esto García *et al.*, (2014), mencionan en un estudio para evaluar el rendimiento de líneas experimentales de chile jalapeño bajo condiciones de temporal muy favorecido, que algunas líneas llegaron a producir hasta 55 t ha⁻¹ en cuatro cortes, potencial muy halagador, pero muy diferente a lo que se reporta en este trabajo pues el máximo rendimiento apenas superó las 38 t ha⁻¹; es decir, 31% menos. También vale mencionar a las que por su bajo potencial no pudieron brincar la barrera de las 20 toneladas, tales como la línea 1,

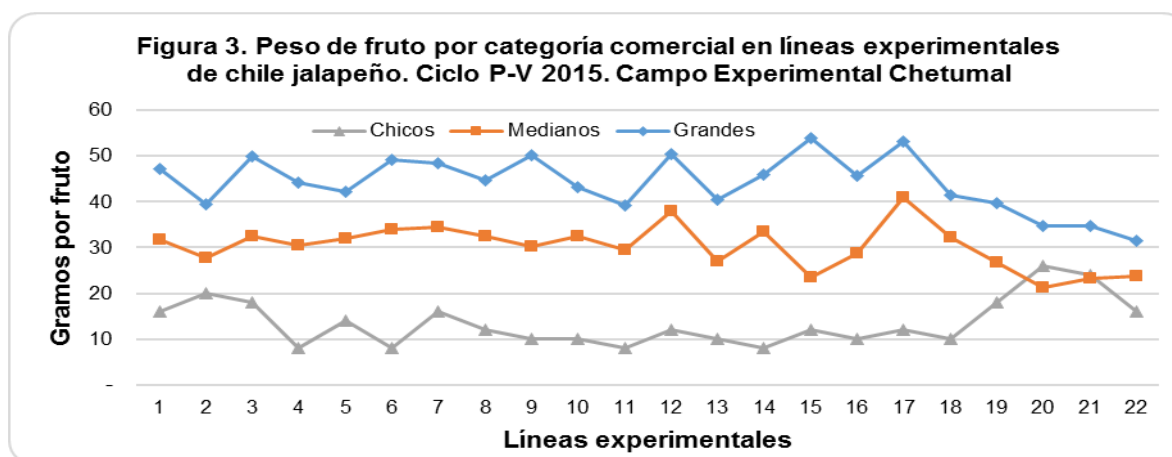
2, 19 y 20. Importante remarcar que las más productivas corresponden a líneas clasificadas por sus características del fruto para mercado fresco, fresco, nacho, nacho e industria, respectivamente



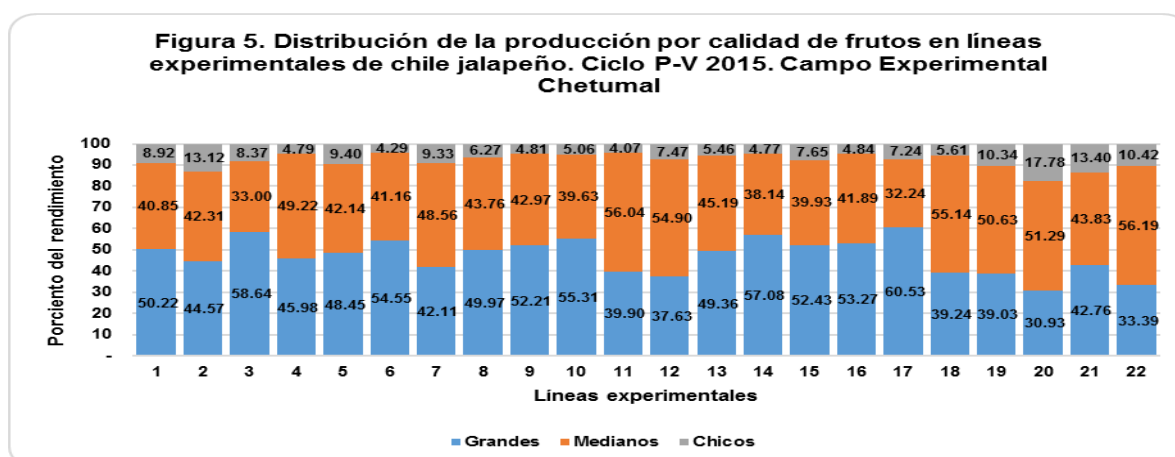
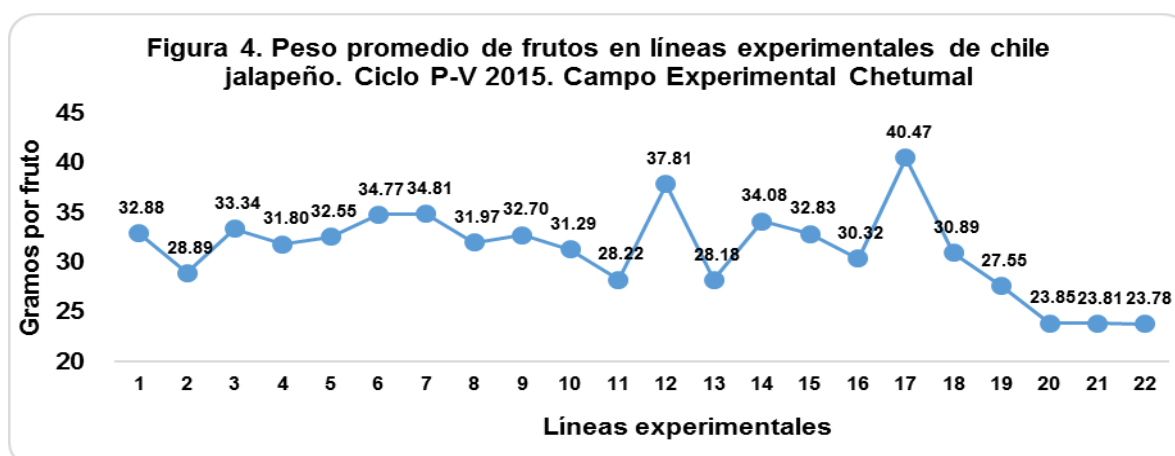
Peso de 50 frutos. La media general para contraste fue 1.69 kg, donde casi el 64% de las líneas la superó, destacando 12 y 17 con valores arriba de 2 kilogramos (Figura 2). Las líneas con el peso más bajo coinciden con las clasificadas para la industria del enlatado, lo que significa frutos de tamaño chico a mediano.



Peso de fruto. En la Figura 3 se aprecian los pesos de fruto en los tamaños grande, mediano y chico. En peso de fruto grande sobresalen las líneas 3, 9, 12, 15 y 17 con frutos arriba de 50 gramos. En los frutos medianos y chicos, coincidentemente las líneas 12 y 17 logran los pesos más altos. La Figura 4 muestra el peso promedio de las tres categorías de frutos, donde el 68% de las líneas superó los 30 gramos por fruto y, dentro de estos, los pesos más altos correspondieron nuevamente a las líneas 12 y 17 con valores de 37 y 40 gramos por fruto. Las selecciones con pesos más bajos fueron la 20, 21 y 22 que no llegaron a los 25 gramos por fruto y, que por su tamaño de fruto, están clasificadas para la industria del enlatado.

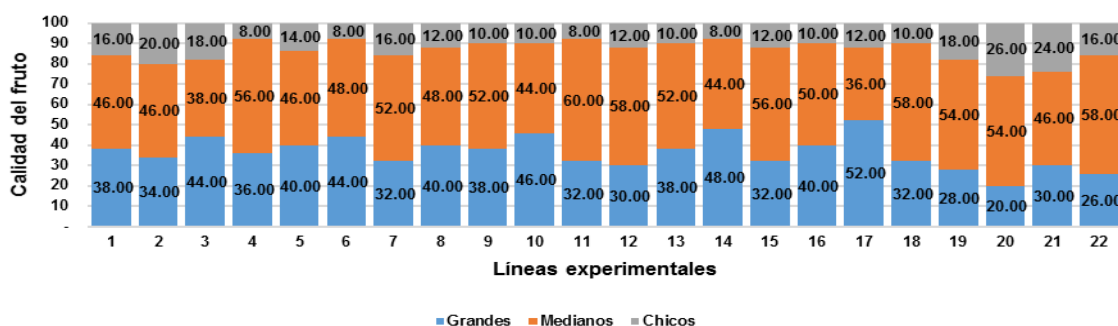


Distribución de la calidad del fruto. En la Figura 5 y 6 se observa como las líneas distribuyen la producción y calidad de los frutos. Con el entendido que la calidad del fruto esta dimensionada al nicho de mercado al que se clasificó la línea (Fresco, Nacho, industria lata y seco), sobre todo al tamaño de fruto que demandan. Tomando en cuenta la media general en cada tipo de calidad, podemos ver que la producción de chile atribuible a frutos de primera, con media 47.16%, fue superada por el 54.55% de las líneas, donde la 17 y la 6 destacan por tener valores encima de 60%. En este grupo las líneas con porcentaje más bajo fueron la 20 y 22.



Para lo correspondiente a la producción de frutos de calidad grande, se observa que el 59.09% de las líneas superaron la media general ubicada en 36.36%. Aquí conviene subrayar a las líneas 3, 6, 10, 14 y 17 cuyo valor se mantuvo sobre 40% de frutos de primera. En este sentido, García *et al.*, (2013) señalan que la nueva variedad de chile jalapeño Kohunlich, evaluada en siembra directa y bajo temporal en Quintana Roo, comprobó la mejor calidad con respecto al testigo local, ya que concentró alrededor del 50% de su potencial en frutos de calidad grande, valor ligeramente superior a lo que reportan las mejores líneas en este estudio.

Figura 6. Distribución de la calidad de los frutos por línea experimental. Ciclo P-V 2015. Campo Experimental Chetumal.



CONCLUSIONES

1. El rendimiento estimado para el grupo de líneas experimentales denota potencial productivo y alta calidad para mejorar la baja competitividad que ofrece el cultivo de chile jalapeño en Quintana Roo.
2. Las líneas experimentales 6, 7, 13, 14 y 18 expresaron el rendimiento más elevado de todas; por lo tanto, productivamente son elegibles para seguir el proceso de mejoramiento que busca generar a corto plazo nueva variedad de chile jalapeño para la entidad y regiones con ambiente similar.
3. El 68% de las líneas superaron los 30 gramos por fruto y, dentro de éstas, las líneas 12 y 17 generaron los frutos más pesados con 37 y 40 gramos por fruto.
4. En las líneas experimentales 6 y 17 el 60% de la producción fue atribuible a frutos grandes o de primera calidad.
5. Las líneas experimentales 3, 6, 10, 14 y 17 encabezaron la producción de frutos de primera calidad.

LITERATURA CITADA

- García SJA, Nava PRJ y Ramírez MM. 2013. Respuesta productiva de la nueva variedad de chile jalapeño Kohunlich bajo condiciones de temporal y siembra directa en el sur del estado de Quintana Roo, México. 10ª Convención Mundial del Chile, celebrada del 25 al 27 de julio de 2013, Durango, Durango, México. pp 213-220
- García SJA, Nava PRJ y Ramírez MM. 2014. Avance productivo de líneas promisorias de chile jalapeño bajo condiciones de temporal y siembra directa en Quintana Roo, México. 11ª Convención Mundial del Chile, celebrada del 2 al 4 de octubre de 2014, Morelia, Michoacán, México. pp 52-61.
- INEGI (2005). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta de Climas escala 1:1'000,000. México 1980. (Versión digital 2015)
- SIAP (2016). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con Información de las Delegaciones de la SAGARPA en los Estados. Avance de Siembras y Cosechas Perennes 2014. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. (Consultado el 22 de junio de 2016).

MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Pinus oocarpa* Y *Pinus pseudostrobus* EN CHIAPAS, MÉXICO.

MODELLING THE POTENTIAL DISTRIBUTION OF *Pinus oocarpa* AND *Pinus pseudostrobus* IN CHIAPAS, MEXICO.

¹Reynoso Santos R, ²Pérez Hernández MJ, ¹López Báez Walter, ³Reynoso Santos, M. D.

¹Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH) del INIFAP. Km. 3, Carretera Ocozocoautla-Cintalapa. Ocozocoautla de Espinosa, C.P. 64120. Chiapas, México.

*Autor para correspondencia: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

²Ecoexpansión y Servicios Integrales para el Desarrollo S. DE R. L. Anenecuilco MZ 20 LT 14, Col. Emiliano Zapata, Coyoacán, Ciudad de México. mjesusph.18@gmail.com

³PSP Programa de Germoplasma Forestal CONAFOR, Gerencia Estatal en Chiapas. germoplasma01.chis@conafor.gob.mx

RESUMEN:

Se realizó una modelación de la distribución potencial de *Pinus oocarpa* y *P. pseudostrobus*, con el objetivo de establecer Unidades Productoras de Germoplasma Forestal Identificadas (UPGF-I) en el Estado de Chiapas. Para la elaboración de los mapas de distribución y modelos se utilizó el programa *MaxEnt* y datos de presencia (coordenadas geográficas) y variables bioclimáticas asociadas a cada uno de los registros. Las variables de altitud, clima, precipitación media anual, tipo de suelo y temperatura media, fueron utilizadas para la modelación. La evaluación del modelo se realizó comparando la eficacia de los datos de las curvas *ROC* generadas para cada especie, y la prueba *Jackknife* para discriminar las variables que aportaron mayor información al modelo. Los resultados señalan que *Pinus oocarpa* presenta mayor distribución potencial en el estado con 121,425.97 ha, mientras que *P. pseudostrobus* se encuentra con una superficie restringida de 73,294.41 ha. Las variables que aportaron mayor información al modelo uso de suelo y vegetación y altitud (*P. oocarpa*) y temperatura media y altitud (*P. pseudostrobus*). Las pruebas estadísticas sugieren que las áreas delimitadas como potenciales pueden considerarse como confiables para establecer UPGF-I en Chiapas.

Palabras clave: *Distribución potencial, Pinus oocarpa, Pinus pseudostrobus, MaxEnt.*

INTRODUCCIÓN:

La modelación de la distribución potencial de especies vegetales o animales permite identificar áreas en donde las condiciones bióticas y abióticas son favorables para que dichas especies prosperen. Estas metodologías han cobrado importancia en el estudio de especies exóticas invasoras, plagas agrícolas, y en la protección de especies nativas.

En años recientes han surgido diversas herramientas que facilitan la modelación de nichos ecológicos, los más utilizados son: GARP, Bioclim y MaxEnt; de estos, Maxent ha demostrado tener una mayor capacidad predictiva (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011; Elith *et al.*, 2006), convirtiéndolo en una herramienta de gran utilidad en la ecología y la biología de la conservación.

Los trabajos de modelado de distribución potencial de especies se han centrado mayormente en especies de fauna silvestre y muy poco a especies vegetales (Figueroa *et al.*, 2016; Becerra-López *et al.*, 2014; Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014; Yañez-Arenas *et al.*, 2012).

El establecer especies vegetales en sitios que no reúnen las características bióticas y abióticas mínimas repercuten en baja sobrevivencia y baja productividad para el caso de plantaciones comerciales, y en ocasiones pueden llegarse a convertir en focos de propagación de plagas y enfermedades.

P. oocarpa y *P. pseudostrobus* son especies nativas de México, consideradas de alto valor ecológico y económico en ecosistemas de clima templado; *P. oocarpa* es la especie pionera en producción de resina y presenta alto potencial para la producción de madera, por su parte, *P. pseudostrobus* es una especie que ayuda en la restauración de suelos degradados y es ampliamente utilizada en plantaciones comerciales para la obtención de recursos maderables (Ficha técnica CONAFOR-CONABIO).

Ante la acelerada transformación del ambiente atribuida principalmente a actividades antrópicas (ganadería, agricultura, asentamientos humanos, entre otros) cobra importancia el poder delimitar áreas factibles para el establecimiento de *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus*. Por lo cual, el objetivo de este

trabajo fue delimitar las áreas potenciales para el establecimiento de UPGF-I de *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus* en el estado de Chiapas, México mediante el uso de algoritmos maxent.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Este estudio se circunscribe en el espacio geográfico del estado de Chiapas, los datos de presencia de ambas especies se obtuvieron de bases de datos del herbario MEXU, CAS y CONABIO. Las bases fueron depuradas, eliminando aquellos que no correspondían a la asociación vegetal reportada o se localizaban fuera del municipio reportado. Para *P. oocarpa* se obtuvieron 137 puntos, de los cuales 102 se utilizaron para ejecutar el modelo y 35 para validarlo. En *P. pseudostrobus* se obtuvieron 92 registros, 69 se utilizaron para ejecutar el modelo y 23 para validarlo. Las variables ambientales utilizadas se muestran en el Cuadro 1.

Para determinar la altitud se utilizó el Modelo Digital de Elevación del INEGI con resolución espacial de 15 m.

La cartografía de temperatura media se elaboró mediante el método de gradiente altitudinal (Fries *et al.*, 2012), con base en el registro histórico de 30 años de temperatura y altitud de 173 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

El mapa de precipitación se generó mediante interpolación de la precipitación media anual de 173 estaciones del SMN, utilizando el método de Kriging.

Las coberturas terrestres se determinaron mediante la cartografía de uso de suelo y vegetación del INEGI serie V a escala 1:250000.

Los tipos de suelo se obtuvieron mediante los datos vectoriales edafológicos, perfiles de suelos y el conjunto de datos de erosión del suelo del INEGI a escala 1:250000.

Los tipos de clima se adquirieron del mapa de unidades climáticas del INEGI a escala 1:1 000 000.

La transformación de formatos de las capas vectoriales, los recortes y la homogenización de tamaño de la cartografía, así como las interpolaciones mediante el método de Kriging se realizaron en el software ArcGIS 10.3®.

El modelado se llevó a cabo mediante el software libre MaxEnt, ya que permite modelar la distribución geográfica de las especies, utilizando como datos de entrada sitios de presencia y variables bioclimáticas. El modelo MaxEnt se basa en el principio estadístico de máxima entropía (cercana a la uniforme) que permite hacer predicciones utilizando información incompleta (Philips *et al.*, 2006). Para los datos de salida se utilizó una función logística con un umbral de convergencia de 10 y 500 iteraciones.

Para una mejor presentación e interpretación de los resultados, el mapa de probabilidades de distribución se multiplicó por 100.

Con la finalidad de mostrar las áreas potenciales de distribución de ambas especies el mapa de probabilidades de distribución fue reclasificado en tres categorías: probabilidades < 40 % se clasificó como bajo potencial, de 40 a 70 % moderadamente potencial y de 70 a 100 % altamente potencial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Para *P. oocarpa* se obtuvo que 121425.97 ha se clasificaron con alto potencial para el establecimiento de esta especie, la superficie considerada como moderadamente potencial fue de 1098,624.66 ha y 6087621.26 ha presentaron bajo potencial (Figura 1).

En *P. pseudostrobus* se obtuvo 73294.41 ha con alto potencial, 316970.05 ha con potencial moderado y en la categoría de bajo potencial 6917408.31 ha (Figura 2).

Cuadro 1. Variables empleadas para la modelación de la distribución potencial de *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus* en el estado de Chiapas.

Variable	Abreviatura
Altitud	alt_ra
Clima	clima_ra
Precipitación media anual	pp_ra
Tipo de suelo	suelo_ra
Temperatura media	tem_ra
Uso de suelo y vegetación	usv_ra

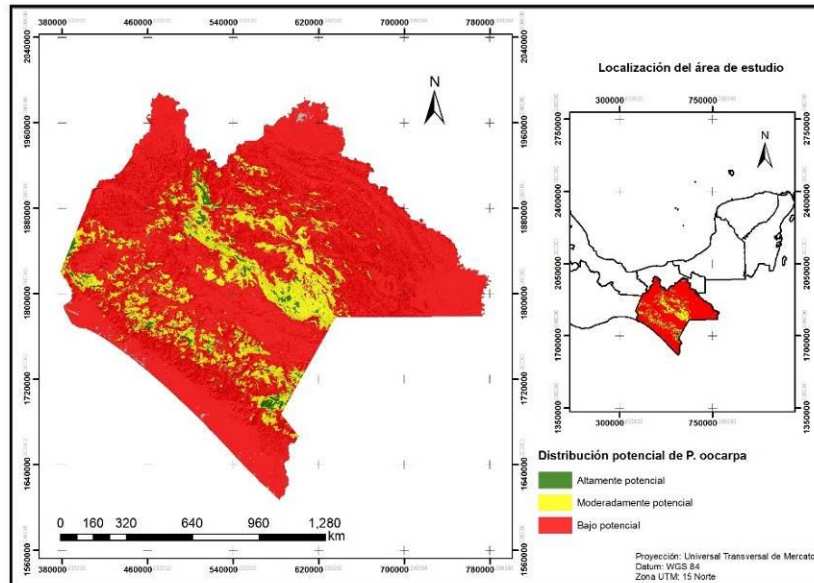


Figura 1. Distribución potencial de *P. oocarpa* en el estado de Chiapas.

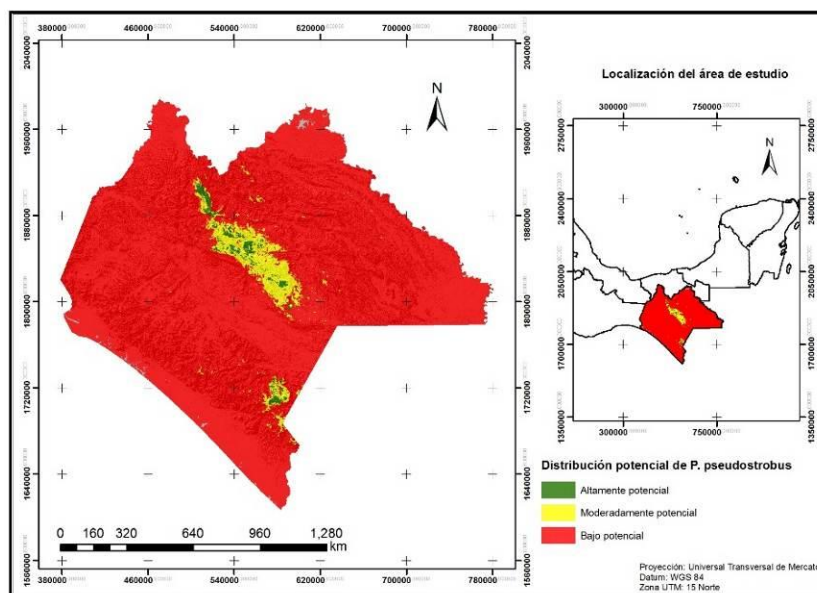


Figura 2. Distribución potencial de *P. pseudostrobis* en el estado de Chiapas.

Como se puede observar *P. oocarpa* presenta una mayor distribución en el Estado, mientras que *P. pseudostrobis* se encuentra bastante restringido a las partes más altas (836 a 3082 msnm, con media de 2164 msnm).

La evaluación de cada modelo se realizó mediante el valor de área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) que se genera mediante la técnica operada por el receptor (ROC, por sus siglas en inglés). Estas pruebas estadísticas son generadas por MaxEnt al momento de ejecutar los procesos.

Los valores de AUC para ambas especies pueden considerarse como altos, ya que se encuentran por arriba de 0.86, con lo cual se tiene la certeza del buen ajuste del modelo para predecir la distribución de ambas especies (Phillips *et al.*, 2006).

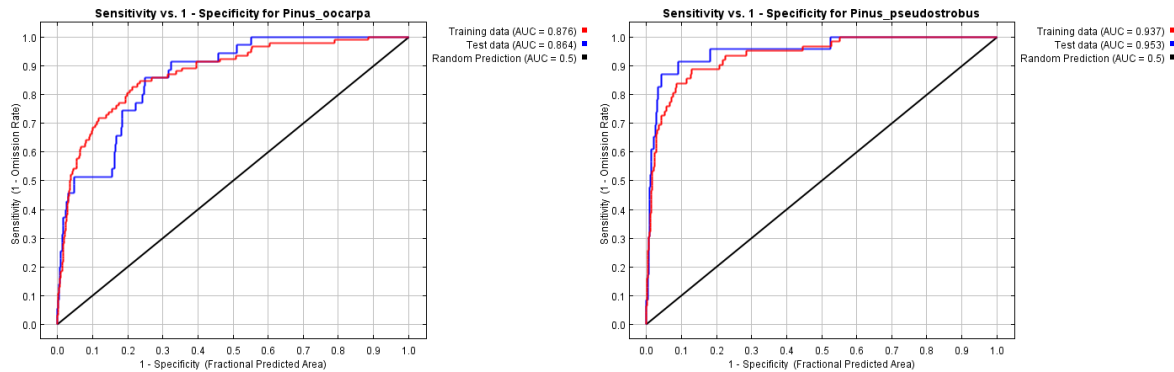


Figura 3. Valor de las curvas ROC para *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus*.

Para conocer cuáles son las variables que determinan la distribución de las especies y las que aportan mayor información en el modelo, se ejecutó la prueba de Jackknife. Se encontró que, para el caso de *P. oocarpa* la variable de uso de suelo y vegetación tiene un mayor peso en el modelo, seguido de la altitud, las variables tipos de suelos y precipitación media anual son las que menos ganancia reportan, por lo cual estas variables por si solas no son útiles para estimar la distribución potencial de *P. oocarpa* (Figura 4).

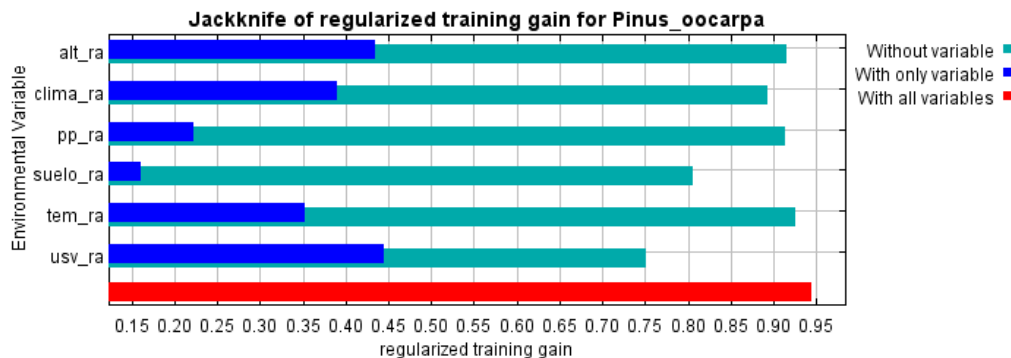


Figura 4. Prueba de Jackknife para los datos de entrenamiento de *P. oocarpa*.

Para *P. pseudostrobus* se encontró que las variables más importantes fueron la temperatura media, la altitud y el tipo de clima, mientras que la menos importante fue la precipitación (Figura 5).

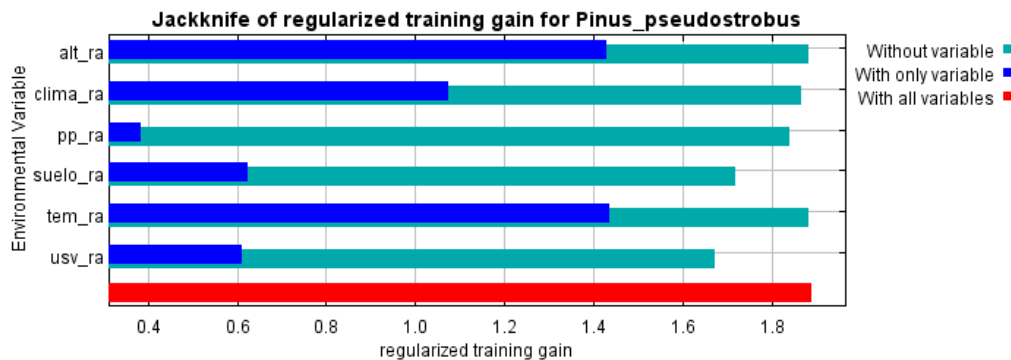


Figura 5. Prueba de Jackknife para los datos de entrenamiento de *P. pseudostrobus*.

La grafica de AUC de *P. oocarpa* muestra que los usos de suelo y vegetación es la variable que por sí sola predice de forma más efectiva los datos usados en la validación, la temperatura media es la variable que menos peso tiene en los datos de validación (Figura 6).

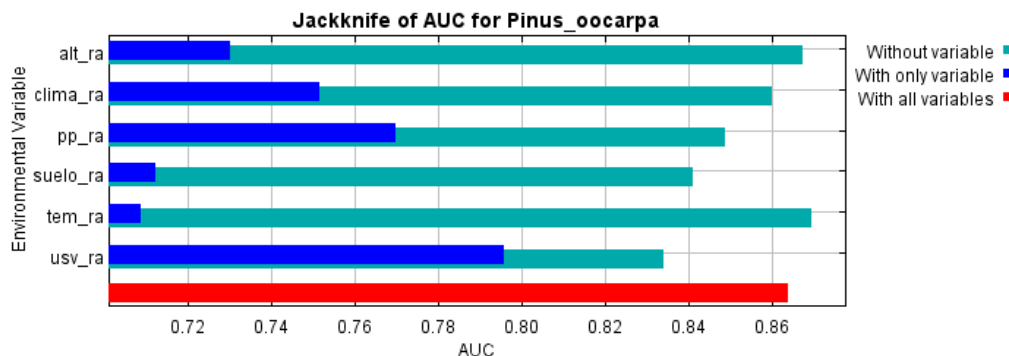


Figura 6. Prueba de Jackknife al AUC para los datos de validacion de *P.oocarpa*.
En *P. pseudostrobus* se encontró que la altitud y la temperatura media en proporción similar explican los datos de validación, los tipos de suelo y la precipitación son las que presentan menor peso (Figura 7).

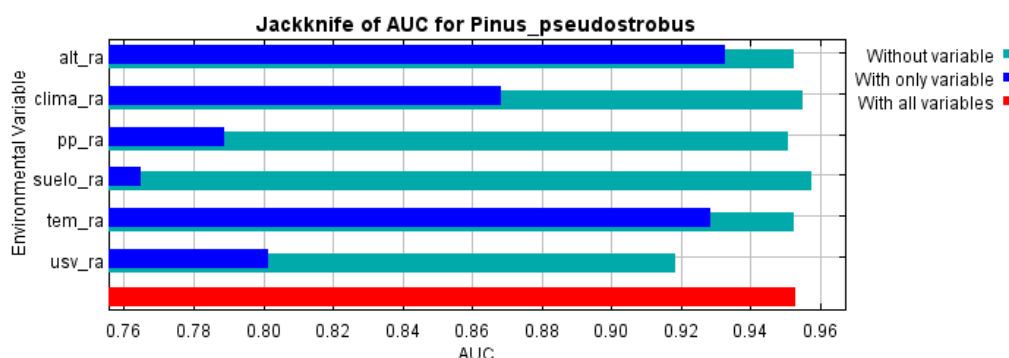


Figura 7. Prueba de Jackknife al AUC para los datos de validación de *P.pseudostrobus*.

CONCLUSIONES:

Para ambos casos las superficies delimitadas con alto potencial son mínimas, 1.6 % para *P. oocarpa* y 1.0 % para *P. pseudostrobus*; 15.0 % y 4.3 % respectivamente se clasificaron en la categoría de aptitud moderado. La mayor parte del territorio del estado se clasifico en la categoría más baja 83.3 % para *P. oocarpa* y 94 % para *P. pseudostrobus*.

Con base en las pruebas estadísticas calculadas, las áreas delimitadas como potenciales para el establecimiento de *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus* en el estado de Chiapas pueden considerarse confiables.

LITERATURA CITADA:

- Becerra-López, J.L., Romero-Méndez, U., Anadón-Herrera, J.D. y García-De La Peña, C. 2014. Modelo de nicho potencial de las madrigueras de *Gopherus flavomarginatus* en la Reserva de la Biosfera de Mapimí. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85, 523-531.
- Figueroa, J., Stucchi, M. y Rojas-VeraPinto, R. 2016. Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón (Perú). Revista Mexicana de Biodiversidad. 87, 230-238.
- Fries, A., Rollenbeck, R., Naub, T., Peters, T. and Bendix, J. 2012. Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. Agricultural and Forest Meteorology. 152, 17– 30.
- Navarro-Cerrillo, R.M., Hernández-Bermejo, J.E. and Hernández-Clemente, R. 2011. Evaluating models to assess the distribution of *Buxus balearica* in southern Spain. APPLIED VEGETATION SCIENCE, 14, 256-267.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E. 2006., Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190, 231-259.
- Plasencia-Vázquez, A.H., Escalona-Segura, G. y Esparza-Olguín, L.G. 2014. Modelacion de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. Acta Zoológica Mexicana. 30, 471-490.
- Yañez-Arenas, C., Mandujano, S., Martínez-Meyer, E., Pérez-Arteaga, A. y González-Zamora, A. 2012. Modelacion de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del bajo Balsas, México. THERYA. 3, 67-79.

Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R., Huettmann, F., Leathwick, J., Lehmann, A., Jin, L., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.T., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E.2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29, 129-151.

EFFECTO DE LA HIDRATACIÓN PREVIA DE LA SEMILLA DE COCOTERO (*Cocos nucifera* L.) SOBRE LA GERMINACIÓN DEL CULTIVAR MALAYO ENANO AMARILLO

EFFECT OF PRIOR HYDRATION OF COCONUT SEED (*Cocos nucifera* L.) ON GERMINATION OF CULTIVAR MALAYAN YELLOW DWARF

¹Cortazar Ríos M, ²Flórez Gómez DL

¹Campo Experimental Chetumal del INIFAP. Km 25 Carretera Chetumal-Bacalar, C.P. 77900, Chetumal, Q. Roo, México.

²Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.). Campus Universitario, Calle 222 No. 55-37, Bogotá D.C., Colombia

Autor para correspondencia: cortazar.matilde@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México, los gobiernos federal y estatal, han estado impulsando la reconversión de las plantaciones viejas e improductivas de cocotero, principalmente con los híbridos, criollos y enanos. En este proceso se ha generado una alta demanda de planta por parte de los productores para el establecimiento de las plantaciones comerciales. Tomando en cuenta que existe una demanda insatisfecha y que en la especie *Cocos nucifera* L. tradicionalmente se considera como "normal" un 50% de germinación, los viveristas que producen la planta de coco deben extremar los cuidados de la semilla e implementar técnicas dirigidas a obtener rápidas y altas germinaciones y alta sobrevivencia de plantas aptas para trasplante. En este estudio se planteó el objetivo de evaluar el efecto de la hidratación previa de la semilla del cocotero Malayo Enano Amarillo sobre el porcentaje y velocidad de germinación. Los resultados obtenidos indican que sí existe un efecto de la hidratación de la semilla sobre la germinación, ya que las semillas sin hidratación (testigo), es decir, las que se almacenaron inmediatamente después de ser cosechadas, presentaron un 52% de germinación mientras que en las que fueron hidratadas previamente, este porcentaje varió de 66 a 74%. Además, los mayores porcentajes (40 a 58%) de semillas que germinaron a los 60 días o menos (velocidad de germinación muy rápida) fueron para los tratamientos con hidratación mientras que al testigo le correspondió sólo un 36% en este rango. En base a la comparación de medias (Prueba de Duncan al 5%), los mejores tratamientos de hidratación previa de las semillas resultaron ser los de 96, 72 y 24 horas. Se concluye que la hidratación previa de las semillas de cocotero, al menos por unos 4 días antes de ser almacenadas, es una buena práctica que favorece e incrementa la germinación.

Palabras clave: *Semilla, cocotero, velocidad de germinación.*

INTRODUCCIÓN

El cocotero es propagado por semilla. Las semillas no tienen dormancia y no requieren ningún tratamiento especial para germinar. Sin embargo, la velocidad de germinación de ellas varía dentro y entre cultivares, de hecho en algunos casos la germinación ocurre cuando todavía la semilla se encuentra sobre la palma (Corner, 1966 citado por Parrotta, 1993); Chan and Elevitch, 2006).

En México, los materiales de cocotero considerados de alto valor genético y comercial, y que por lo tanto, deben de ser tomados en cuenta para manejarse en almácigos y viveros con la finalidad de obtener el mayor número de plantas son: los Criollos Altos seleccionados en el Pacífico que poseen moderada resistencia al Amarillamiento Letal y alta producción de copra y agua, además son tolerantes a vientos huracanados; los Híbridos obtenidos de la cruce de la variedad Acapulco (Malayo Enano Amarillo) con los Criollos Altos del Pacífico que poseen características deseables de resistencia al Amarillamiento Letal, precocidad y alta producción de copra y agua; los cultivares enanos Amarillo y Verde que poseen características deseables de resistencia al Amarillamiento Letal y buena calidad de agua.

La semilla de estos cultivares debe provenir, de huertas registradas o bajo la supervisión del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), o en su defecto de Instituciones de Enseñanza e Investigación de prestigio reconocido, lo que certificará su pureza varietal.

La semilla de coco tiene tres micrópilos u “ojos”, uno de los cuales es suave e indica la posición del embrión viable que se encuentra incrustado en el endospermo sólido o pulpa (Chan and Elevitch, 2006). Estos autores señalan que la madurez de la semilla empieza a ocurrir a los 11 meses después de la polinización, manifestándose cambios en el color del epicarpio, pérdida de humedad y reducción del agua de la cavidad interna de la nuez. Al respecto, Opeke (1982), citado por Parrotta (1993), menciona que una semilla estará completamente madura alrededor de los 12 meses después de la polinización. Por su parte, Carrillo et al., (2001) encontraron que los frutos de Malayo Enano Amarillo, cosechados entre los 335 a 365 días son los que producen el mayor número de plántulas de calidad, entre un 75 y 83%, con alturas desde los 64 hasta los 85 cm; por lo anterior, ellos sugieren que deben preferirse para cosecha los racimos con 75% o más de frutos que hayan iniciado su cambio de coloración.

Dependiendo del cultivar, la germinación puede empezar a partir de la 4ª a la 6ª semana después de la siembra y continuar hasta la 8ª semana, tiempo en el cual debe haber germinado del 75 al 80% de las semillas (Chan and Elevitch, 2006).

Dentro de una variedad o población, la velocidad de germinación implica vigor, precocidad (madurez sexual temprana) y alto rendimiento. Este parámetro podría utilizarse como un criterio de selección, siempre y cuando las semillas sembradas hayan tenido el mismo grado de madurez (Chan and Elevitch, 2006).

Para efectos prácticos, se considera como germinación cuando ocurre la emergencia de la plúmula a través del mesocarpo (borra o estopa), aunque en realidad la emergencia a través del ojo del endocarpo (hueso) pudo haber ocurrido de 4 a 6 semanas antes (Chan and Elevitch, 2006).

Se han desarrollado algunas prácticas para facilitar la hidratación de la semilla de cocotero y la salida de la planta; una de ellas es la escarificación, que consiste en eliminar una sección de la cáscara fibrosa, por donde el fruto estuvo prendido al racimo; las semillas escarificadas se colocan en el almácigo una al lado de la otra, con el corte hacia arriba, son cubiertas con tierra hasta 2/3 de su altura; durante esta etapa, las necesidades de agua son de 6 a 7 mm/día, o sea, 6 a 7 litros de agua/m²/día, una manera de evaluar la eficiencia del riego es presionando con el dedo pulgar la parte escarificada de la semilla y checar si salen burbujas de agua (EMBRAPA, 1993).

Opeke (1982), citado por Parrotta (1993), menciona que las semillas cosechadas deberán ser almacenadas durante 3 a 4 semanas antes de su siembra para que el embrión alcance su completa madurez, después se les aplicará uno o los dos tratamientos siguientes para favorecer la germinación: 1) remojo en agua durante 1 a dos semanas y/o 2) corte de una sección fibrosa en la parte basal de la nuez.

En relación al apartado anterior, Chan and Elevitch (2006), indican que algunos tratamientos a la semilla de cocotero en presiembra, consisten en remojarla en agua y eliminar una sección de la cáscara fibrosa que cubre los “ojos” de la nuez, sin embargo, señalan que estas prácticas son innecesarias y solamente incrementan los costos. Por otro lado, citan que las camas de germinación deben ser parcialmente sombreadas hasta un 50% para prevenir que el agua de la nuez se evapore antes de que ocurra la germinación.

Desde la siembra hasta la extracción de la plántula deberán transcurrir, aproximadamente, 3.5 meses. La plántula podrá entonces llevarse a su fase de vivero, o bien, trasplantarse directamente en su sitio definitivo de plantación, plantas tardías no deben seleccionarse. Al respecto, EMBRAPA (1993), señala que las semillas germinadas deben permanecer en el almácigo por un período no mayor a cuatro meses, teniendo en cuenta que la velocidad de germinación está directamente correlacionada con la precocidad de producción del cocotero.

En México, actualmente existe una demanda insatisfecha de planta de cocotero, lo que ha generado el interés de algunos viveristas para producirla; pero para que ellos la oferten en cantidad y calidad, es importante proporcionarles las herramientas técnicas para que logren rápidas y altas germinaciones de las semillas de coco, ya que esto se traducirá en una buena producción de plantas de calidad. Así que en este trabajo se planteó el objetivo de evaluar el efecto de la hidratación previa de la semilla del cocotero Malayo Enano Amarillo sobre el porcentaje y velocidad de germinación, bajo la hipótesis de que la hidratación de la semilla antes de que sea sembrada en los almácigos favorece una rápida y alta germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Chetumal, entre Septiembre y Diciembre del 2014. En la Huerta Madre del cocotero Malayo Enano Amarillo se cosechó un lote de semillas completamente

maduras, de 12 meses de edad aproximadamente, de ahí se seleccionaron 250 tomando como criterios que el contenido de agua en su interior fuera fácilmente audible con el movimiento, que no estuvieran livianas y con leve o ningún daño físico causado por ácaro o cualquier otra causa. Las semillas seleccionadas se numeraron con pintura en spray, inmediatamente después, 50 de ellas se almacenaron al azar y 200 fueron introducidas a un rotoplas (tinaco) que luego se llenó con agua.

Se evaluaron cinco tratamientos: 1) Semillas sin hidratación (testigo), 2) Semillas hidratadas 24 horas, 3) Semillas hidratadas 48 horas, 4) Semillas hidratadas 72 horas y 5) Semillas hidratadas 96 horas. La unidad experimental fue de una semilla de coco, la distribución de los tratamientos se hizo en un diseño completamente al azar, con 50 repeticiones.

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.

Una vez que se cumplía el tiempo de hidratación, las semillas se extraían del agua al azar para almacenarlas, esta actividad consistió en colocarlas 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. Posteriormente se suministró un riego pesado pero lento, los riegos posteriores se realizaron diariamente o cada tercer día.

Se proporcionó mantenimiento permanente a los semilleros, consistiendo en control manual de la maleza y control fitosanitario preventivo, aplicando una mezcla de fungicida más insecticida.

Se monitoreó diariamente la emergencia de la plúmula para registrar la fecha de germinación de cada semilla; se determinaron los días a germinación y la velocidad de germinación; se calculó el porcentaje de germinación y porcentaje de la velocidad de germinación.

Para la velocidad de germinación se utilizó la escala de la Guía técnica para la descripción varietal de cocotero (*Cocos nucifera* L.) del SNICS, solo que se le hicieron algunas modificaciones para cubrir todos los registros, para poder efectuar el análisis estadístico se asignó una equivalencia a cada rango (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escalas para determinar la velocidad de germinación del cocotero Malayo Enano Amarillo.

Escala SNICS	Escala modificada	Equivalencia
Muy rápida (51-60 días)	Muy rápida (≤ 60 días)	1
Rápida (61-70 días)	Rápida (61-70 días)	2
Moderada (71-80 días)	Moderada (71-80 días)	3
Lenta (81-100 días)	Lenta (81-100 días)	4
	Muy lenta (> 101 días)	5
	Sin germinación	6

Los datos se analizaron a través del programa estadístico SAS, encontrándose diferencias estadísticas significativas entre las medias con la Prueba de Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se pueden observar los resultados obtenidos, éstos indican que sí existe un efecto de la hidratación de la semilla sobre la germinación, ya que las semillas sin hidratación (testigo), es decir, las que se almacenaron inmediatamente después de ser cosechadas, presentaron un 52% de germinación mientras que en las que fueron hidratadas previamente, este porcentaje varió de 66 a 74%. Además, los mayores porcentajes (40 a 58%) de semillas que germinaron a los 60 días o menos (velocidad de germinación muy rápida) fueron para los tratamientos con hidratación mientras que al testigo le correspondió sólo un 36% en este rango. Sobre este aspecto, Carrillo et al., (2001) encontraron que semillas de Malayo Enano Amarillo cosechadas con un año de edad germinaron a los 75 días en promedio, así que según la escala señalada con anterioridad, tuvieron una velocidad de germinación moderada.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación y porcentaje de la velocidad de germinación en el cocotero Malayo Enano Amarillo.

Tratamiento	# de semillas almacigadas	# de semillas germinadas	% de germinación	% de la velocidad de germinación					
				Muy rápida (≤ 60 días)	Rápida (61-70)	Moderada (71-80)	Lenta (81-100)	Muy lenta (> 101)	Sin germinación
Sin hidratación (testigo)	50	26	52.00	36.00	8.00	4.00	2.00	2.00	48.00
24 horas de hidratación	50	37	74.00	58.00	6.00	2.00	6.00	2.00	26.00
48 horas de hidratación	50	33	66.00	40.00	14.00	2.00	10.00	0.00	34.00
72 horas de hidratación	50	36	72.00	58.00	10.00	2.00	2.00	0.00	28.00
96 horas de hidratación	50	37	74.00	50.00	12.00	2.00	10.00	0.00	26.00
	250	169	67.60	48.40	10.00	2.40	6.00	0.80	32.40

En base a la comparación de medias, en el Cuadro 3 se observa que los mejores tratamientos de hidratación previa de las semillas resultaron ser los de 96, 72 y 24 horas.

Cuadro 3. Comparación de medias del porcentaje de germinación y de la velocidad de germinación (usando la equivalencia) en el cocotero Malayo Enano Amarillo.

Tratamiento	# de semillas almacigadas	# de semillas germinadas	% de germinación	Velocidad de germinación
24 horas de hidratación	50	37	74.00 a	2.66 b
96 horas de hidratación	50	37	74.00 a	2.76 b
72 horas de hidratación	50	36	72.00 a	2.60 b
48 horas de hidratación	50	33	66.00 ab	3.18 ab
Sin hidratación (testigo)	50	26	52.00 b	3.70 a
	250	169	67.60	2.98

Prueba Duncan al 5%

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

CONCLUSIONES

Se concluye que la hidratación previa de las semillas de cocotero, al menos por unos 4 días antes de ser almacenadas, es una buena práctica que favorece e incrementa la germinación.

Se recomienda repetir este estudio, incluyendo híbridos y criollos de cocotero, así como el monitoreo y mediciones de variables de crecimiento en cada planta producto de una semilla germinada.

LITERATURA CITADA

- Carrillo, R.H., Cortazar, R.M., y Piña, R.J. 2001. Biología floral de *Cocos nucifera* L., cultivar Malayo Enano Amarillo. Folleto científico. INIFAP, SAGARPA, México. 46 p.
- Chan, E., and Elevitch, C.R. 2006. *Cocos nucifera* (coconut). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Ver. 2.1. <http://www.traditionaltree.org>. (Consultado el 09 de Junio de 2015). 27 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju, SE. 1993. Recomendações técnicas para o cultivo do coqueiro. Aracaju. EMBRAPA. CPATC. Circular Técnica, 01. 44 p.
- Parrotta, J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut Palm, Palma de Coco. SO-ITFSM-57. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.
- SNICS. 2014. Guía técnica para la descripción varietal de cocotero (*Cocos nucifera* L.). SAGARPA, SNICS, México. 37 p.

COMPORTAMIENTO DE HIBRIDOS Y VARIEDADES DE PAPAYA PARA CONSUMO NACIONAL Y EXPORTACION EN TABASCO

PERFORMANCE OF PAPAYA HYBRIDS AND VARIETIES FOR NATIONAL MARKET AND EXPORT IN TABASCO, MEXICO

¹Mirafuentes Hernández F, ²Santamaría Basulto F, ³Vázquez Hernández M, ¹Azpeitia Morales A, ⁴ Rico Ponce HR.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km. 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México. ² Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP, Campo Experimental Mocochoá. Calle 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P.97130. Mérida Yucatán, México. ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla, km 34 Carr. Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz, México. Centro de Investigación Regional (CIR-PACIFICO CENTRO) Campo Experimental Valle de Apatzingan. Km. 17.5 Carretera Paracuaro, Michoacán. Autor de correspondencia: mirafuentes.felipe@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México la falta de semilla mejorada de papayo y la susceptibilidad a plagas y enfermedades de las variedades e híbridos introducidos, ha motivado a formar y evaluar nuevos genotipos, sobre todo hacia la búsqueda de resistencia a carpeloidia, plagas y enfermedades. El objetivo del presente trabajo fue evaluar variedades e híbridos de papaya que toleran plagas, enfermedades y carpeloidia, pero con un periodo de anaquel similar a Maradol o Sunrise comparado con variedades comerciales actuales. Se evaluaron los genotipos Maradol Roja, Maradol Cera, Sunset, MSXJ, BS y BS-2 en el Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP. El semillero se estableció el 30 de septiembre y el trasplante se realizó el 9 de noviembre de 2015. Se evaluó la altura de planta, altura al primer fruto, número de frutos, frutos sanos, frutos deformes, peso de fruto y rendimiento en toneladas por hectárea. El híbrido MSXJ presentó el mayor rendimiento seguido por la variedad BS y la mayor producción de frutos alargados también fue por MSXJ y el segundo lugar fue por BS.

Palabra clave: *Híbrido, MSXJ, papaya, polinización BS.*

INTRODUCCIÓN

En México la falta de semilla mejorada de papayo y la susceptibilidad a plagas y enfermedades de las variedades e híbridos introducidos ha motivado a formar y evaluar nuevos genotipos, sobre todo hacia la búsqueda de resistencia a carpeloidia, plagas y enfermedades (virosis); recientemente fue desarrollado el híbrido denominado "Azteca" que se adapta a las condiciones ambientales tropicales de la región el cual es tolerante a virosis y ácaros (Mirafuentes y Azpeitia, 2008).

La formación de nuevos genotipos por mejoramiento genético convencional para la búsqueda de genotipos con mejores características se ha realizado en Cuba por Posada y Gómez (2010) en donde realizaron diferentes cruzamientos usando como progenitor la variedad Maradol y otras variedades comerciales, encontrando que el híbrido F procedente de la cruce entre Maradol roja y Strawberry presentó un peso de 1.0 kg y 14° brix. En Costa Rica, Mora y Bogantes (2004), han evaluado diferentes híbridos de papaya, encontrando que los híbridos más promisorios para esa región son Pococi y MGXHC95-6 por tener un peso de fruto de 1.29 y 1.75 kg; 41 y 37 frutos por planta por lo cual se tuvo un rendimiento de 86.7 y 108.8 toneladas por hectárea respectivamente.

Los tipos o variedades criollas son tolerantes a plagas y enfermedades y la deformación de frutos es mínima, pero sus frutos son heterogéneos con un periodo de anaquel corto, peso de 3.0 a 4.0 kg y una longitud de 40 cm, por lo cual no son aceptados en el mercado por lo que consideramos que la combinación entre líneas criollas y variedades comerciales podrían mejorar la calidad de nuevos genotipos, por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue evaluar variedades e híbridos de papaya que toleran plagas, enfermedades y carpeloidia, pero con un periodo de anaquel similar a Maradol o Sunrise comparado con variedades comerciales actuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se inició el 30 de septiembre del 2015 con la siembra de los almácigos de los genotipos Maradol Roja, Maradol Cera, Sunset, MSXJ, BS y BS-2 en condiciones protegidas. Se utilizaron charolas de 50 cavidades con sustrato Cosmopeat, depositando una semilla por cavidad. En el Campo Experimental Huimanguillo del INIFAP fue donde se estableció el experimento. La preparación del terreno se hizo a finales del mes de octubre de 2015 con barbecho, rastreo y zanjeado, esta última a 2.5 m. El 9 de noviembre de 2015 se hizo el trasplante a campo a una distancia entre mata y mata (surco) de 2.0 m. En el caso de las variedades se establecieron 3 plantas por cepa y para el caso del híbrido se colocaron 4 plantas por cepa, para posteriormente hacer el sexado y dejar solamente una planta hermafrodita. La parcela experimental fue de cuatro filas con siete plantas por cada una, cinco repeticiones y un diseño de bloque al azar. Las variables evaluadas fueron, altura de planta, altura al primer fruto, número de frutos, frutos sanos, frutos deformes, peso de fruto y rendimiento en toneladas por hectárea. Esto se evaluó en las plantas hermafroditas ubicadas en las filas centrales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro (1) se observa que en la variable altura de planta, la variedad Sunset (hawaiana) fue significativamente más alta comparada con el resto de los genotipos que estadísticamente no tuvieron diferencia significativa. Resultados similares se presentaron en la altura al primer fruto, donde Sunset también fue la de mayor altura; ambas variables son poco aceptadas por los productores por considerar que son más susceptibles al acame y que los frutos criollos presentan su fructificación con menor altura sobre el suelo.

Cuadro 1. Desarrollo de planta y producción de frutos de 6 genotipos de papaya

	VARIABLES					
Tratamientos	Altura planta	Altura primer fruto	No.frutos elongatas/planta	No.frutos deformes	Peso de fruto (k)	Rendimiento ton/ha
Maradol roja	1.7 B	0.60 B	27 BC	7 AB	1.1 BC	53 C
Maradol cera	1.6 B	0.60 B	23 C	7 AB	0.8 C	39 CD
Sunset	2.3 A	1.06 A	27 BC	11 A	.60 D	10 D
Híbrido MSXJ	1.9 B	0.68 B	45 A	4 B	1.5 A	132 A
Variedad BS	1.8 B	0.67 B	40 AB	4 B	1.2 AB	98 AB
Variedad BS-2	1.7 B	0.65 B	34 ABC	3 B	1.0 BC	71 BC

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

En la variable número de frutos elongatas, el híbrido MSXJ fue significativamente mayor con 45 frutos por planta que son los tipos de frutos que demanda el comercializador y por lo tanto el consumidor. El segundo lugar lo ocupó BS con 40 frutos por planta; en relación en la variable frutos deformes, el mayor promedio fue para Sunset con 11 frutos por planta, valor que es muy alto comparada con Maradol roja y Maradol cera, ya que ambas ocupan el segundo lugar con un promedio de 7 por planta. Los genotipos MSXJ, BS y BS-2 tuvieron el menor promedio de frutos deformados y fueron estadísticamente igual entre ellos; los frutos deformes incluyen pentandria intermedios y cornetilla.



Fig. 1 Productividad y número de frutos del Híbrido MSXJ en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

En el peso de frutos, el valor más alto fue para el híbrido MSXJ con promedio de 1.5 kg por fruto, el segundo lugar fue para BS con 1.2 k, ambos son aceptados por el consumidor, pero el híbrido tiene la cualidad de tener una firmeza similar a Maradol, según lo indica Santamaría y colaboradores (2014). Este mismo autor, pero en 2015 menciona que BS y BS-2 son menos firmes que Maradol pero de mayor contenido de grados brix. En el rendimiento de toneladas por hectáreas también el híbrido MSXJ fue el mejor, con 132 toneladas seguidos por BS con 98 y BS-2 con 71, los tres fueron superiores a Maradol que solamente tuvo 53 ton/ha (Fig. 1).

CONCLUSIONES

En el ciclo otoño- invierno en Tabasco, el híbrido MSXJ presentó el mayor rendimiento por hectárea seguido por la variedad BS.

El híbrido MSXJ también tuvo la mayor cantidad de frutos comerciales y la variedad BS ocupó el segundo lugar.

LITERATURA CITADA

- Mirafuentes, H.F.; Santamaría, B.F y Azpeitia, M.A. 2014. BS y BS-2 variedades de papaya para consumo regional con tolerancia a altas temperaturas durante la etapa de floración. Memoria de la reunión nacional de innovación agrícola. Yucatán 2014. 1(1):249.
- Mora, E; y Bogantes, A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococi Limón Costa Rica Agronomía Mesoamericana 15(1) 39-44.
- Posada, L; Gomes, R; Pérez, J; Reyes, M; y Norman, O. 2010. Desarrollo de un nuevo híbrido de papaya (*Carica papaya* L.) IBP. Ciencia y Tecnología de América 35 (6) 461-465.
- Santamaría, B.F.; Mirafuentes, H.F y Rico, P.H.R.2014. MSXJ Híbrido de papaya sin carpeloidia. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán. México. 30 p.
- Santamaría, B.F; Mirafuentes, H.F y Azpeitia, M.A 2015. BS y BS-2 VARIEDADES DE PAPAYA CON RESISTENCIA A ALTAS TEMPERATURAS Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán. México. 19 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán. México. 30 p.

HONGOS FITOPATÓGENOS IDENTIFICADOS EN *Jatropha curcas* L., VERACRUZ, MÉXICO

PHYTOPATHOGENIC FUNGI IDENTIFIED IN *Jatropha curcas* L., VERACRUZ, MEXICO

¹Quintas, Gabina S., ¹Palacios-Wassenaar, O., ²Soto-Estrada, A., ²Pérez-Vázquez, A. ¹Valdés-Rodríguez, O. y ³Martínez-Herrera, J.

¹Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto No. 26, Xalapa, Veracruz. Tel. 228 8415100.

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km. 88.5 municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. C.P. 91690 Tel. 229 2010770 ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. C.P. 86400. Tel. 01800 088 22 22

Autor por correspondencia: Soto-Estrada, A: alejandras@colpos.mx

RESUMEN

Jatropha curcas L. es una especie que destaca por su potencial energético y comestible; esto último en el caso de los ecotipos no tóxicos. Su cultivo ha sido ampliamente recomendado por sus características de adaptación a suelos pobres y a condiciones de sequía. Sin embargo, en México su productividad se ha reportado como baja, debido en parte al desconocimiento acerca del manejo agronómico de las plantaciones y a la incidencia de organismos fitopatógenos que las afectan. A pesar de ello, en la zona central del estado de Veracruz los estudios sobre la incidencia e identificación de patógenos en este cultivo son escasos. Este trabajo tiene como objetivo identificar y cuantificar el daño por fitopatógenos en cuatro procedencias de *J. curcas* establecidas en un banco de germoplasma localizado en la región central del estado de Veracruz. Para ello se monitorearon semanalmente y durante cuatro meses (septiembre a diciembre 2015) plantas con los síntomas en hojas y tallos como hojas amarillas y secas; enchinamiento de hojas, manchas necróticas y pudrición descendente de tallos. Durante el mismo período, en el laboratorio se analizaron muestras de material vegetativo sintomático y de suelo. Los resultados mostraron diferentes niveles de daño en cada procedencia evaluada. Se identificaron dos enfermedades principales, la pudrición del tallo por *Fusarium* sp. y la antracnosis causada por *Colletotrichum* sp. La accesión 02 presentó menor incidencia de síntomas, en contraste con la accesión 45. Se concluye que los daños registrados son altos y, dados los problemas que ocasionan a las plantas, su sobrevivencia y productividad podrían encontrarse en riesgo.

Palabras clave: *bioenergéticos, hongos fitopatógenos, Jatropha curcas*

INTRODUCCIÓN

Originaria de Mesoamérica, *Jatropha curcas* L. es un arbusto caducifolio que pertenece a la familia Euphorbiaceae (Enciso-Garay et al., 2013) y puede alcanzar hasta ocho metros de altura. Se distribuyó ampliamente en África, Asia y Latinoamérica (Wahl et al., 2012) debido a su potencial energético y como posible fuente de biodiésel (Makkar et al., 2008), un combustible que puede contribuir a mitigar el cambio climático. No obstante, al no alcanzar la producción esperada, un alto porcentaje de estas plantaciones fueron abandonadas (Wahl et al., 2012; Yi et al., 2014).

La tolerancia de esta especie para sobrevivir en suelos pobres y condiciones de sequía (Valdés-Rodríguez et al., 2014) la convierten en una panacea entre los cultivos bioenergéticos, ya que no compete por tierras agrícolas y contribuye a la recuperación de suelos erosionados (Valdés-Rodríguez et al., 2011). Debido a esta información, en muchos casos el cultivo se estableció sin programas de manejo adecuados, a pesar de ya existir reportes de baja productividad asociada a fitopatógenos (Terren et al., 2012; Wahl et al., 2012).

En México, a pesar de la escasa información sobre los fitopatógenos locales que podrán afectarles, se han establecido alrededor de 8,040 ha de *Jatropha curcas* (Wahl et al., 2012). Como parte de un esfuerzo para conservar las procedencias nativas, El Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz inició un banco de germoplasma de *Jatropha curcas ex-situ*; dicho banco se creó a partir de esquejes colectados en el estado de Veracruz. Durante el mantenimiento del banco se han observado en hojas y ramas síntomas severos asociados a daños ocasionados por organismos fitopatógenos, tales como manchas color café de forma angular y circular; manchas necróticas, algunas con un halo amarillo, y pudrición descendente de tallos, lo cual afecta el desarrollo y productividad de las plantas. Por ello, el

objetivo del presente trabajo fue identificar los organismos fitopatógenos presentes, cuantificar el daño de éstos en cada procedencia y determinar su relación con las condiciones climáticas de temperatura, precipitación y humedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El banco de germoplasma evaluado se encuentra ubicado en el Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz, municipio de Manlio Fabio Altamirano, en la zona centro del estado de Veracruz, coordenadas 19° 11' 14.92" LN y 96° 20' 47.03" LO a una altitud de 25 msnm. El clima es trópico subhúmedo con una temperatura promedio de 25°C y precipitación anual acumulada de 1239 mm, circunscrita en su mayor parte a cuatro meses del año (junio a septiembre); el suelo es de tipo vertisol con textura franco arcillo-arenosa. El banco se estableció en junio de 2012, a partir de esquejes de accesiones provenientes de diversas localidades del estado de Veracruz. Está constituido por 20 accesiones con 20 repeticiones cada una; separadas tres metros entre surcos y dos metros entre plantas, teniendo una densidad de 1666 plantas/ha. Previo a la investigación no se dio ningún manejo, excepto el control de malezas de forma manual.

Se seleccionaron cuatro accesiones (02, 19, 26 y 45) con diferentes contenidos de ésteres de forbol, que van desde 0.075 a 1.537 mg/g, de acuerdo con lo reportado por Cruz-Rubio et al., (2015). En el Cuadro 1 se resumen las características agroclimáticas de las regiones origen de las cuatro accesiones, así como las condiciones edáficas y ambientales del banco de germoplasma, en donde fueron establecidas.

Cuadro 1. Datos agroclimáticos de las zonas de origen de las cuatro accesiones de *J. curcas* y el sitio donde se localiza el banco de germoplasma.

Característica	Banco de germoplasma	Accesión 02	Accesión 19	Accesión 26	Accesión 45
Municipio	Paso de Ovejas	Actopan	Tamiahua	Papantla	Amatlán de los Reyes
Altitud (msnm)	25	4	30	109	670
Precipitación (mm)	1430 - 1465	1100-1300	2500	1100-1600	1900-2600
Pendiente %	4.0	4.1	0	7.5	3.6
Temperatura °C	25	25	23	24	21
Tipo Suelo	Vertisol	Regosol	Vertisol	Regosol	Vertisol
Textura	Fina	Gruesa	Fina	Media	Fina
Ésteres de forbol		1.537	0.075	0.299	0.177

Registro de variables y procesamiento de las muestras

En el mes de septiembre de 2015 se observaron las plantas con síntomas fitopatológicos y se determinó evaluar, durante el período de septiembre a diciembre de 2015, la incidencia de: hojas amarillas y secas, enchinamiento de hojas, manchas foliares necróticas y la pudrición descendente de tallos (Figura 1). Las evaluaciones se realizaron semanalmente y la incidencia se midió en porcentaje. Para los tallos, además de la incidencia se cuantificó el número de ramas podridas por planta.

En el mismo periodo se recolectaron muestras de material vegetativo con los síntomas descritos anteriormente. También se recolectaron raíces y una muestra de suelo como lo indica la NOM-021REC/NAT 2000 (SEMARNAT, 2002). Las muestras de material vegetativo se colocaron en bolsas de papel estraza y se trasladaron al Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa, S.C. (LATEX) para su análisis fitopatológico. Las muestras de suelo se enviaron al Departamento de Edafología del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo.



Figura 1. Síntomas fitopatológicos (en orden de izquierda a derecha): hojas amarillas y secas, enchinamiento de hojas, manchas foliares necróticas y pudrición descendente de tallos observados en plantas nativas de *J. curcas*

Las técnicas para la identificación variaron de acuerdo al tipo de patógeno observado o aislado: para los hongos se utilizó medios de cultivo *in vitro* y cámara húmeda, observación al microscopio con uso de claves taxonómicas y comparación con colección de referencia; para nemátodos, licuado, tamizado y centrifugado, observación al microscopio y uso de claves taxonómicas; y para bacterias, aislamiento y cultivo *in vitro*, descripción colonial y pruebas de reacción bioquímica. En las muestras de suelo se estimó el pH, el porcentaje de materia orgánica y los macro y micro nutrientes disponibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación en campo

La incidencia registrada considerando las cuatro accesiones fue la siguiente: hojas con manchas necróticas 48%, enchinamiento de hojas 21%, pudrición descendente de tallos 17% y en último lugar hojas secas o amarillas 9%. La accesión 02 presentó los porcentajes más bajos de daño por manchas necróticas y pudrición de tallos. Por el contrario, la accesión 45 presentó los mayores porcentajes de daño, con valores de hasta 60% en manchas necróticas y 55% en enchinamiento de hojas; seguida por la accesión 26, que presentó la mayor incidencia (hasta 70%) de manchas necróticas en hojas (Cuadro 2 y Figura 2). Comparando los datos agroclimáticos de la zona de origen de las cuatro accesiones de *J. curcas* con las del área de estudio presentados en el Cuadro 1, se aprecia que la accesión 45, proveniente de Amatlán de los Reyes, presenta la mayor diferencia entre las características de altitud, temperatura y precipitación de su sitio de origen en relación con las del banco de germoplasma. De ello se deduce la posibilidad de que las plantas hayan manifestado problemas para adaptarse a su nuevo ambiente o bien que los fitopatógenos locales no se encuentren en su zona de origen; por lo que no han desarrollado defensas naturales contra ellos y se requiere un mayor periodo de adaptación, que podría hacerlas menos susceptibles.

Cuadro 2. Porcentajes Máximos y mínimos de incidencia de los síntomas fitopatológicos en cuatro accesiones de *J. curcas*.

Accesión	Síntoma fitopatológico							
	Hojas secas y amarillas		Enchinamiento de hojas		Manchas necróticas en hojas		Pudrición de tallos	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
02	28	3	0	0	55	25	18	8
19	19	1	43	6	62	38	27	7
26	28	3	50	20	70	45	23	8
45	30	3	55	10	60	45	30	15

En la Figura 3 se observa que la incidencia de manchas necróticas en hojas está relacionada con la precipitación. La mayor incidencia coincide con los picos de precipitación y disminuye cuando la precipitación es menor; no se observó relación entre este síntoma y la humedad relativa. En la Figura 4 se observa cómo la pudrición descendente de tallos se incrementa aproximadamente una semana después de los picos de precipitación, lo cual es un indicador del desarrollo de la enfermedad y de decisión para el control preventivo.

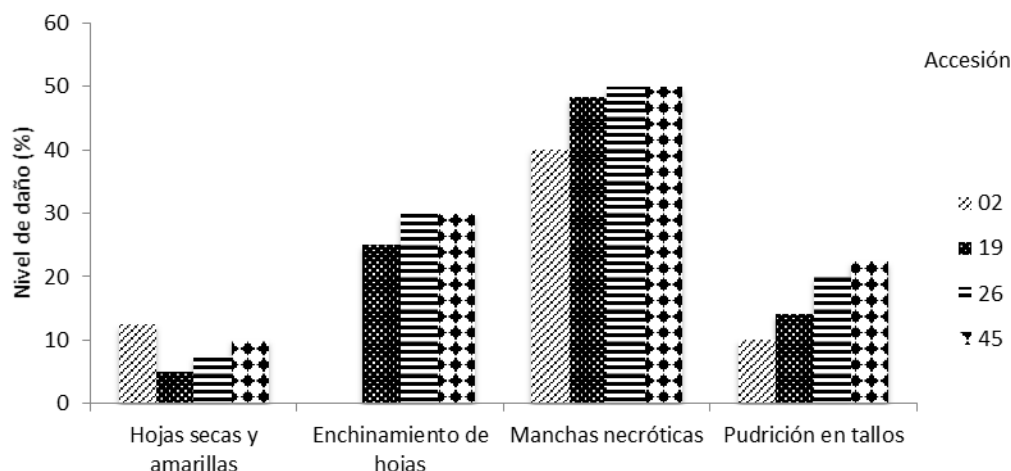


Figura 2. Incidencia de síntomas por accesión de *J. curcas*.

En todas las accesiones se observó pudrición descendente en tallos (Figura 2) con una incidencia promedio entre 10% y 23%. En promedio las accesiones 02, 19 y 26 presentaron siete ramas podridas por planta, en cambio la accesión 45 presentó en promedio trece ramas podridas por planta.

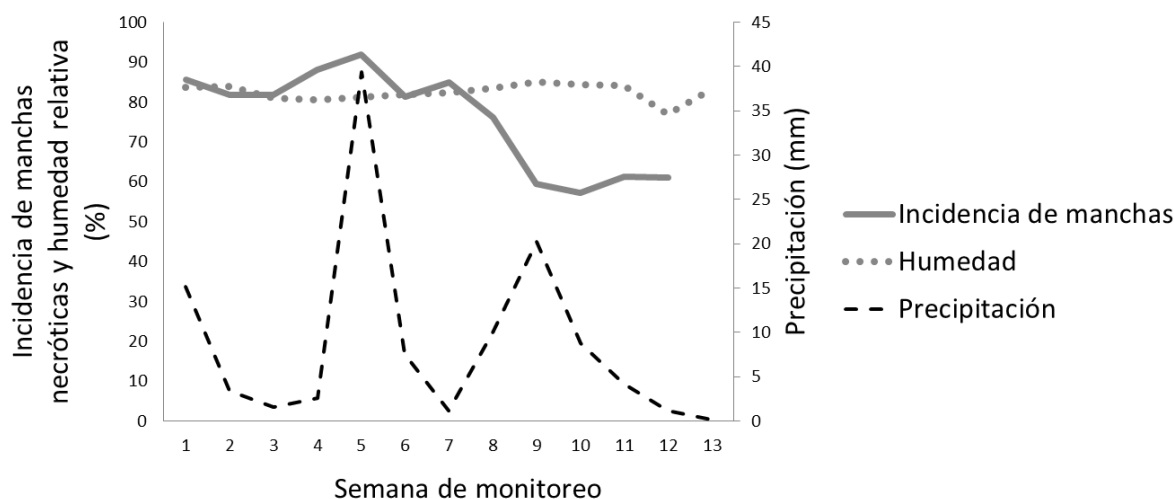


Figura 3. Relación de la incidencia de manchas necróticas en *J. curcas* con la precipitación y la humedad relativa.

Evaluaciones de laboratorios

Análisis de suelo. El pH del suelo en el área de estudio fue de 5.3 (moderadamente ácido). Este valor se considera por debajo del intervalo recomendado para el cultivo de *J. curcas*, que es de 5.8 a 6.4 (Valdés-Rodríguez et al., 2011). Los valores de materia orgánica y de fósforo disponible se encuentran en un nivel bajo y ambos son indicadores clave para evaluar la calidad de un suelo productivo, ya que su baja proporción, aunado a lo arcilloso del suelo, dificulta la absorción de los nutrientes y genera plantas más susceptibles a la infección por hongos del suelo. El calcio, magnesio, potasio y fierro se ubican dentro del nivel medio definido por la NOM-021 (SEMARNAT, 2002).

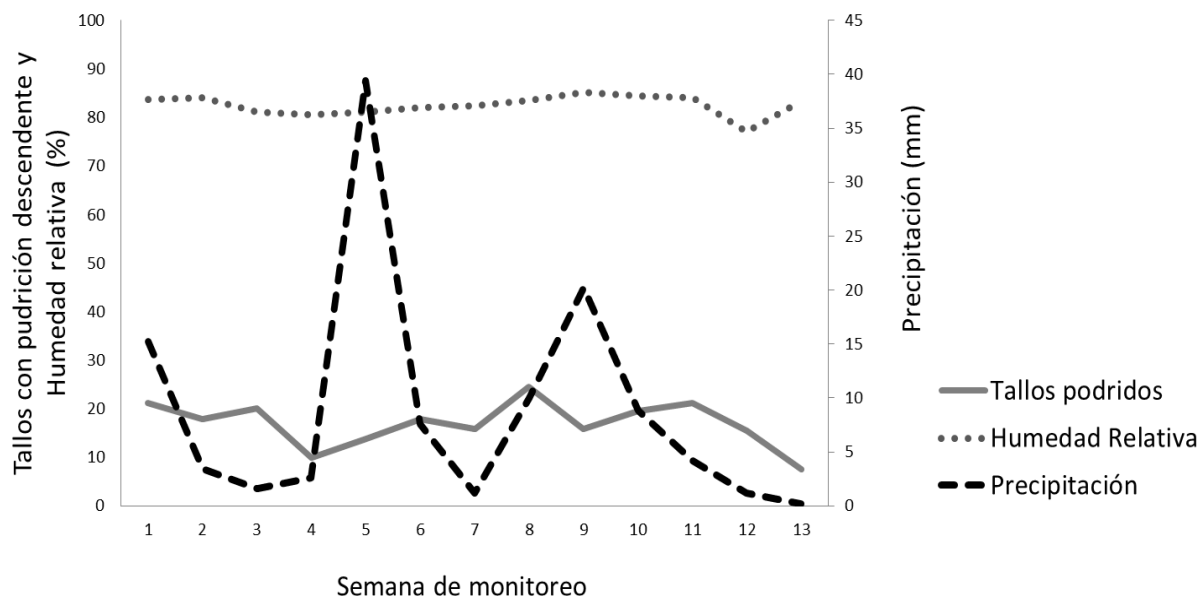


Figura 4. Relación entre la incidencia de la pudrición descendente de tallos en *J. curcas*, la precipitación y la humedad relativa.

Análisis fitopatológico. Los resultados de laboratorio fueron negativos para plagas cuarentenarias en hongos, nemátodos y bacterias. Se identificaron los siguientes hongos: *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Curvularia* sp., *Cladosporium* sp. y *Sclerotium cepivorum* Berk. La presencia de *Fusarium solani* en *Jatropha curcas* coincide con lo reportado por Machado et al., (2012) quienes señalan a esta especie como uno de los principales patógenos en plantaciones de *J. curcas* en Brasil, que ocasiona la pudrición de tallos y raíces y el marchitamiento de las hojas. Por otro lado, el género *Fusarium* es ampliamente reportado en plantaciones de *J. curcas*, tanto en México, con las especies *F. equiseti* (Corda) Sacc. y *F. phaseoli* (Burkh.) T. Aoki & O'Donnell (Quiroga-Madrigal et al., 2014), así como en India, con la especie *F. moniliforme* J. Sheld. (Kumar, 2013).

El género *Sclerotium* es un organismo patógeno del suelo; su aislamiento en este trabajo no necesariamente indica ser patógeno del cultivo. Sin embargo, su presencia da pauta para realizar estudios de patogenicidad y determinar su posible relación con *J. curcas*.

El síntoma de la pudrición descendente de tallos es similar al síntoma reportado en Chiapas por Quiroga-Madrigal et al., (2014) causado por *Fusarium* sp. y por *Botrydiploidia* sp. Sin embargo, no se pudo aislar este hongo por lo que es necesario continuar con los análisis correspondientes para corroborar su presencia en estas accesiones. Las manchas necróticas en hojas correspondieron a la antracnosis ocasionada por el hongo *Colletotrichum* sp. (Machado et al., 2012). Al respecto, Quiroga-Madrigal et al. (2014) reportaron que esta antracnosis es un complejo donde se involucran las especies *C. gloeosporioides* (Penz.) y *C. circinans* (Berk). En este caso es importante confirmar si una o ambas especies están involucradas.

Es ampliamente reconocido que los hongos atacan con mayor fuerza a plantas que se desarrollan en suelos pobres, con baja fertilidad, elevado estrés hídrico y en condiciones de elevada humedad ambiental (Ogunwole, J. et al., 2008). También es importante mencionar que, durante todo el período de evaluación, el registro de humedad de la zona fue superior al 80%; por lo que es posible que este factor haya contribuido al desarrollo de los fitopatógenos involucrados. Además, la alta densidad de plantas, con los follajes densos que las caracterizan, provocan un microclima de muy alta humedad, posiblemente en muchos casos superior al 90%, por lo que es posible que las distancias de separación entre plantas (3.0 x 2.0 m) no sean adecuadas para esta especie.

A partir de los datos de la zona de origen de las accesiones se puede observar que, con excepción de la accesión 45, la precipitación en el banco de germoplasma fue mayor a la registrada en los sitios de origen. En el mismo sentido, la textura del suelo del banco de germoplasma, clasificada como fina, dificulta la respiración de las raíces y propicia una mayor retención de humedad. Este exceso de

humedad, tanto del aire como del suelo, podría estar generando condiciones favorables para el desarrollo de los hongos fitopatógenos detectados en esta investigación.

Es posible también que, el establecimiento de la plantación a partir de esquejes haya propiciado plantas más débiles en su sistema radical (Valdés-Rodríguez et al., 2014), así como un área susceptible al ataque de hongos, lo cual impactó sobre la capacidad de las plantas para obtener los nutrientes necesarios y ser menos susceptibles al ataque de patógenos.

Finalmente se debe destacar que el establecimiento del banco como un monocultivo, facilita la propagación de los patógenos, al no existir especies barreras. Ante esto es necesario recalcar que el establecimiento de *J. curcas* en grandes monocultivos no es recomendable, a menos que se apliquen controles fitosanitarios; por lo que las referencias que señalan a esta especie como tolerante a plagas y enfermedades, podrían no ser aplicables a los climas subhúmedos, como el de la región.

CONCLUSIONES

Las diferentes accesiones de *J. curcas* presentaron diversos niveles de daños asociados con hongos fitopatógenos. Estos daños tienen relación principalmente con la adaptación de las accesiones a los sitios agronómicos donde se siembran o se transfieren. Es por ello que las accesiones provenientes de otros sitios muestran mayor incidencia o daño por patógenos; en este caso hongos. Las plantas más susceptibles fueron las procedentes de regiones agroclimáticas más contrastantes con el banco de germoplasma.

Los síntomas observados y evaluados coinciden con los reportados en otras regiones y con los organismos aislados e identificados; sin embargo, en casos como el de los géneros *Botryodiplodia* y *Colletotrichum* es necesario corroborar su etiología en las accesiones bajo estudio.

La accesión 02 presentó menor incidencia de las enfermedades detectadas en este estudio, en contraste con la accesión 45. No obstante, se requieren mayores estudios para determinar los factores involucrados en este comportamiento. Por lo tanto, es relevante monitorear los problemas fitopatológicos que presentan estas cuatro accesiones en su zona de origen (*in situ*) y compararlos con los resultados de este estudio; esto, indudablemente, relacionado con las condiciones agroclimáticas de la zona de estudio. Igualmente se recomienda evaluar el potencial de esta accesión como posible material para mejoramiento genético con fines de tolerancia a fitopatógenos locales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Departamento de Edafología de Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) por su apoyo en la realización de los análisis de suelo, fundamentales para llevar a cabo la presente investigación; y al Colegio de Postgraduados por el apoyo del Laboratorio de Fitopatología y trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Cruz-Rubio, B., Pérez-Vázquez, A., Pérez García, E., López Gallardo, F. y Soto Hernández, R. (2015). Análisis químico-morfológico comparativo de accesiones de *Jatropha curcas* L. del estado de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 589-601.
- Enciso-Garay, C. R., Agustín, F., Ocampo, V., Rossmay, V., & Oviedo, S. (2013). Seed quality in collections and accessions of *Jatropha curcas* L., 49–54.
- Kumar S., S. (2013). Endophytic fungi from *Jatropha curcas*: a preliminary study. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*, 2(2), 26-29.
- Machado, A. R., & Pereira, O. L. (2012). Major Diseases of the Biofuel Plant , Physic Nut (*Jatropha curcas*). *Biodiesel - Feedstocks, Production and Applications*. <http://doi.org/10.5772/52336>
- Makkar, P. S., & Graduados, D. (2008). Contents of Oil, Protein and Phorbol Ester in Toxic and Non-Toxic Genotypes of *Jatropha curcas*, 3(3), 260–265.
- Ogunwale, J. O., Chaudhary, D. R., Ghosh, A., Daudu, C. K., Chikara, J., & Patolia, J. S. (2008). Contribution of *Jatropha curcas* to soil quality improvement in a degraded Indian entisol. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 58(3), 251–295. <http://doi.org/Doi.10.1080/09064710701628925>
- Quiroga-Madrigal, R., Rosales-Esquinca, M., Rincón-Espinosa, M., Aguilar-Astudillo, E., Garrido-Ramírez, E., Holguín-Meléndez, F., González-Pinacho, J., Salazar-Pinacho, Wester y Sol-Hernández, G. (2014). Enfermedades del piñón. In A. Pérez-Vázquez, O. A. Valdés-Rodríguez, & E. García-Pérez (Eds.), *Manual de buenas prácticas para el cultivo de Jatropha curcas* L. (pp. 38–50). México: Colegio de Postgraduados.
- SEMARNAT. (2002). Especificaciones para suelos, muestreo y análisis. *Diario Oficial de La Federación*, 85.
- Terren, M., Mignon, J., Declerck, C., Jijalki, H., Savery, S., Haveskercke, P. J. De, Mergeai, G. (2012). Principal Disease and Insect Pests of *Jatropha curcas* L. in the Lower Valley of the Senegal River. *Tropicultura*, 30(1), 222–229.

- Valdés-Rodríguez, O. A. & Pérez-Vázquez, A. (2014). Propagación y manejo. En Manual de buenas prácticas para el cultivo de *Jatropha curcas* L. Pérez-Vázquez, A., Valdés-Rodríguez, O. A. & E. García-Pérez (Eds.), (pp. 13–19). México: Colegio de Postgraduados.
- Valdes-Rodriguez, O. A., Sánchez-Sánchez, O., Pérez-Vázquez, A., & Ruiz-Bello, R. (2011). Soil texture effects on the development of *Jatropha* seedlings – Mexican variety “piñón manso.” *Biomass and Bioenergy*, 35(8), 3529–3536. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.05.003>
- Wahl, N., Hildebrandt, T., Moser, C., Averdunk, K., & Bailis, R. (2012). Insights Into *Jatropha* Projects.
- Yi, C., Reddy, C., Varghese, K., Ha Bui, T. N., Zhang, S., Kallath, M., Hong, Y. (2014). A new *Jatropha curcas* variety (JO S2) with improved seed productivity. *Sustainability* (Switzerland), 6(7), 4355–4368. <http://doi.org/10.3390/su6074355>

EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE PROGENIE DE CEDRO ROJO (*Cedrela odorata* L.) EN EL CAMPO EXPERIMENTAL "LA BANDERA" MPIO. ACTOPAN, VERACRUZ.

EVALUATION OF A TEST OF PROGENY OF RED CEDAR (*Cedrela odorata* L.) IN THE FIELD EXPERIMENTAL "FLAG" MPIO. ACTOPAN, VERACRUZ.

¹Melchor Guzmán MR, ¹Rodríguez Rivas G, ¹Pérez Vásquez FX

¹Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana. Calle Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Col. Zona Universitaria, C.P. 91090. Xalapa, Veracruz, México.

Autor para correspondencia: mar.rous.07@gmail.com

RESUMEN

La reforestación en México es una actividad forestal de gran importancia para restaurar y volver productivas las áreas deforestadas y degradadas. A nivel nacional solo un 40% de las áreas reforestadas cuentan con un nivel aceptable de supervivencia y calidad. Los ensayos de progenie cobran importancia ya que éstas se realizan para estimar el nivel de variación genética de un individuo y así poder escoger las mejores características fenotípicas de interés para trabajos de reforestación. Para asegurar el éxito de las plantaciones en la zona de Actopan, Ver., es necesario contar con germoplasma mejorado de poblaciones locales o plantaciones probadas y adaptadas a las condiciones ambientales particulares de la zona, el rancho de "La Bandera" es un relicto representativo de la selva baja. El presente trabajo consistió en el establecimiento de un ensayo de progenie de Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) dónde se distribuyeron aleatoriamente 20 familias con el propósito de evaluar el comportamiento del crecimiento de los brinzales considerando las variables diámetro y altura, y conocer cuáles de las familias se están adaptando mejor a las condiciones particulares del sitio, además de contar con un sitio de monitoreo permanente para futuras evaluaciones. Como resultado se obtuvo que para la variable altura esta mostró diferencias significativas en las familias 4, 2 y 21 que se destacaron por sobre las demás. Los incrementos en diámetro no presentaron diferencias significativas, sin embargo, los mayores incrementos se presentaron en las familias del sitio 1 como del sitio 4. Se concluye que estos resultados pudieron deberse a las condiciones del sitio dónde se plantaron las diferentes familias ya que estos no son homogéneas. En lo general se concluye que, en esta etapa de desarrollo de la especie, ésta fue competitiva para el sitio donde se estableció.

Palabras clave: *Cedrela odorata*, progenie, plantaciones, variación, ensayo.

INTRODUCCIÓN

En el país la actividad forestal en los bosques tropicales se ha basado en la extracción selectiva de cedro y caoba, ya que éstas han sido el sustento de la actividad forestal en el trópico mexicano.

En México, su explotación se ha convertido en un problema, ya que ha reducido su variación genética, así como grandes extensiones de selvas medianas y altas provocando la deforestación, pues al carecer de especies de alto valor comercial las selvas pierden su importancia como fuentes de recursos económicos para los productores y en consecuencia el uso del suelo se cambia para la agricultura y/o ganadería (Díaz-Maldonado et al. 2007).

Para asegurar el éxito de las plantaciones en la zona de Actopan, Ver., es necesario contar con germoplasma mejorado de poblaciones locales o plantaciones probadas y adaptadas a las condiciones ambientales particulares de la zona, el rancho de "La Bandera" es un relicto representativo de la selva baja que comparte factores edafo-climáticos y topográficos de los sitios considerados como improductivos, los cuales se encuentran subutilizados o en desuso.

Por ello es necesario realizar estudios de variación tanto de poblaciones como de familias de las especies, dónde la altura y el diámetro de los brinzales son indicadores de la variación que guardan las poblaciones y familias de las fuentes establecidas, como es el caso del estudio que se presenta con cedro rojo.

OBJETIVOS

Objetivo general. Evaluación de un ensayo de progenie. de *Cedrela odorata* L., para conocer el comportamiento en crecimiento.

*Identificar las familias cuyas plantas muestren un mejor desarrollo de acuerdo a las variables diámetro y altura.
*Caracterizar el comportamiento de las familias de *Cedrela odorata* L.

Ha: No existen diferencias significativas entre las familias para las variables diámetro y altura.

El sitio de estudio se ubica en el campo experimental “La Bandera” perteneciente al municipio de Actopan, Ver., en el kilómetro 11 de la Bocana a Actopan, a 19° 27' 33.62" de latitud norte y 96° 34' 15.35" de longitud oeste, con una altitud promedio de 183 msnm (INEGI, 2012). El área de estudio se encuentra dentro de las 7 hectáreas que componen el área de conservación del campo experimental en una superficie de 2, 548 m² (Figura 1).



Figura 1. Microlocalización del área de estudio.

 Cedro rojo
(Cedrela odorata L.)

 Plantas no sembradas

Diseño. Se partió de una plantación previamente establecida donde se incluyeron 4 especies, dentro de las cuales se encuentra cedro rojo, solo para esta especie los brinzales se distribuyeron aleatoriamente por familias (progenie) en toda el área que cubre la plantación. La progenie provino de un ensayo de procedencias/progenie establecido en el año 2000 en la localidad La Balsa, Mpio. de Emiliano Zapata, Ver., que incluye a tres procedencias de la especie, Catemaco (zona sur), La Antigua (zona centro) y Juchique (zona norte). Al interior de la plantación (ensayo de especies) se identificaron por familias los brinzales de cedro rojo (Figura 2).

El área total de la plantación se dividió en 4 sitios ya que las características del sitio no fueron homogéneas, por lo anterior se realizó una caracterización de manera heurística de cada uno de los sitios identificados que a continuación se describen:

Sitio 1. Este sitio se encuentra en la parte baja de la pendiente, acumula mayor cantidad de materia orgánica producto de la defoliación del arbolado y erosión del suelo, mayor profundidad del suelo (40 cm) y mejor retención de humedad.

Sitio 2. Suelo delgado (5 cm), poca materia orgánica, poca retención de humedad. Sitio 3. Aflora la roca madre, sin retención de humedad, menor luminosidad que en el sitio dos.

Sitio 4. Baja materia orgánica, sin retención de humedad, erosión alta. Está en la parte más alta de la pendiente, este sitio es el menos favorecido ya que los beneficios producto de la defoliación de los árboles están pendiente abajo (Figura 3).

Se realizaron 3 mediciones cada 2 meses, para la variable altura se utilizó un flexómetro y se midió de la base del tallo al ápice de crecimiento, la variable diámetro se midió en la base del tallo con un vernier electrónico. Se realizó un análisis exploratorio comparativo entre las familias, de igual forma se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (prueba de tukey). Con el propósito de agrupar las familias con base al comportamiento de las variables estudiadas y posteriormente caracterizarlas, se llevó a cabo un análisis de cluster usando el algoritmo del vecino más cercano y a través de la distancia euclidiana; los datos fueron analizados usando el programa de STATISTICA 8 (StatSoft).

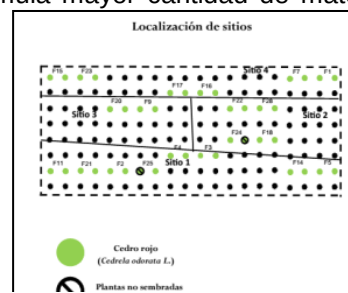


Figura 3. Localización de sitios en el área de estudio.

Comportamiento de las variables altura y diámetro. Para la variable altura se reportó menor variabilidad en la familia 4; no obstante las familias 16 y 18, que mostraron mayor variabilidad. Con respecto al diámetro de los tallos de las plantas de cedro se observaron que aquellas de la familia 4 y 17

mostraron mayor variabilidad, mientras que el resto de las familias no obtuvieron una buena variabilidad (Figura 4).

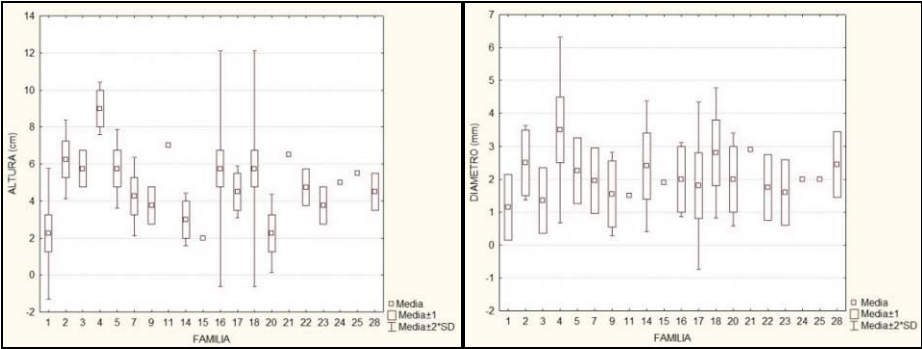


Figura 4. Comportamiento de la variable altura y diámetro por familia de Cedro rojo.

Análisis de varianza. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas para la variable altura entre las familias (Cuadro 1). En cambio para la variable diámetro mostró diferencias pero no significativas con un nivel de confianza del 95%.(Cuadro 2).

Cuadro 1. ANOVA de la variable altura

ALTURA (cm)		F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	P
		FAMILIA	19	100.66	5.29	2.66	0.029810
		ERROR	15	29.87	1.99		
		TOTAL	34	130.84			

Cuadro 2. ANOVA de la variable diámetro

	F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	P
DIÁMETRO (mm)	FAMILIA	19	11.260	0.59	1.11	0.419072
	ERROR	15	7.95	0.53		
	TOTAL	34	19.21			

Prue
ba
de
Tuke

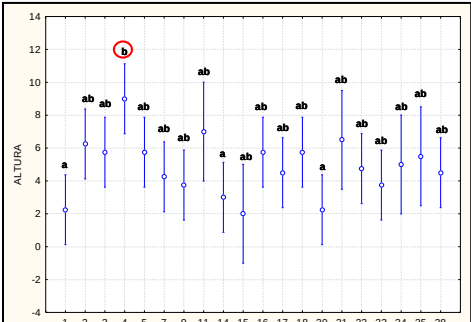


Figura 5. Comparación de las medias de la variable altura en las familias de cedro.

la variable altura se muestran en el sitio 1 que se encuentra en la parte baja de la pendiente por lo que acumula mayor cantidad de materia orgánica y puede retener humedad aunque no abundantemente, para la variable diámetro los mejores incrementos fueron en el sitio 2, este sitio retiene menos humedad y posee un porcentaje menor de materia orgánica (Figura 6).

y. Para la variable altura que presentó diferencias significativas se realizó la prueba de medias Tukey ($p<0.05$) diferenciándose la familia 4 del resto ya que alcanzó la mayor longitud de crecimiento, las familias 1, 14 y 20 de igual forma se diferencian de las demás por presentar los menores incrementos en longitud, de acuerdo a Tukey se considera que el resto de las familias no presentan diferencias estadísticamente significativas al agruparse entre sí (Figura 5).

Variables altura y diámetro por sitio.

Los mayores incrementos para

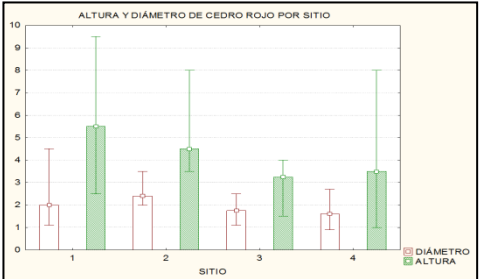


Figura 6. Altura y diámetro de cedro rojo en cada uno de los sitios caracterizados.

Crecimiento máximo de las variables diámetro y altura. Los resultados del crecimiento que tuvo cada familia durante los 4 meses de evaluación, para la variable altura la familia 4 tuvo un crecimiento de 9 cm, mientras que las familias 1, 15 y 20 mostraron un crecimiento menor de 3 cm (Figura 7). Para la variable diámetro la familia 4 y 18 mostraron un crecimiento mayor a 3 mm, con respecto a la familia 1 y 2 que obtuvieron un crecimiento menor de 1 mm (Figura 8).

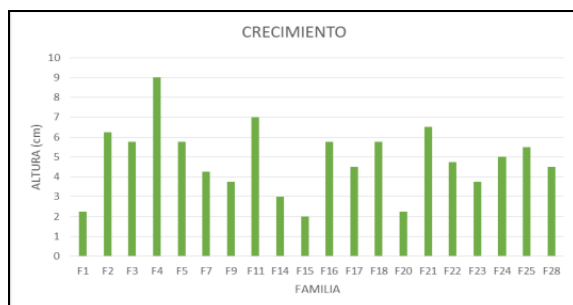


Figura 7. Altura máxima alcanzada por familia

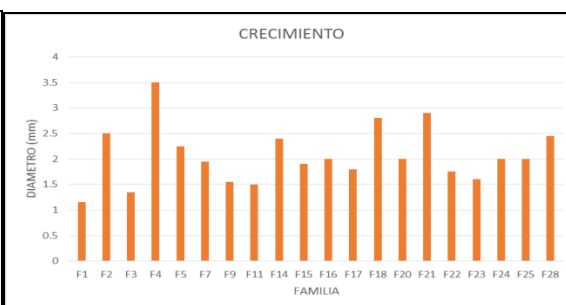
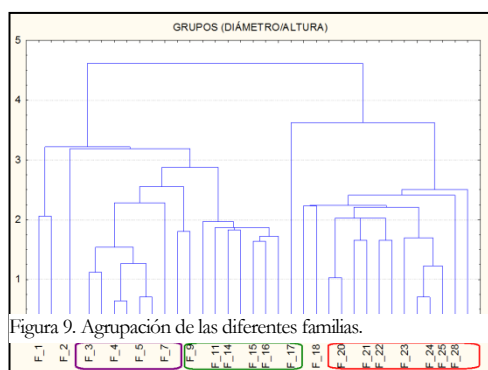


Figura 8. Diámetro máximo alcanzado por familia.



Análisis de cluster. En el análisis de cluster se formaron tres grupos por familias ya que presentaron incrementos similares para ambas variables diámetro y altura (Figura 9).

Para el grupo 1 los promedios fueron de 2.03mm y 5.28cm en diámetro y altura respectivamente, para el 2 estos fueron 2.11mm para diámetro y 4.29cm para altura y para el grupo 3 fue de 2.05mm el diámetro y 4.77 la altura. El mayor porcentaje de variación se presentó para la variable altura en el conglomerado 2 y para la variable diámetro en el grupo 1 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos para familias por cluster

CLUSTER	FAMILIA	ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS				
		Variables	Media	Desv. Est.	Varianza	C.V. %
1	3, 4, 5, 7	Diámetro	2.03	0.92	0.85	45.32
		Altura	5.28	2.19	4.83	41.47
2	9, 11, 14, 15, 16, 17	Variables	Media	Desv. Est.	Varianza	
		Diámetro	2.11	0.74	0.56	35.07
		Altura	4.29	2.24	5.02	52.21
3	20, 21, 22, 23, 24, 25, 28	Variables	Media	Desv. Est.	Varianza	
		Diámetro	2.05	0.47	0.23	22.92
		Altura	4.77	0.87	0.75	18.23

Para la variable altura los mayores incrementos se presentaron en tres familias (3, 4 y 5) del sitio uno. Los incrementos medios corresponden a tres familias del sitio uno (21, 22 y 25), a dos familias en el sitio 2 y a una en los sitios 3 y 4. En contraste podemos observar que los menores incrementos se encuentran en tres familias (15, 16 y 17) que corresponden al sitio 4, dos familias en el sitio uno (11 y 14) y a una familia en el sitio 3 (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

Las diferencias entre las familias resultaron ser solo significativas para la altura, resta analizar más a detalle en qué medida la superioridad del fenotipo se debió a la influencia del genotipo, del ambiente o de la interacción entre ambos, estas diferencias pudieron presentarse a los efectos de distintos

ambientes y no genéticamente ya que los individuos establecidos en el ensayo se encuentran en un sitio no homogéneo, características totalmente diferentes.

Cuadro 4. Identificación de los grupos por sitios para la variable altura

Sitios	Familias dentro del sitio	altura
1	2, 3, 4, 5, 11, 14, 21, 22, 25	Mayor (media=5.28) 3, 4, 5, 7
2	18, 24, 28	Media (media=4.77) 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28
3	9, 20	Menor (media=4.29) 9, 11, 14, 15, 16, 17
4	1, 7, 15, 16, 17, 23	

Para la variable diámetro los mayores incrementos se presentaron en tres familias del sitio 4, en dos familias del sitio 1 y en una familia del sitio 3. Los diámetros medios corresponden a tres familias del sitio uno (21, 22 y 25) que coinciden con las alturas medias para esas mismas familias dentro del mismo sitio y en tres familias del sitio 1 se presentaron los menores incrementos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Identificación de los grupos por sitios para la variable diámetro

Sitios	Familias dentro de sitio	Diámetro
1	2, 3, 4, 5, 11, 14, 21, 22, 25	Mayor (media=2.11) 9, 11, 14, 15, 16, 17
2	18, 24, 28	Media (media 2.05) 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28
3	9, 20	Menor (media=2.03) 3, 4, 5, 7
4	1, 7, 15, 16, 17, 23	

Márquez et al. (2005), evaluaron el crecimiento inicial de plántulas de *Cedrela odorata* de diferentes familias, cuyos resultados mostraron diferencias significativas para las variables diámetro y altura y comparándolo con los resultados obtenidos de nuestro trabajo, se pone de manifiesto que la especie conserva cierto porcentaje de variación independientemente de la procedencia, aun cuando las poblaciones de dónde se colecta el germoplasma estén fragmentadas y solo se encuentren de forma natural en pequeños manchones.

Ramírez et al. (2009), evaluaron la altura y diámetro de 3 procedencias y 20 familias de *Cedrela odorata*, como resultado obtuvieron diferencias significativas solo entre los bloques establecidos en el ensayo más no entre familias. Mendizábal et al. (2011), evaluaron las variables altura y diámetro (DAP) de 20 familias, encontraron como diferencias significativas entre familias, sin embargo la progenie utilizada para la plantación evaluada en el presente trabajo si presentó diferencias significativas al menos para la variable altura, por lo que podemos asumir que el genotipo en interacción con el ambiente puede modificar la expresión fenotípica de ciertas variables, en esta caso la altura.

Rolon (2012), evaluó 9 familias dónde las variables consideradas fueron la altura y el diámetro teniendo como resultados mayor variación en altura con respecto al diámetro, esto coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Rolon, también encontró diferencias estadísticamente significativas en altura y diámetro de planta entre familias, lo cual coincide con los resultados de la presente evaluación, aunque para las dos variables se presentan diferencias, solo para la altura resulto ser significativa.

CONCLUSIONES

Respecto al incremento en la altura de los brinzales aunque éste no rebasó los 9 cm en los cuatro meses de evaluación, si presentaron diferencias significativas, se concluye que estas pueden deberse a las condiciones de sitio dónde se plantaron las diferentes familias ya que éstas no son homogéneas, sin embargo se pudo observar que las de mayores incrementos se encuentran en las familias ubicadas de la parte media hacia abajo que es donde pudiera haber mayor cantidad de nutrientes por acumulación de materia orgánica o algunas otras condiciones edafoclimáticas o topográficas.

Los incrementos en diámetro no presentaron diferencias significativas, sin embargo los mayores incrementos se presentaron en familias tanto del sitio 1 como del sitio 4 por lo que podemos fortalecer la conclusión anterior. Las familias 4,2 y 21 son las que se destacan por sobre las demás, podemos inferir que no solo los factores físicos y/o químicos del sitio influyeron en el incremento, sino también el genotipo o la interacción de ambos, ya que las diferentes familias provienen de un ensayo de procedencias/progenie.

LITERATURA CITADA

- Márquez R., J.; Xotla V., U.; González T., J., E. 2005. ESTUDIO DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLÁNTULAS DE *Cedrela odorata* L. Foresta Veracruzana 7(2): pp. 45-53 Recursos Genéticos Forestales Xalapa, México.
- Mendizábal H., L., C.; Alba L., J.; Márquez R., J.; Cruz J., H.; Ramírez G., E., O. 2011. Captura de carbono por *Cedrela odorata* L. en una prueba genética. Rev. mex. de cienc. forestales [online]. 2011, vol.2, n.4, pp.105-111. ISSN 2007-1132.
- Ramírez M., J.; Mendizábal H., L., C.; Cruz V., G.; Ramírez G., E. 2009. EVALUACIÓN DE UNA PRUEBA DE PROCEDENCIAS/PROGENIE DE *Cedrela odorata* L. ESTABLECIDA EN EMILIANO ZAPATA, VERACRUZ, MÉXICO, Foresta Veracruzana 11 (1): pp. 7-12, Recursos Genéticos Forestales, Xalapa, México.
- Rodríguez R., G., Dorantes L., J., Aquino R., E. 2009. Ensayos de especies forestales en la zona cálida del centro de Veracruz, México. Foresta Veracruzana. 11 (1): pp. 19-24, Recursos Genéticos Forestales, Xalapa, México.
- Rolon S., G. 2012. ESTUDIO DE VARIACION DE PLANTAS DE *Cedrela odorata* L. DE SEGUNDA GENERACION DE SELECCIÓN Y CRUZA, Tesis de licenciatura en la Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Xalapa Enríquez. Ver. 30 p.

CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Guadua aculeata* RUPR. EX FOURNIER EN VIVERO.

GROWTH OF *Guadua aculeata* RUPR EX FOURNIER IN A NURSERY.

^{*1}Sánchez Monsalvo V, ¹Ordoñez Prado C, ¹Tamarit Urias J.C, ¹Hernández Zaragoza P. y ¹Alvarez Muñoz M.

¹Campo Experimental San Martinito. CIRGOC, INIFAP. Km 56.5 carr. Fed. Méx.-Pue. San Martinito Tlahuapan, Puebla, México.

Autor para correspondencia: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el apoyo de la empresa Volkswagen de México, el INIFAP establecerá en el Sitio Experimental Las Margaritas, Mpio. de Hueytamalco, 355 Ha del bambú *Guadua aculeata*, una especie nativa poco estudiada en nuestro país. Para ello, la producción de planta en vivero es el punto clave en esta actividad pues prácticamente no existe información sobre el mejor método de propagación. La recolección de planta en los Gaudales naturales y su posterior trasplante en bolsa es el método que ha funcionado hasta el momento, por lo que en este trabajo se presentan resultados del procedimiento para obtener planta para su establecimiento en vivero, así como la evaluación de la supervivencia, tasa de brotación y crecimiento de los brotes, en cuanto a alturas, diámetros, número y tamaño de sus hojas. También se realizaron mediciones de biomasa. Al analizar los datos obtenidos semanalmente en plantas seleccionadas aleatoriamente en las camas de crecimiento, se observó que todas las variables evaluadas en el análisis de varianza fueron altamente significativas. El resultado más importante es la reducción del tiempo de producción con el tipo de sustrato, tipo de planta y envase utilizados, con lo cual, la planta puede estar lista al mes de su trasplante.

Palabras clave: *Bambú, Guadua aculeata, propagación, vivero.*

INTRODUCCIÓN

La especie *Guadua aculeata*, comunmente conocida como Tarro, es una especie nativa de México, que se distribuye ampliamente en las zonas tropicales hasta Centroamérica. Es una de las especies de *Guadua* más grandes del país, pues puede alcanzar 25 m de alto y hasta 25 cm de diámetro (Sánchez Domínguez, 2009). Su rápido crecimiento es una ventaja pues puede aprovecharse para obtener cualquier producto maderable en el corto y mediano plazos, así como en cuanto a la captura de carbono o en la conservación y recuperación de suelos (Camargo, et al. 2010). De acuerdo a sus características anatómicas, físicas y mecánicas, es ideal para utilizarse en la construcción (Zaragoza-Hernández, et al., 2014; Zaragoza-Hernández, et al., 2015).

Con el presente trabajo, se presentan avances sobre el potencial crecimiento del bambú en un vivero tradicional, con el objetivo de realizar mejoras a la tecnología de producción de planta para el establecimiento de plantaciones comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el vivero “Esperanza del Mañana”, en el Municipio de Jonotla del Estado de Puebla. Las coordenadas geográficas son: 20°06'48.63" Norte, 97°27'13.45" Oeste; el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 23 °C y una precipitación media anual de 2090 mm.

La producción de planta en el vivero consiste en la recolecta de plántula en los bosques naturales de bambú que se encuentran en terrenos del Sitio Experimental Las Margaritas, propiedad del INIFAP del municipio de Hueytamalco, Pue. Las plántulas (o plantas madre), producto de la regeneración natural, se trasplantan en bolsas de 15X15 cm con sustrato a base de suelo, composta y agrolita en proporción de 2:1:1.

El bambú *G. aculeata* crece multiplicándose por medio de brotes o hijuelos, de tal manera que la plántula sembrada originalmente, llamada planta madre, inmediatamente se multiplica produciendo hijuelos más gruesos y más altos, por lo que el último hijuelo o brote formado, es más grande que sus antecesores. Este grupo de planta madre e hijuelos se denomina cepa. La colecta de plantas en el bosque se realiza

porque se desconoce la capacidad de germinación y la viabilidad de las semillas del bambú. Por otro lado no se sabe si la producción de semillas es continua (anual), esporádica (de algunos culmos) o gregaria (todo el bosque florece a intervalos de muchos años) (Guadua bamboo, 2011).

A partir de marzo a junio de 2016 se establecieron alrededor de tres mil plantas madre por semana estableciéndose en camas de crecimiento bajo malla sombra del 60% y riego por aspersión. Con el objeto de evaluar el crecimiento, se tomaron datos de 30 plántulas, distribuidas aleatoriamente en dos camas de crecimiento. Semanalmente, se tomaron datos de las siguientes variables: Número de Brotes (NB), Diámetro de la Planta Madre (DPM), Altura Promedio de los Brotes (APB), Diámetro Promedio de los Brotes (DPB), Número Promedio de Hojas de los Brotes (NPHB), Longitud Promedio de las Hojas de los Brotes (LPHB) y Ancho Promedio de las Hojas de los Brotes (APHB). Además, en un segundo muestreo, aproximadamente tres meses después de establecidas, se seleccionaron camas de diferentes fechas de establecimiento para, a su vez, seleccionar de manera aleatoria, tres cepas con edades diferentes de establecimiento en vivero, para medir de manera destructiva los componentes de cada cepa; con lo que se obtuvo los indicadores de calidad de planta. En esta fase, se midieron todos los brotes de cada cepa en cuanto a su altura, diámetro de la base, longitud de raíz, Número de Hojas, Longitud de la Hoja Apical, peso fresco aéreo, peso fresco de la raíz, Peso Seco Aéreo, Peso Seco de Raíz.

Con los datos del primer muestreo se realizó un análisis de varianza considerando a la edad desde el establecimiento y la categoría diamétrica de la planta madre como variables independientes, de acuerdo al modelo:

$$Y_{ijk} = U + F_i + P(D)_{jk} + error_{ijk}$$

Donde:

U= Media poblacional

Y_{ijk} = Respuesta de la variable a la j-ésima cepa dentro de la k-ésima categoría diamétrica en la i-ésima fecha de medición.

F_i = Efecto de la i-ésima fecha

P_j = Efecto de la j-ésima cepa

D_k = Efecto de la k-ésima categoría diamétrica de la planta madre

$error_{ijk}$ = Error aleatorio

De esta manera, se tienen 5 Fechas, 5 categorías diamétricas y 30 plantas.

Posteriormente, se convirtió la variable Fecha en días, a edad en meses, con el objeto de obtener el crecimiento medio mensual de las cepas para compararlo con el crecimiento acumulado

Para el segundo muestreo se obtuvo el índice de calidad de Dickson, este índice integra a los dos anteriores y se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/parte radical. Este índice se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Dickson et al., 1960).

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el tiempo de crecimiento de las cepas en el vivero, la capacidad de producción de brotes, yemas o hijuelos es alta, prácticamente desde la tercer semana se tienen cepas con un brote, alcanzando su número máximo a los 41 días. Alrededor de los 50 días, el número de cepas con hasta 3 brotes es mayor (Figura 1).

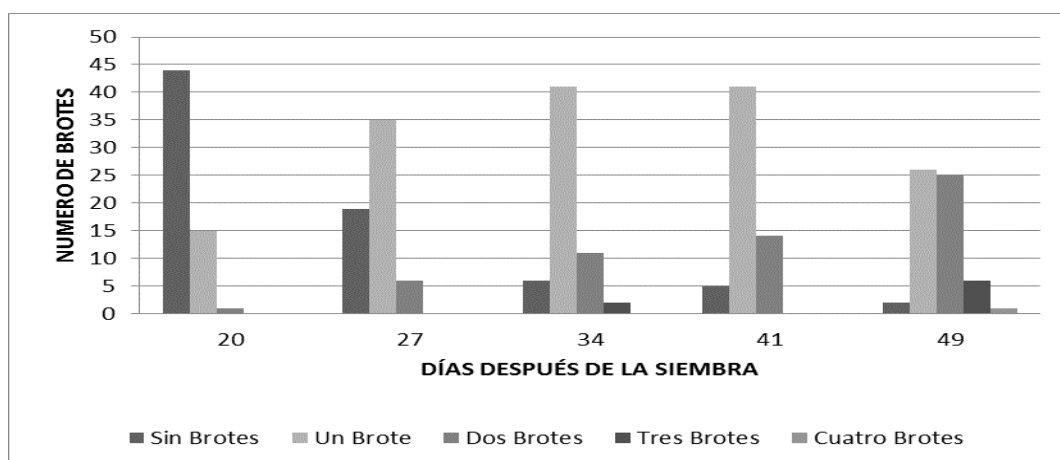


Figura 1. Distribución en el tiempo del número de brotes de *G. aculeata*

El análisis de varianza produjo diferencias altamente significativas para las fechas y plantas dentro de categorías diamétricas en todas las variables, de tal manera que se obtuvieron los resultados del Cuadro 1, donde se presentan las variables evaluadas.

Cuadro 1. Crecimiento de *Guadua aculeata* en un vivero de la Sierra Nororiental de Puebla a los 49 días de trasplantada en el vivero “Esperanza del Mañana”

DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE	NÚMERO DE BROTES POR CEPA	ALTURA PROMEDIO DE BROTES POR CEPA (cm)	DIAMETRO PROMEDIO DE BROTES POR CEPA (mm)	NUMERO PROMEDIO DE HOJAS POR CEPA	LONGITUD PROMEDIO DE HOJAS POR CEPA (mm)	ANCHO PROMEDIO DE HOJAS POR CEPA (mm)
20	0.2833 d	1.7185 e	0.5167 b	0.3 e	8.282 d	3.307 d
27	0.7833 c	5.9917 d	1.43 a	0.9833 d	32.847 c	12.397 c
34	1.15 b	10.6068 c	1.6533 a	1.4917 c	42.615 b	14.777 c
41	1.15 b	12.6483 b	1.6583 a	2.975 b	46.92 b	18.117 b
49	1.6333 a	19.185 a	1.7333 a	3.3417 a	57.745 a	22.675 a

$\alpha=0.05$

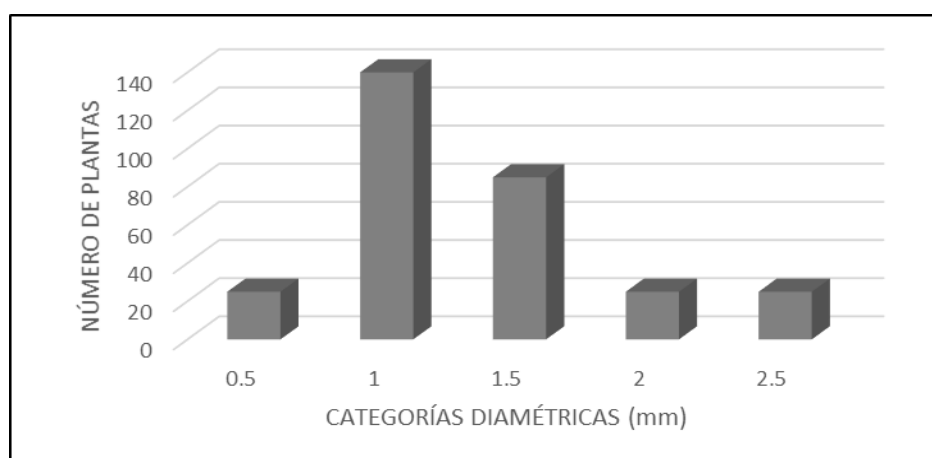


Figura 2. Distribución del número de plantas madre trasplantadas de *G. aculeata*, por categoría diamétrica

La tendencia es obvia ya que el tamaño de las plantas aumenta con el tiempo, sin embargo, para detectar el momento en que la tasa de crecimiento disminuye, se realizó un análisis de varianza para las mismas variables pero convertidas a crecimiento promedio mensual, las cuales determinaron que la tasa de crecimiento alcanza su máximo cerca de los 34 días. Un ejemplo de estos resultados se presenta en la Figura 3.

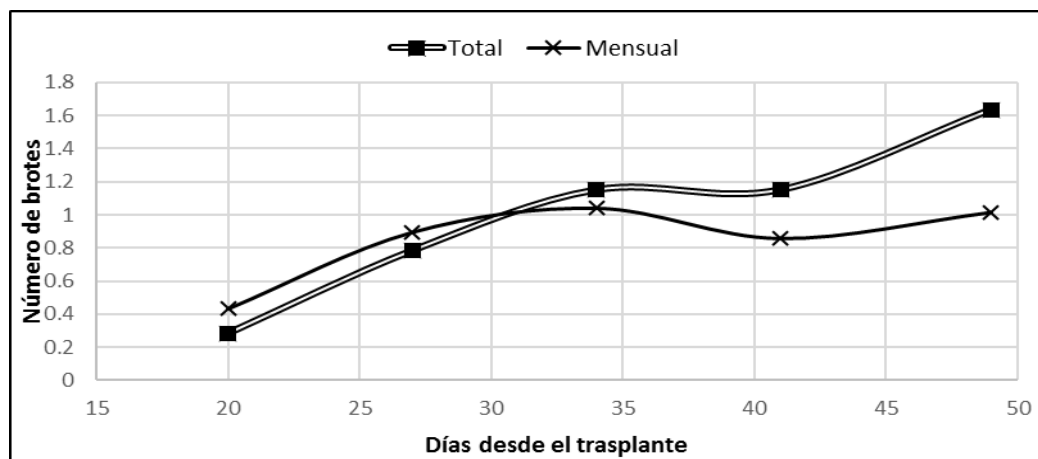


Figura 3. Crecimiento total acumulado y promedio mensual del número de brotes de *G. aculeata* durante los primeros 50 días después del trasplante

Sin embargo, al obtener el Índice de Calidad de Dickson, los mejores valores se logran entre los 61 y 68 días, con lo cual, aunque el mayor crecimiento de la planta puede lograrse en un mes, la calidad de la misma para ser establecida en una plantación se alcanza a los dos meses (Figura 4). Cabe mencionar, que durante el muestreo destructivo, se observó que varias plantas tenían la raíz fuera del envase de polietileno, lo cual indica que la tecnología de producción puede mejorarse con manejo del vivero o con el uso de otros tipos de envase.

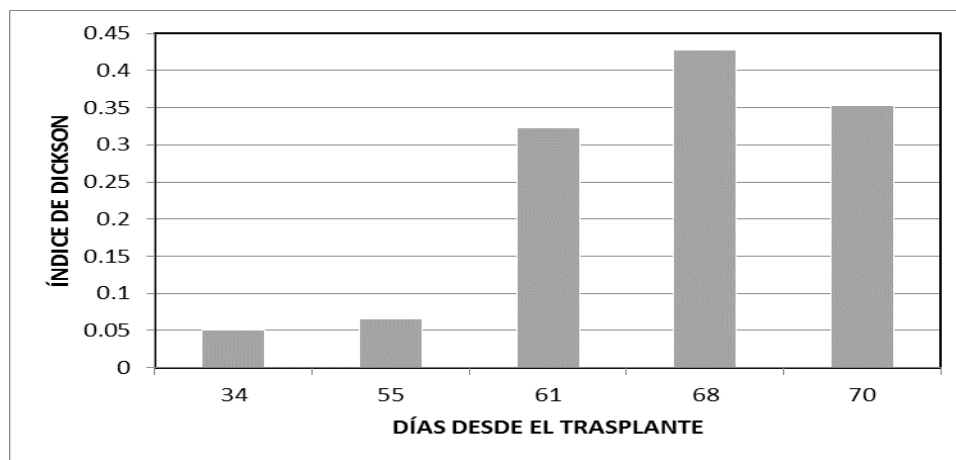


Figura 4. Índice de calidad de Dickson para plantas de *Guadua aculeata* producida en vivero

CONCLUSIONES

Los resultados, hasta el momento, sugieren que es posible reducir el tiempo de estancia en el vivero de la planta de *Guadua aculeata* con el tamaño y tipo de envase utilizado para producirla, sin embargo, para mejorar su calidad es necesario mantener la planta un mes más.

Es posible mejorar la tecnología de producción experimentando con otros tipos de envase o realizando algunas prácticas de manejo en el vivero para evitar malformación de raíces o aumentar la velocidad de crecimiento y calidad de planta.

LITERATURA CITADA

- Camargo García, J.C. J.A. Rodríguez y Arango Arango, A.M. 2010. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de *Guadua* en la zona cafetera de Colombia. Revista Recursos Naturales y Medio Ambiente. 61: 86-94.
- Dickson, A., A.I. Leaf, I.E. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. Forest Chronicle 36: 10-13
- Sánchez Domínguez, C. 2009. El género *Guadua* (*Poaceae-Bambusoideae*) en el estado de Veracruz. Monografía. Trabajo de experiencia recepcional. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. 59 p.
- Zaragoza-Hernández, I., A. Borja de la Rosa, F.J. Zamudio S., V.R. Ordóñez-Candelaria y G. M. Bárcenas-Pazos. 2014. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) en la región nororiental de Puebla, México. Madera y Bosques 20(3):87- 96
- Zaragoza-Hernández, I., V.R. Ordóñez-Candelaria y G. M. Bárcenas-Pazos, A. Borja de la Rosa, F.J. Zamudio S. 2015. Propiedades físico- mecánicas de una *Guadua* mexicana (*Guadua aculeata*). Maderas. Ciencia y Tecnología 17(3): 505- 516.

Referencias informáticas

- Guadua Bamboo. 2011. Bamboo flowering habits. <http://www.guaduabamboo.com/identification/bamboo.flowering-habits>

INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE MONILIASIS Y MANCHA NEGRA EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO.

INCIDENCE AND SEVERITY OF MONILIASIS AND BLACK SPOT IN THE CULTURE OF COCOA (*Theobroma cacao* L.) IN THE STATE OF CHIAPAS, MEXICO.

¹Hernández Gómez E, ²Garrido Ramírez ER, ¹Solís Bonilla JL, ¹Avendaño Arrazate CH, ³Ramírez-Guillermo MA, ⁴Nava Díaz C, ⁴Hernández Morales J.

¹INIFAP Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México: 30870. ²INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas, Km. 3 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México: 29140. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400. ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Instituto de Fitosanidad. km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, México.

RESUMEN

Actualmente el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) sufre dificultades debido a diversos factores ambientales, económicos y sociales, los cuales se ven agravados por la presencia de enfermedades. En Chiapas la moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans et al.]) es la principal enfermedad que contribuye a la baja productividad del cacao (Hernández, 2015; Zamarripa et al., 2009), seguida de mancha negra (*Phytophthora* spp.). Con el objetivo de conocer el nivel de incidencia y severidad de estas dos enfermedades se realizaron muestreos en 44 huertos cultivados con cacao en nueve municipios de dos regiones del estado de Chiapas, México. En lo que se refiere a Moniliasis esta presentó una incidencia de 52.83% y severidad de 31.3%, en mancha negra la incidencia fue de 7.34% y severidad de 2.44%.

Palabras clave: Cacaocultura, producción, rendimiento, enfermedades

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo importante en la industria del chocolate, confitería, industria de cosméticos y medicina. En México es un cultivo de gran relevancia social, ambiental y cultural. En el 2014 se produjeron 26, 969.36 t en 61, 562.10 ha. Los principales estados productores son Tabasco, Chiapas, y Guerrero. Chiapas posee una superficie de 20, 544.40 ha, con una producción de 10, 480.21 ton y un rendimiento por ha de 0.45 t (SIAP, 2016). En Chiapas el cultivo de cacao es uno de los cultivos que forma parte de la identidad y cultura de los pueblos de las zonas productoras, en donde se ha usado como alimento, medicinal e inclusive como moneda en la época prehispánica. Sin embargo, actualmente, el cultivo de cacao enfrenta una crisis por diversos factores como: edad avanzada de plantaciones, falta de variedades mejoradas, poca asistencia técnica, inestabilidad de precios, altos costos de insumos y enfermedades, pues el cultivo presenta un sistema extremadamente favorable para el progreso de ellas, sobre todo de hongos (Leach et al., 2002). Tales son los casos de Moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans et al.]) que es la principal enfermedad que contribuye a la baja productividad en el cacao (Zamarripa et al., 2009, Hernández, 2015), seguida de mancha negra (*Phytophthora* spp.) (Cueto, 2005). Con el objetivo de conocer la incidencia y severidad de estas enfermedades se realizó la siguiente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recorridos en 44 sitios cacaoteros en el estado de Chiapas en las dos principales regiones productoras 1) Soconusco con 25 sitios distribuidos en los municipios de Cacahoatan, Huehetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán y 2) Región Norte con 19 sitios en los municipios de Ostucán, Pichucalco e Ixtacomitán. Se realizó la evaluación de incidencia y severidad tomando 25 árboles por cada sitio en un muestreo “cinco de oro”. La incidencia se determinó de acuerdo a Campbell & Madden, (1990). La severidad se estimó de forma visual calculando el porcentaje de área afectada respecto al total. Las referencias geográficas, se procesaron en el programa Golden software SURFER, para

obtener mapas territoriales de la incidencia y severidad. El método de interpolación manejado fue el llamado Kriging.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La moniliasis es la enfermedad con mayor incidencia en las dos regiones, puede observarse que los mayores niveles de incidencia y severidad se presentan en la Región Norte con un 74.1 y 57 %, respectivamente. (Figura 1).

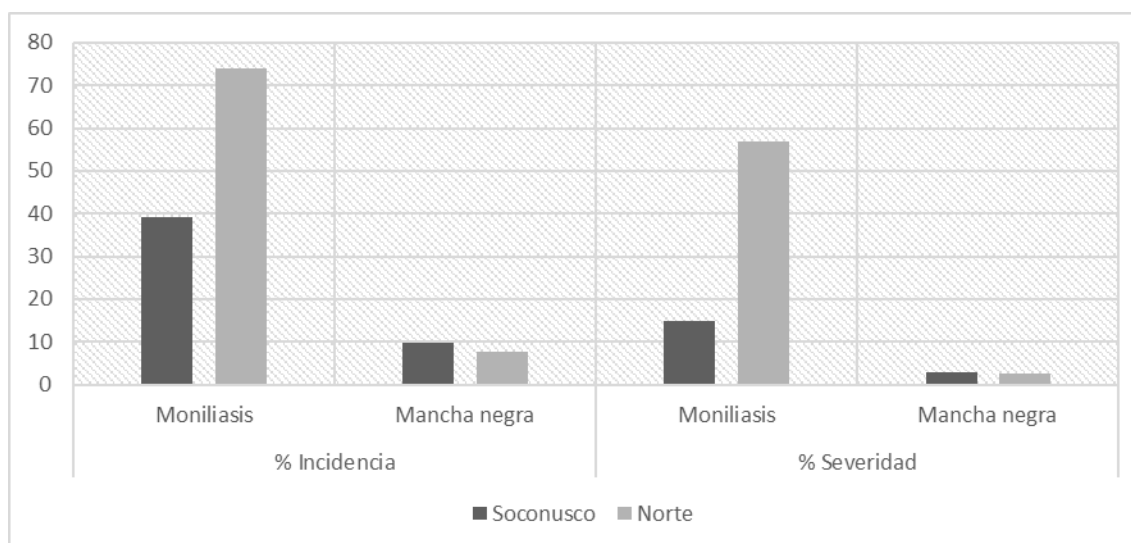


Figura 1. Incidencia y severidad de moniliasis y mancha negra en dos regiones en el estado de Chiapas, México.

En el cuadro 1, puede observarse que los municipios de la región 2: Ixtacomitán y Pichucalco, son los municipios que presentan mayor incidencia y severidad de moniliasis, mientras que el municipio de Tapachula en la Región 1, es menor. En cuanto a la enfermedad de mancha negra como se puede apreciar presenta una mayor incidencia, pero menor severidad en las dos regiones.

Cuadro 1. Incidencia y severidad de moniliasis y mancha negra en siete municipios en el estado de Chiapas.

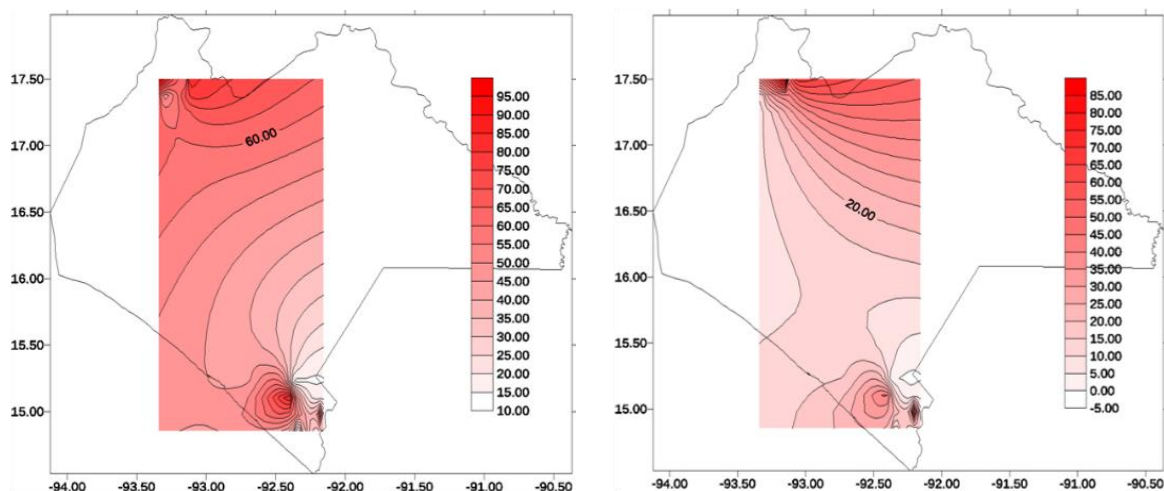
Municipios	% Incidencia		% Severidad	
	Moniliasis		Mancha negra	
Región 1	Huehuetán	44.00	13.00	13.00
	Tapachula	32.00	14.00	15.00
	Tuxtla Chico	33.20	5.20	12.00
	Tuzantán	47.20	6.70	19.00
Región 2	Ixtacomitán	79.00	4.00	68.00
	Ostuacán	66.00	5.45	46.00
	Pichucalco	77.40	13.60	57.00

En la figura 2, puede observarse que la incidencia y severidad es mayor en la Región Norte.

Estos resultados, pueden estar relacionados con diferentes situaciones como un deficiente manejo y control adecuado en sus cacaotales, la Región Norte cuenta con un periodo más amplio de lluvias (cálido húmedo con lluvias todo el año y abundantes lluvias en verano), que la Región Soconusco (cálido subhúmedo con lluvias en verano, y cálido húmedo con lluvias abundantes en verano) (INEGI, 2014). Según Phillips (2003) *M. royeri* prospera con precipitación anual de 780 a 5,500 mm y temperatura promedio anual de 18.6 a 28 °C. También este suceso puede estar relacionado con la interacción y evolución del patógeno, es importante mencionar que la moniliasis fue detectada por primera vez en el año 2005 en la Zona Norte, mientras que en el Soconusco hasta el año 2008. Se puede inferir que a la

llegada de la moniliasis enfermedad altamente agresiva sustituyo a la mancha negra convirtiéndose en el factor preponderante de la disminución de este grano con gran valor cultural y nutricional.

Figura 2. a) Incidencia de Moniliasis en el estado Chiapas; b) Severidad de Moniliasis en el estado



Chiapas. Las curvas y tonos indican la intensidad en el estado.

CONCLUSIONES

La Región Norte del estado de Chiapas, presenta mayores niveles de incidencia y severidad de moniliasis, enfermedad devastadora más importante en el cultivo de cacao en la actualidad, con 74.1 y 57 %, respectivamente. (Figura 1). Es importante continuar con los estudios encaminados a *M. roreri*, como estudios de variabilidad genética, patogenicidad, así como la evaluación de germoplasma en vías de obtener un material de alto rendimiento y tolerante a la enfermedad para el rescate y desarrollo de la cacaocultura en México.

LITERATURA CITADA

- Campbell, C.L. and Madden, L.V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. Jhon Wiley and Son. New York, USA. 532 pp.
- Cueto L., J. 2005. Cacao: Sesenta años de investigación en México. En: Aguirre, JF; Iracheta, L. (eds). Rosario Izapa: 60 años de Ciencia e Innovación Tecnológica en el Trópico. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur-Campo Experimental Rosario Izapa (CIRPAS-CERI). Libro técnico 1: 13-25.
- Hernández G.E., Hernández M.J., Avendaño A.C.H., López G.G., Garrido R.E.R, Romero N.J., Nava D. C. 2015. Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol 33 2: 232-246
- Leach A.W., Mumford J.D., Krauss U. 2002. Modelling *Moniliophthora roreri* in Costa Rica. Crop Protection 21:317-326.
- Phillips M.,W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- Zamarripa-Colmenero A., Solís-Bonilla J.L., Hernández-Gómez E. 2011. Comportamiento agronómico de descendencias híbridas de cacao con resistencia a moniliasis. Campo Experimental Rosario Izapa. INIFAP. Folleto técnico No. 27. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 39

Referencias informáticas

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. (Consulta 15 de agosto de 2015) <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/clima/>
- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 27 de junio de 2016.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE VOLÁTILES Y CARBONO FIJO EN CARBÓN DE MEZQUITE, ENCINO Y EUCALIPTO

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONTENT VOLATILE AND FIXED CARBON ON MEZQUITE, OAK AND EUCALYPTUS CHARCOAL.

¹Suárez Patlán EE, Ordoñez Prado C¹, Carrillo Ávila N¹, Fuentes López ME¹ y Flores Velázquez R¹.

¹Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. CESMAR, Km 56.5 Carr. Fed. México- Puebla, San Martinito, C.P. 74100. Tlahuapan, Puebla, México.
Autor para correspondencia: suarez.edna@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo es comparar contenido de carbono fijo y volátiles del carbón de mezquite, encino y eucalipto obtenido de tres programas térmicos. El carbón se obtuvo a 300, 400 y 500°C, una rampa de 10°C⁻¹ y 1 hora de reacción, los análisis se realizaron con la norma ASTM D 1762-84, se realizó un análisis de varianza y comparación múltiple de medias ($p \leq 0.05$). Los resultados muestran que a 500°C se obtuvieron 14.7% y 76.6% en mezquite, 15.3% y 77% en encino y 18.3% y 79% en eucalipto de volátiles y carbono fijo respectivamente, y en 300°C se obtuvo 32.4%, 31.3% y 46.2% de volátiles y 61.2%, 60.5% y 51.2% de carbono fijo en mezquite, encino y eucalipto correspondientemente. Los de 300°C no pasan los estándares de calidad y a 500°C el carbón de eucalipto tiene 2% más de carbono fijo y 3% más de volátiles que el de mezquite.

Palabras clave: volátiles, carbono, mezquite, encino, eucalipto.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el uso de la biomasa como combustible para la preparación de alimentos y la generación de calor se utiliza por más de dos mil millones de personas en el mundo. Dentro de los combustibles que provienen de la biomasa están la leña, los pellets, las briquetas, el carbón, entre otros (García *et al.*, 2009). A pesar de que la leña y el carbón han sido utilizados desde tiempos inmemorables, el carbón vegetal no es un tema del pasado; el carbón vegetal es un producto demandado con amplia variedad de aplicaciones de uso, tanto doméstico como industrial. Su obtención se da de manera sencilla por medio de un proceso termo-químico de madera, aprovechando materias primas que no tienen calidad como madera comercial (Islas, 1991). La producción de carbón vegetal representa alrededor del 8% de la extracción global mundial de madera. En países desarrollados, la producción de carbón y su calidad están estandarizados según el uso destinado. En México los volúmenes de producción no son indignos (se estima un consumo anual de 4.7 millones de m³ de madera para producir carbón para el consumo del sector residencial, se calcula que solo un porcentaje muy bajo proviene de madera legal, en el 2004 la SEMARNAT reportó únicamente 9% del consumo residencial estimado), sin embargo el carbón en este país se sigue produciendo con métodos rudimentarios, con los cuales no se puede obtener una calidad estandarizada y los rendimientos de producción son muy bajos. Aunado a esto, existe una problemática aún más seria y es que los responsables de su elaboración no cuentan con normas de seguridad para trabajar y realizan prácticas muy riesgosas además de que los entornos de producción en general están provistos de altos riesgos a la salud. La mayor parte de la producción de carbón vegetal en México se hace con métodos tradicionales como son los hornos de tierra que dan rendimientos alrededor de 20%. Esta tecnología además de ser ineficiente es altamente riesgosa para la salud de los trabajadores, en especial para la de los niños, ya que es una práctica común que los pequeños ayuden en estas tareas, exponiéndose al humo, al polvo del carbón, quemaduras, cambios bruscos de temperatura, etc. La calidad del carbón vegetal se define según sus propiedades, todas están relacionadas entre sí de cierta manera, sin embargo, se evalúan y se miden por separado. El contenido de carbono fijo, material volátil, cenizas, contenido de humedad, densidad y poder calorífico son las principales características de calidad del carbón (Pérez y Compean, 1989). La calidad del carbón vegetal y su producción dependen de la calidad de la madera utilizada, que se define por un conjunto de propiedades químicas, físicas, mecánicas y anatómicas, además de otros factores como el proceso de producción (Corradi *et al.*, 2012). El contenido de carbono fijo en el carbón vegetal varía desde un mínimo del 50% hasta uno elevado del

95%, en cuyo caso el carbón vegetal consiste principalmente en carbono. Especies vegetales con mayores contenidos de carbono dan carbones con más carbono fijo y de mayor poder calorífico. El rendimiento del carbón vegetal muestra también cierta variación con respecto al contenido de lignina en la madera, ya que esta tiene un efecto positivo sobre el rendimiento del carbón, a mayor contenido de holocelulosa se incrementan la producción de destilados y el rendimiento de carbón disminuye, por el contrario, la presencia de lignina incrementa la obtención de carbón (FAO, 1983). El contenido de carbono fijo es el componente más importante en metalurgia, puesto que el carbono fijo es el responsable de la reducción de los óxidos de fierro en el hierro fundido; sin embargo, debe encontrarse un balance entre el carácter quebradizo que adquiere un carbón vegetal con alto contenido de carbono fijo y la mayor consistencia en el caso contrario (Pérez y Compean, 1989). Los volátiles están constituidos por todos los residuos líquidos y alquitranosos contenidos en el carbón vegetal que no fueron eliminados totalmente durante el proceso de carbonización. El contenido de materia volátil deja entrever el tiempo expuesto de la leña para su conversión a carbón, cuando la temperatura de carbonización es alta y el tiempo de exposición es prolongado, el contenido de volátiles es bajo, caso contrario sucede cuando la temperatura de carbonización es baja y el periodo en el horno es breve. El carbón con alto contenido de volátiles enciende fácilmente, pero al quemar produce humo, caso contrario con el carbón de bajo contenido de volátiles, presenta dificultad al encender, pero su combustión es más limpia (Pérez y Compean, 1989). La sustancia volátil en el carbón vegetal puede variar desde un tope del 40%, o más, hasta un 5% o menos. El carbón con mucha sustancia volátil es menos quebradizo que el carbón común de fuerte combustión con poco volátil, por lo que produce menos carbonilla fina durante el transporte y los manipuleos (FAO, 1983).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de análisis proximal del Campo Experimental San Martinito. Este campo se encuentra ubicado en el Km 56.5 de la Carretera Federal México-Puebla, C.P. 74100 en el municipio de Tlahuapan, Puebla, México.

Para la determinación química del carbón de encino, mezquite y eucalipto se utilizó la norma ASTM D 1762-84 (2001) Método estándar para análisis químico de carbón vegetal, la cual consiste en:

Preparación de la muestra. Las muestras de carbón de encino, mezquite y eucalipto obtenidas con diferentes programas térmicos, se molieron en un mortero de cerámica (cada una por separado), una vez molido el material se procedió a tamizar. El material para su estudio tuvo que pasar por 5 tamices de mallas diferentes, de cada una de éstas mallas se tomó el porcentaje de muestra requerido en la norma, para así formar una mezcla con diferentes tamaños de partícula y de esta mezcla tomar una muestra de 1 gramo para cada análisis. Cada análisis se realizó con cinco repeticiones.

Determinación de material volátil. Para determinar el contenido de volátiles se partió del precalentamiento de la termobalanza a 950°C y la colocación de los crisoles con 1 gramo de muestra (base seca) totalmente cerrados en tres posiciones diferentes en la termobalanza y diferentes tiempos de exposición a las temperaturas de estudio.

La primera posición de los crisoles es en la entrada de la termobalanza manteniendo la puerta abierta y quedando las muestras expuestas por 2 minutos a una temperatura aproximada de 300°C. La segunda posición fue la parte media de la termobalanza, ahí se mantuvieron los crisoles por 3 minutos, tiempo en el cual estuvieron a una temperatura aproximada de 500°C. Y la tercera posición fue la parte trasera de la termobalanza con la puerta cerrada alcanzando una temperatura aproximada de 750°C.

Finalmente, el contenido de volátiles se determinó con base en la fórmula:

$$\text{Materia volátil, \%} = [(B - C)/B] \times 100$$

Donde:

C = gramos de muestra después de exposición a 950°C

B = gramos de muestra después de secado a 105°C.

Determinación de carbono fijo. Para determinar el contenido de carbono fijo se parte del 100% del peso de la muestra inicial menos la diferencia respecto a la suma del contenido porcentual total de cenizas y material volátil. El contenido de carbono fijo se determinó con base en la siguiente formula:

$$\text{Carbono fijo, \%} = 100 - (C + V)$$

Donde:

C = % de cenizas después de exposición a 750°C por 6 horas.

V = % de volátiles después de exposición a 300, 500 y 950°C por 2, 3 y 6 minutos respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias, los resultados de varianza indican significancia estadística sobre cada uno de los factores con un valor de $P < 0.05$, la comparación de medias por mínimos cuadrados se obtiene con un intervalo de confianza de 95% y la prueba múltiple de rangos nos ayuda a identificar cuales medias son significativamente diferentes de otras con un nivel de confianza del 95% mediante el método (LSD) de Fisher (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados de Carbono Fijo y Material Volátil para el Carbón de Encino, Mezquite y Eucalipto con un 95% de Confianza.

MADERA	FACTORES	CARBONO FIJO (%)	MATERIAL VOLÁTIL (%)
	Temperatura Tasa		
ENCINO	300°C	65.8	31.3
	400°C	73.2	23.6
	500°C	81.1	15.3
	5°C/1min	73.5	23.5
	10°C/1min	72.8	24.2
	15°C/1min	73.7	22.6
MEZQUITE	300°C	64.2	32.4
	400°C	72.9	23.3
	500°C	80.09	14.7
	5°C/1min	72.2	24.8
	10°C/1min	72.9	22.3
	15°C/1min	72.9	23.3
EUCALIPTO	300°C	53.5	46.2
	400°C	72.07	27.6
	500°C	81.39	18.3
	5°C/1min	69.12	30.7
	10°C/1min	68.44	31.3
	15°C/1min	69.64	30.0

Análisis de Varianza

$Y_{ijk} = m + a_i + b_j + e_{ijk}$ = Valor promedio general a_i = Efecto de la temperatura

b_j = Efecto de la tasa e_{ijk} = error aleatorio

Contenido de materia volátil. En cuanto al carbón de encino, mezquite y eucalipto (Cuadro 2), de acuerdo con el análisis de varianza se puede observar que la temperatura, la tasa de calor y la interacción de ambas tienen efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de material volátil. De acuerdo a la prueba de rangos múltiples, en el carbón de encino se presenta que todas las medias son diferentes respecto al factor temperatura; de 300 a 400°C hay una diferencia de 7.6% de volátiles, mientras que de 300 a 500°C es de 15.9% y de 400 a 500°C de 8.3%. Sin embargo, en cuanto a la tasa de calor solamente se presenta una diferencia significativa en la tasa de 10 a 15°C/min y esta es menor que las anteriores con solo 1.5% de diferencia en volátiles. Para el carbón de mezquite se encontró que todas las medias son diferentes entre sí, tanto las del factor temperatura como las del factor tasa de calor, de 300 a 400°C es de 9%, de 300 a 500°C de 17.6% y de 400 a 500°C de 8.55%, de 5 a 10°C/min es 2.5%, de 5 a 15°C/min es de 1.5% y de 10 a 15°C/min es -1%. Finalmente, el carbón de eucalipto presenta que todas sus medias referentes al factor temperatura son diferentes entre sí; de 300 a 400°C es de 18.5%, de 300 a 500°C de 27.9% y de 400 a 500°C la diferencia es de 9.38%, mientras que las medias para

tasa de calor son iguales a excepción de la 10 a 15°C/min con 1.3% de diferencia de material volátil. Con los resultados anteriores se puede observar que el factor temperatura es importante en el contenido de volátiles, a mayor temperatura menor contenido de estos por lo que las diferencias más grandes se dan entre la temperatura de 300 a la de 500°C y el factor tasa de calor es menos significativo afectando únicamente al carbón de mezquite, el cual indica que a una tasa de 10°C/min hay menor contenido de volátiles y a una tasa de 5°C/min habrá mayor contenido de estos, lo cual no es deseable para un carbón de calidad. El carbón más afectado por el factor temperatura es el de eucalipto teniendo las medias con mayores diferencias entre las temperaturas.

Cuadro 2. Análisis de Varianza para Material Volátil del Carbón de Encino, Mezquite y Eucalipto con un Nivel de Confianza del 95%.

Fuente	Encino Valor-P	Mezquite Valor-P	Eucalipto Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
A:TEMPERATURA	0.0000	0.0000	0.0000
B:TASA DE CALOR	0.0153	0.0000	0.0269
INTERACCIONES			
AB	0.0003	0.0000	0.0000

Contenido de carbono fijo. El análisis de varianza para el contenido de carbono fijo en el carbón de encino nos muestra que el factor de temperatura es estadísticamente representativo, mientras que la tasa de calor y la interacción entre ambos factores no muestra efecto alguno. Caso contrario en el carbón de mezquite y eucalipto donde la interacción entre los factores temperatura y tasa de calor muestran efecto significativo, así como el efecto temperatura por sí solo para los dos casos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de Varianza para Contenido de Carbono fijo del Carbón de Encino, Mezquite y Eucalipto con un Nivel de Confianza del 95%

Fuente	Encino Valor-P	Mezquite Valor-P	Eucalipto Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
A: TEMPERATURA	0.0000	0.0000	0.0000
B: TASA DE CALOR	0.7509	0.1340	0.1046
INTERACCIONES AB			
	0.2547	0.0000	0.0000

De acuerdo a las pruebas de rangos múltiples el carbón de encino muestra diferencias de carbono fijo entre las temperaturas de 300 a 400°C, 300 a 500°C y 400 a 500°C, las diferencias son: -7.39%, -15.32% y -7.92% respectivamente. Para el carbón de mezquite las diferencias se dan entre las mismas temperaturas; con -8.51%, -16.45% y -7.94% respectivamente y para el carbón de eucalipto las diferencias se dan entre las mismas temperaturas, siendo más notoria la distancia entre ellas; desde -16.3% entre 300 y 400°C, -27.8% entre 300 y 500°C y -11.46% entre 400 y 500°C. Quedando claro que a mayor temperatura mayor contenido de carbono fijo en el carbón de encino, mezquite y eucalipto.

CONCLUSIONES

El carbón de encino analizado químicamente en este estudio marca diferencias de calidad en cuanto al programa térmico del cual fue obtenido. Con base en la norma Europea DIN EN 1860-2 el carbón de esta especie que cubre los requerimientos de calidad debería someterse a pirólisis a una temperatura de 500°C con una tasa de calor de 10°C/1min. Ya que su contenido de volátiles promedio es de 14.82%, cenizas 3.25% y carbono fijo 77.5%

En cuanto al carbón de Mezquite, las muestras que presentaron mejores características químicas de calidad y que cumplen los requerimientos de la norma DIN EN 1860-2 fueron las obtenidas bajo las condiciones de reacción con una temperatura de 500°C y una tasa de 5 y/o 10°C/1min. El contenido de volátiles de esta muestra es de 13.5 y 13.9%, 3.5% de contenido de cenizas y 79.4 y 76.6% de carbono fijo, destacando como ideal una temperatura de 500°C con una tasa de 5°C/1min de elevación de temperatura para carbonizar mezquite.

Por su parte, el carbón de eucalipto con mejores características químicas se obtuvo con 500°C de temperatura, y una tasa de calor de 5 y 10°C/1min con valores de 0.2% de cenizas, y 81.1 y 79.5% de carbono fijo, siendo la muestra con mayor contenido de carbono fijo y menor contenido de cenizas respecto al encino y mezquite, sin embargo, también el de más alto contenido de volátiles con un 17.3% quedando fuera de norma en 1.3% arriba.

Estrictamente, el carbón de mezquite y encino son los que cumplen cabalmente con los parámetros que marca la norma de calidad, sin embargo, el mezquite se encuentra con 1 o 2% a favor en cada una de las determinaciones en comparación con el encino. No obstante, el carbón de eucalipto tiene mayor contenido de carbono fijo que los dos anteriores, el inconveniente de este es que tiene un alto porcentaje de volátiles.

Cabe destacar que en los resultados obtenidos en la mayoría de los casos se puede ver que la tasa de calor de 5°C/1min en interacción con una temperatura de 500°C muestra efectos positivos sobre la carbonización y las determinaciones de calidad.

LITERATURA CITADA

- ASTM. American Standard Test Methods. 2007. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. D1762-84. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Corradi P., B., Costa O., A, Macedo L., A, Oliveira C., A, Carvalho S., L y Rocha V., B. 2012. Quality of Wood and Charcoal from Eucalyptus Clones for Ironmaster Use. International Journal of Forestry Research. Vol. 2012.
- FAO 1983. Métodos simples para fabricar carbón vegetal. Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes No. 41. Roma, Italia. 154p.
- García R., L. M., Márquez M., F., Aguilar T., L., Arauso P., J., Carballo A., L., Orea I., U. y Zanzi, R. 2009. Rendimiento de los productos de la descomposición térmica de la madera de Eucalyptus saligna Smith a diferentes alturas del fuste comercial. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 15(2): 147-154.
- Islas S., F. J. 1991. Dendroenergía en México; problemática y perspectivas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Pérez M., Compean, G. 1989. Características físico-químicas y de producción en carbón de tres tipos de leñas de Durango. INIFAP-Durango. Memorias de la Primera Reunión Nacional Sobre Dendroenergía. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México.
- Sánchez R., L. 1997. Métodos de producción de carbón vegetal en México. Tesis de Doctorado. Pacific Western University. Los Ángeles California, EE. UU. 115 p.

COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE SOYA EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN EL SUR DE YUCATÁN

VARIETY PERFORMANCE SOYBEAN CYCLE IN FALL WINTER IN SOUTHERN YUCATAN

¹Yerbes Vázquez JA, ¹Santamaría Basulto F

¹Campo Experimental Mocochoá, INIFAP. Antigua carretera Mérida-Motul Km 25, CP 97454. Mocochoá, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: yerbes.alonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de variedades de soya en el ciclo Otoño-Invierno en el sur del estado de Yucatán de tres variedades de soya, para este propósito fueron establecidos en el mes Enero de 2016 en el Sitio Experimental Uxmal del INIFAP en Muna, Yucatán. Los genotipos fueron: Huasteca 400, Huasteca 100 y Tamesí y el diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Días a floración, Número de entrenudos, Altura de primera vaina, Número de vainas por planta, Días a madurez fisiológica, Rendimiento y Peso de 100 semillas. En altura de planta el valor más alto correspondió a Huasteca 400 con 49.33 cm, en días a floración el más precoz fue Tamesí que inició su floración a los 42 días y el más tardío fue Huasteca 400 con 62 días, en número de entrenudos Huasteca 400 fue mayor con 11.06 y en altura de primera vaina fue baja para los tres genotipos (7.06, 6.73 y 4.06) que tuvieron su primera vaina a una altura menor de la reportada para las variedades. Huasteca 400 presentó mayor cantidad de vainas (107.26), en madurez fisiológica Huasteca 100 se encuentra en los 115 días cerca de los 118 que se reporta por la variedad, Tamesí presentó 10 días menos de los 117 días para la variedad y Huasteca 400 se retrasó 10 días. El más alto rendimiento lo presentó Huasteca 400 (4557 kg/ha⁻¹) por su alto número de vainas, Huasteca 100 tuvo 3073.46 kg/ha⁻¹ y Tamesí registró 3441.20 kg/ha⁻¹, en Peso de 100 semillas Huasteca 400 y Huasteca 100 obtuvieron 13.73 y 13.70 g respectivamente y Tamesí en cambio presentó 19.40 g. Huasteca 400 registró el mejor rendimiento y Tamesí mejor tamaño y peso de grano.

PALABRAS CLAVE: *Soya, variedades, comportamiento.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de soya se originó en zonas templadas pero tiene una buena adaptación en los trópicos por su sensibilidad al fotoperiodo. Para su introducción a México primero llegó a Estados Unidos a principios del siglo XX y a partir de 1960 se evaluaron las primeras variedades (Pecina et al; 2005). Es originaria de Asia pero en la actualidad se considera la oleaginosa con mayor importancia a nivel mundial por el volumen que se comercializa así como por los productos que se obtienen de ella para la alimentación humana y animal (www.oleaginosas.org/art_338, 2016). Las características nutricionales y nutraceuticas de la soya y su bajo precio, la ubican como una seria alternativa para la alimentación de la población, particularmente en regiones rurales donde no se tienen los recursos económicos para satisfacer las necesidades de proteínas de origen animal ya que posee un contenido de proteínas, aceite, carbohidratos, vitaminas y minerales de mejor calidad que otros granos similares (De luna, 2007) y uno de los aspectos importantes es su tecnología de producción que es baja lo que le permitiría establecerse en pequeñas superficies para autoconsumo familiar o en grandes superficies tecnificadas para la industria.

En el año 2015 a nivel mundial la producción de soya fue de 313.26 millones de toneladas, los principales productores fueron: Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, India, Paraguay y Canadá (www.produccionmundialsoja.com/2016); en menor proporción otros países entre los que se encuentra México que tiene que importar este producto ya que la producción nacional no abastece el mercado. México es considerado el cuarto importador de soya a nivel mundial, después de China, la Unión Europea y Japón. Las importaciones que México realiza equivalen al 4.5% de la soya que se comercializa a nivel mundial, se estima que México importa alrededor de 3.5 millones de toneladas y el 98% se destina a la alimentación en el sector pecuario. Los principales estados productores de soya a nivel nacional son: Tamaulipas, Chiapas, San Luis Potosí, Campeche, Veracruz, Chihuahua y Jalisco

(www.oleaginosas.org/art_338). En el estado de Yucatán existen condiciones de clima y suelo que son propicias para el cultivo exitoso de la soya, el sur del estado hay áreas destinadas a la producción de soya que se sustituyeron a raíz de la baja producción de maíz, estas áreas requieren de variedades que se adapten a las condiciones de la región para expresar su potencial y se obtengan buenos rendimientos (Estrada, 2013; comunicación personal).

Las variedades de soya tienen un amplio rango de adaptabilidad a las diversas condiciones climáticas de existentes en las regiones de nuestro país (De Luna, 2007), y en la adaptabilidad las nuevas variedades deben tener la característica de baja sensibilidad al fotoperiodo corto, amplio periodo de siembra, buen crecimiento de planta y un alto potencial productivo; además deben contar con amplia base de genes para resistencia a plagas y enfermedades, alto contenido de proteína y aceite, y calidad de la semilla (Maldonado *et al.*, 2010). Ante esta situación el Inifap ha generado variedades de baja sensibilidad al fotoperiodo corto en los trópicos, una buena adaptación a los suelos y rendimientos que alcanzan a superar los 2,500 kg/ha⁻¹ (Maldonado, 2004) y entre estas se encuentran las variedades Huastecas y la variedad Tamesí generadas en el Campo Experimental Las Huastecas en Tamaulipas para las áreas del noreste y sureste de México.

La variedad Huasteca 400 es de tallo erguido, hábito de crecimiento determinado, de tamaño medio a alto flores de color púrpura, vainas de tres y dos granos, con pubescencia café, con semilla color amarillo, inicia la floración a partir de 46 días después de la siembra, en condiciones de riego tiene mayor potencial productivo (Maldonado, *et al.*, 2010). La variedad Huasteca 100 presenta planta de hábito de crecimiento determinado, tallo erguido, porte medio y altura promedio de 84 cm, flores de color morado, vainas de tres y dos granos, pubescencia de color café, semilla amarilla, hilio café claro; florece de 48 a 60 días después de la siembra, llega a madurez fisiológica entre 118 y 144 días, con vainas de 13 a 16 cm de longitud, es resistente al acame y al desgrane, el peso de 100 semillas es 13.9 g (Maldonado, 2004). La variedad Tamesí presenta plantas de tallo erecto, buena ramificación, hábito de crecimiento determinado y 71% de su altura final la obtiene a la floración (R2). Presenta plantas de porte medio a bajo, flores de color blanco, semilla de tamaño mediano, de forma subesférica, color amarillo y con hilio de color marrón claro; tiene vainas de tres y dos granos, con pubescencia color café (Maldonado y Ascencio, 2012).

Debido a que la soya es una alternativa para su producción en Yucatán y por lo mencionado anteriormente, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de variedades de soya en el ciclo Otoño-Invierno en el sur del estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo Otoño-Invierno 2015-16 se estableció el experimento en el Sitio Experimental Uxmal en el Sitio Experimental Uxmal del INIFAP en el km 75 de la carretera Mérida-Campeche, en el municipio de Muna, Yucatán, en los 20° 25' N y 89° 46' O. El clima es cálido subhúmedo (Aw0), con precipitación de 990 mm y temperatura media anual de 25 °C. Se evaluaron 3 variedades de soya que son: Huasteca 100, Huasteca 400 y Tamesí y la unidad experimental fue de 5 surcos de 3 m de largo y 80 cm entre surcos (140,000 plantas/ha) el diseño experimental fue Bloques al azar con tres repeticiones. Se realizó las labores de barbecho a 30 cm de profundidad y dos pasos de rastra en el terreno, la siembra se realizó el 4 de Enero de 2016 y diez días después de la emergencia de la soya se raleó para dejar el número de plantas correspondientes. La fertilización fue de 80-60-00 recomendado para la región, el control de maleza se llevó a cabo de forma manual y se aplicaron los riegos necesarios para el desarrollo del cultivo y durante el ciclo no se presentaron plagas de magnitud que hayan afectado al cultivo.

Se evaluaron las variables siguientes: 1) Altura de planta, 2) Días a floración, 3) Numero de entrenudos, 4) Altura de primera vaina, 5) Número de vainas por planta, 6) Días a madurez fisiológica, 7) Rendimiento (kg/ha⁻¹) y 8) Peso de 100 semillas. Las variables 1, 3 y 4 se registraron datos en 5 plantas mientras que en el Número de vainas por planta se registró el promedio de 10 plantas muestreadas al azar. El análisis estadístico se llevó a cabo con el Programa Estadístico de la FAUANL (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el análisis para determinar las diferencias entre los genotipos las cuales se presentaron en las variables altura de planta, días a floración, número de entrenudos y altura de primera vaina (Cuadro 1). En el caso de la altura de planta los genotipos no superaron los 50 cm el valor más alto correspondió a Huasteca 400 con un promedio de 49.33 cm. Maldonado *et al.*, (2010) reportan una altura máxima de 80 cm para Huasteca 400, las bajas temperaturas que se presentaron después de la segunda semana de

Enero (CONAGUA, 2016) influyó en un lento crecimiento de las plantas y el más afectado fue Tamesí que no alcanzó el 50% de la altura máxima reportada. Huasteca 100 obtuvo una altura cercana a la que reportan Tosquy *et al.*, (2010) de 40.03 cm. En días a floración Huasteca 100 se encuentra dentro del rango de 48 a 62 días reportado por Maldonado y Ascencio (2010) en cambio el más precoz fue Tamesí que inició su floración a los 42 días y el más tardío correspondió a Huasteca 400 con 62 días. En el número de entrenudos fue bajo lo que presentaron los tres genotipos, esto es debido a la altura que se obtuvo, a una mayor altura más entrenudos. En altura de primera vaina de igual forma, el lento crecimiento que presentaron las plantas después de la germinación en el mes de Enero fue a causa de las bajas temperaturas de invierno y posteriormente en el mes de febrero se incrementaron las temperaturas, en dicho mes se presentó la floración en los genotipos y por el lento crecimiento tuvieron su primera vaina a una altura menor de la reportada para las variedades.

Cuadro 1. Altura, floración y características de planta. Muna, Yucatán, Otoño-Invierno 2015-2016.

Número	Genotipo	Altura de planta (cm)	Días a floración	Número de entrenudos	Altura de primera vaina (cm)
1	Huasteca 400	49.33 A	62.00 A	11.06 A	7.06 A
2	Huasteca 100	36.20 B	52.00 B	9.20 B	6.73 B
3	Tamesí	21.00 C	42.00 C	6.60 C	4.06 C

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey 0,05).

De igual forma que en las anteriores variables, se presentaron diferencias marcadas entre los genotipos en las variables número de vainas por planta, días a madurez fisiológica, rendimiento y peso de 100 semillas (Cuadro 2). Huasteca 400 presentó la mayor cantidad de vainas con un promedio de 107.26 a diferencia de Huasteca 100 y Tamesí que tuvieron 65.06 y 57 vainas respectivamente. En Madurez fisiológica Huasteca 100 se encuentra en los 115 días cerca de los 118 que se reporta por la variedad, Tamesí presentó 10 días menos de los 117 días para la variedad y Huasteca 400 se retrasó 10 días debido a que presentó más días a floración. El alto rendimiento que presenta Huasteca 400 respecto a lo reportado para la variedad (2625 kg/ha⁻¹) se debe a que tuvo un alto número de vainas, esta situación se presenta al ser un poco más tardío que las otras variedades alcanzó temperaturas adecuadas para una floración que le permitió tener un gran número de vainas a pesar de no tener una gran altura. Huasteca 100 tuvo 3073.46 kg/ha⁻¹ un poco menor a lo reportado que es de 3800 kg (Maldonado y Ascencio, 2010), y en el caso de Tamesí se encuentra arriba de lo reportado (3441.20 vs. 2602 kg/ha⁻¹) tuvo menor cantidad de vainas pero presentó un mayor tamaño y peso de grano. El rendimiento de Tamesí es alto y esto se puede mejorar un poco más debido a que se reporta que como es una planta de porte medio se puede sembrar en surcos más angostos y con mayor densidad de plantas (Maldonado y Ascencio, 2012). En el caso de Peso de 100 semillas Huasteca 400 y Huasteca 100 se encuentran en el peso reportado para dichas variedades, obtuvieron 13.73 y 13.70 g respectivamente. Tamesí en cambio presentó 19.40 g de peso de 100 semillas y el valor reportado para la variedad es de 16.1 g es decir, que debido a su mayor tamaño y peso de semilla presentó un rendimiento alto con respecto a lo reportado aun con una altura de planta baja.

Cuadro 2. Número de vainas, madurez y rendimiento. Muna, Yucatán, Otoño-Invierno 2015-2016.

Número	Genotipo	Número de vainas por planta	Días a madurez fisiológica	Rendimiento kg/ha	Peso 100 semillas
1	Huasteca 400	107.26 A	120.66 A	4557.00 A	13.73 B
2	Huasteca 100	65.06 B	115.00 B	3073.46 C	13.70 C
3	Tamesí	57.00 C	108.00 C	3441.20 B	19.40 A

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey 0,05).

CONCLUSIONES

La variedad Huasteca 400 fue el más tardío en el ciclo Otoño-Invierno, pero presenta un mayor número de vainas y mayor altura de la planta, y por consiguiente un mayor rendimiento de grano.

La variedad Huasteca 100 es apropiada si se quiere producir en la duración del ciclo normal en Yucatán en Otoño Invierno, es de mencionar que esta variedad se utiliza en zonas de cultivo de temporal. La variedad Tamesí es indicada si se quiere producir en menor tiempo, ya que es el más precoz de las tres variedades en estudio, una menor altura de planta y un número menor de vainas que las anteriores, tiene un rendimiento aceptable y un mayor tamaño de grano, además que se puede incrementar la densidad del número de plantas por hectárea.

LITERATURA CITADA

- CONAGUA. 2016. Estación Meteorológica Sitio Experimental Uxmal. Muna, Yucatán. Registro consultado en Abril de 2016.
- De Luna J. A. 2007. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 37, Enero-Abril.
- Estrada V. J.E. 2013. Producción de semilla certificada de soya en el estado de Yucatán. Comunicación personal.
- Maldonado, M.N. 2004. Huasteca 100 y Huasteca 200 nuevas variedades de soya para el sur de Tamaulipas. CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas., México. Folleto técnico. Núm. 9. 20 p.
- Maldonado, M.N., Ascencio, G.L., Gill L.H.R. 2010. Huasteca 400, nueva variedad de soya para el Sur de Tamaulipas, Oriente de San Luis Potosí y Norte de Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.5 1 de octubre - 31 de diciembre, 2010 p. 687- 692
- Maldonado, M.N., Ascencio, G.L. 2010. Huasteca 100, variedad de soya para el Sur de Tamaulipas y trópico de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.5 1 de octubre - 30 de diciembre, 2010 p. 699-705
- Maldonado, M.N., Ascencio, G.L. 2012. Tamesí, nueva variedad de soya para el trópico húmedo de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.8 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012 p. 1671-1677
- Olivares S.E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León.
- Pecina Q.V., Maldonado H.L., Maldonado, M.N., Simpson J., Martínez-De la vega O. y Gil V. K C. 2005. Diversidad genética en soya del trópico húmedo de México determinada con marcadores AFLP. Rev. Fitotecnia Mexicana. Vol. 28 (1): 63 – 69, 2005
- Tosquy V. O.H., Esqueda E.V.A, Zetina L. R., Ascencio L. G. 2010. Densidad y distancia de siembra en dos variedades de soya de temporal en Veracruz, México. Agronomía Mesoamericana 21(1):63-72.

Referencias informáticas

- Producción de soya. 2016. www.produccionmundialsoja.com. (Consultado el 15 de Junio de 2016)
- Sistema producto oleaginosas. 2016. www.oleaginosas.org/art_338. (Consultado el 10 de Junio de 2016)

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Brevipalpus* spp. (ACARI: TENUIPALPIDAE) EN NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis* OSBECK) EN TABASCO, MÉXICO.

POPULATION FLUCTUATION OF *Brevipalpus* spp. (ACARI: TENUIPALPIDAE) IN VALENCIA ORANGE (*Citrus sinensis* OSBECK) IN TABASCO, MEXICO

¹Sumano López D; ²Arias López VH; ³García Garduza D; ¹López López R; ¹Rodríguez Cuevas M.

¹Investigadores INIFAP, campo experimental Huimanguillo. Km.1 Carretera federal. Huimanguillo, Cárdenas, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. CP. 86400.

²Profesor Investigador Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 266 General Carlos Greene Ramírez. Prolongación Calle 3. Poblado C-29 General Vicente Guerrero, municipio de Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86460.

³Comite estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco. Calle Teapa esquina Tacotalpa Fraccionamiento prados de Villahermosa, Centro, Tabasco, México. CP. 86070

Autor para correspondencia: sumano.dante@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México, la leprosis es una enfermedad de importancia cuarentenaria, transmitida por especies de ácaros del género *Brevipalpus* spp. Se detectó en México en 2006. Afecta a cítricos dulces, reduciendo producción, muerte de ramas y caída prematura del fruto. El objetivo del trabajo fue determinar la fluctuación poblacional de *Brevipalpus* spp., en el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* Osbeck) y su relación con la temperatura y precipitación en Huimanguillo, Tabasco, México. La Investigación se realizó en una plantación de Naranja Valencia de 15 años de edad en la zona comercial de Huimanguillo, Tabasco, México (Latitud. 17.41685419° y Longitud. -93.5611582). Los muestreos de hojas fueron quincenales de agosto de 2013 a agosto de 2014. La contabilización se realizó en el laboratorio de fitopatología del INIFAP Campo Experimental Huimanguillo. La precipitación y temperatura se tomaron de la estación meteorológica del INIFAP, Huimanguillo. El análisis de correlación de Pearson se efectuó con el paquete R Commander versión 2.10.1. El acaro estuvo presente durante la duración de muestreo, mostrando una mayor presencia en los meses de septiembre a noviembre y de abril a junio. La correlación de Pearson indica una relación estrecha entre la presencia de individuos y altas temperaturas ($r=0.8016$ ($P=0.0035$)). Respecto a la precipitación, el análisis indica correlación baja ($r=0.1456$, $P=0.7642$). *Brevipalpus* spp., está presente durante todo el año en la zona citrícola del estado de Tabasco, el factor temperatura presenta una correlación alta y el factor precipitación una correlación muy baja con respecto a la fluctuación poblacional de este ácaro.

Palabras Clave: *Brevipalpus* spp., *Citrus sinensis*, leprosis.

INTRODUCCIÓN

La citricultura en México constituye una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura nacional. Se encuentran establecidas más de 546 mil hectáreas distribuidas en 24 estados del país, siendo Veracruz el estado con mayor superficie y producción. En Tabasco, la citricultura está establecida en una superficie de 15,535 ha, y el municipio de Huimanguillo posee más del 95% del área. (SIAP, 2014). Las plantaciones presentan una gran variedad de problemas fitosanitarios repercutiendo en el rendimiento y calidad de los productos, por consiguiente en el mercado. (SENASICA, 2014)

La leprosis es una enfermedad de importancia cuarentenaria, que ataca a especies de la familia Rutaceae, principalmente a frutos dulces (SENASICA, 2011); causada por un virus tipo baciliforme (género Cilevirus) identificado como leprosis del tipo citoplasmático (CiLV-C, CiLV-N y CiLV-C2,); transmitida por especies de ácaros del género *Brevipalpus* spp., principalmente *Brevipalpus yothersi* B (Sánchez-Velázquez *et al.*, 2015). Estos se alimentan de la savia del follaje, ramas y frutos; insertan sus estiletes queliceriales en las células epidérmicas y parenquimatosas y, si son portadores, inyectan el virus de la leprosis de los cítricos. Este acaro pasa por diferentes estadios, en todas las fases son capaces de transmitir el virus de la leprosis.

En México, el acaro se detectó en 2004, en el estado de Chiapas, y dispersada en los 31 estados. En Tabasco, la enfermedad se detectó en 2007 (NAPPO, 2014), afecta a naranjos y mandarinos, los primeros síntomas se manifiestan a partir de los quince días después de la inoculación del virus

(Bassanezi *et al.*, 2002), principalmente en hojas maduras, presentan lesiones concéntricas cloróticas, con o sin centro necrótico (Bastianiel *et al.*, 2006; Muller *et al.*, 2005) (Figura 1.). En ramas los síntomas aparecen con manchas cloróticas de forma circular, que poco a poco se van volviendo rugosas. Cuando la lesión es vieja se vuelve corchosa, en algunos casos estas lesiones pueden provocar que se interrumpa el flujo de savia en el floema, y por consecuente la muerte de la rama. En frutos las lesiones son pequeñas, presentan manchas circulares con halos cloróticos, posteriormente van aumentando de tamaño, cambiando de color a café y posteriormente el tejido se necrosa. En este caso, el daño es superficial, es decir, se afecta el estado cosmético del fruto, ya que el interior queda intacto. Conforme avanza la enfermedad las lesiones se vuelven necróticas y corchosas en frutos (Figura 2). Esto trae consigo una fuerte defoliación, caída de frutos, muerte de ramas y en ocasiones la muerte total del árbol. Los métodos de control se basan en el monitoreo constante para la búsqueda de síntomas, seguido del muestreo de frutos o follaje para determinar la densidad de ácaros en los árboles. El control químico y la poda severa, son los métodos más eficaces.

El objetivo fue determinar la fluctuación poblacional de *Brevipalpus* spp., en el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* Osbeck) y su relación con la temperatura y precipitación en Huimanguillo, Tabasco, México.



Figura 1. Síntomas en hojas



Figura 2. Síntomas en fruto y ramas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Investigación se realizó en una plantación de una hectárea de Naranja Valencia de 15 años de edad en la zona comercial de Huimanguillo, Tabasco, México (Lat. 17.41685419° y Long. -93.5611582). (Figura 3). El clima de la zona es cálido húmedo con lluvias en verano (Am) f. La plantación contaba con un manejo agronómico pobre, es decir, no se realizaban prácticas de control del vector. Los muestreos fueron quincenales, adaptando la metodología propuesta por Méndez *et al.*, 2012. En 20 árboles seleccionados al azar, se seleccionaron hojas de la parte media de la copa del árbol, la cual se dividió en cuadrantes, según los puntos cardinales, recolectando cinco hojas al azar en cada cuadrante, siendo 20 hojas por cada árbol. Las hojas fueron colocadas en bolsas plásticas y marcadas. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología y Entomología del INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo para el conteo de ácaros, a través de un microscopio estereoscópico. Los datos ambientales de precipitación y temperatura se tomaron de la estación meteorológica del INIFAP, Huimanguillo. El análisis de correlación de Pearson se efectuó con el paquete R Commander versión 2.10.1.

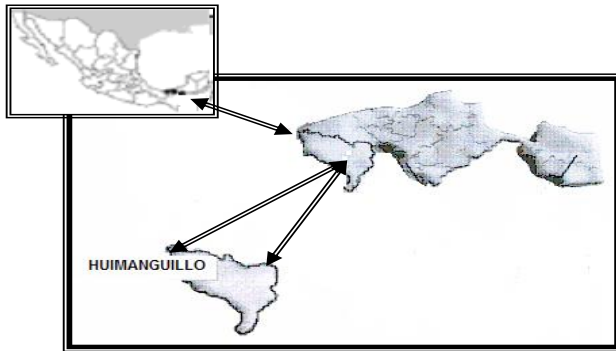


Figura 3. Ubicación de área de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ácaro se encontró presente durante toda la época de muestreo, se colectaron un total de 3,895 individuos, con promedios de 5.19 ácaros por árbol y 0.35 ácaros por hoja. Méndez *et al.*, (2012) menciona promedios de 5.3 ácaros por árbol en la misma zona, considerando una densidad relativamente baja. El mayor número se presentó de septiembre a noviembre de 2013 y de abril a junio de 2014. La correlación indica una relación estrecha entre individuos y altas temperaturas ($r=0.8016$, $P=0.0035$). Respecto a la precipitación, el análisis indica correlación baja ($r=0.1456$, $P=0.7642$). Méndez *et al.*, (2012) y Solano *et al.*, (2008) mencionan que temperaturas altas contribuyen al desarrollo y reproducción de los ácaros, coincidiendo con los meses más calurosos de la zona y las mayores poblaciones del ácaro. Contrariamente las temperaturas bajas. (Figura 4, Figura 5).

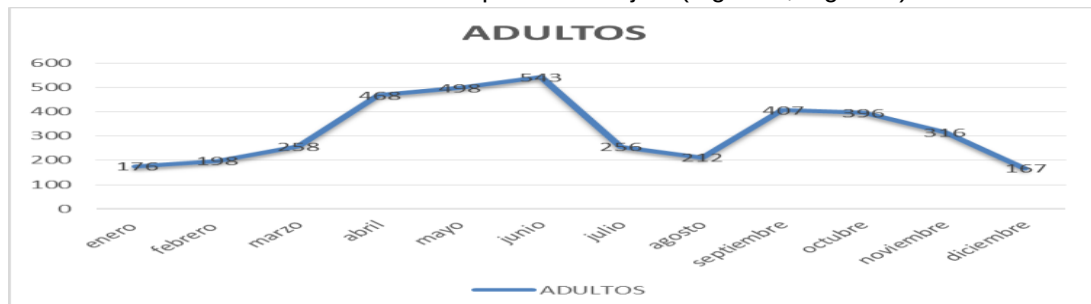


Figura 4. Comportamiento de poblaciones de ácaros durante el periodo de muestreo

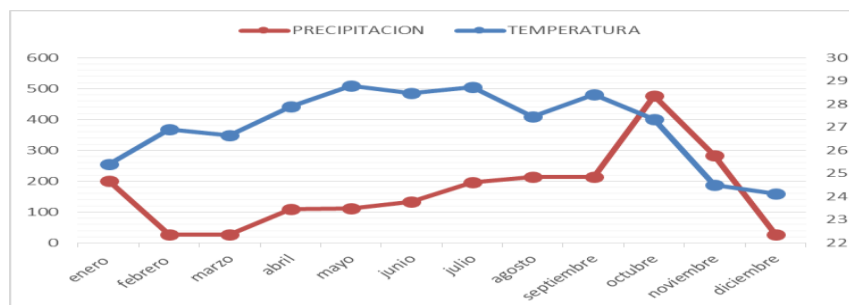


Figura 5. Comportamiento de las condiciones ambientales durante el muestreo

CONCLUSIONES

Brevipalpus spp. Está presente durante todo el año en la zona citrícola del estado de Tabasco, el factor temperatura presenta una correlación alta y el factor precipitación una correlación muy baja con respecto a la fluctuación poblacional de este ácaro.

LITERATURA CITADA

Bassanezi, R.B., Spósito, M.B. e Yamamoto, P.T. 2002. Adeus a leprose. Revista Cultivar-Hortalizas de Frutas. (10):6-8.

- Bastianel M., Freitas-Astúa J., Kitajima, E.W. e Machado, M.A. 2006. The citrus leprosis pathosystem. *Summa Phytopathologica*. (32):211-220.
- Méndez, M.P., Sanchez, S.S., Romero, N.J., Ortiz, G.F. 2012. Fluctuación poblacional de *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae), vector de la leprosis de los cítricos en Tabasco, México *Fitosanidad*, vol. 16, núm. 2, agosto, 2012, pp. 73-77
- Müller, G. W., Targon, M. L. P. N., Carvalho, S. A., Souza, A. A e Rodrigues, J. C. V. 2005. Doenças de citros causadas por vírus e viróides. In: Junior D.M., DeNegri, J.D., Pio R.M., Junior J.P. Citros. Centro APTA Citros Sylvio Moreira. 929p.
- Sánchez-Velázquez, E.J., Santillán-Galicia, M.T., Novelli, V.M., Nunes, M.A., Mora-Aguilera, G., Valdez-Carrasco, J.M. 2015 Diversity and Genetic Variation among *Brevipalpus* Populations from Brazil and Mexico. *PLoS ONE* 10(7): e0133861. doi:10.1371/journal.pone.0133861
- Solano, D. A., Álvarez G.J., Rodríguez, A.J. 2008. Distribución espacial de *Brevipalpus phoenicis*, vector de la leprosis de los cítricos en el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis*) en Yopal, Casanare (Colombia)», *Agronomía Colombiana* 26 (3): 399-410.

Referencias informáticas

- NAPPO, 2014. Organización Norteamericana de Protección a las plantas. Informe de Plaga *Citrus leprosis virus C* (CiLC-C), *Citrus leprosis virus N* (CiLC-N).
http://nappo.org/files/1914/3754/7220/Leprosis_de_los_citricos_06-01-2015_-s.pdf
 Consultado en marzo de 2016.
- SENASICA, 2011. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. SAGARPA.
<http://senasica.gob.mx/?id=4724> Consultado en línea en marzo de 2016.
- SENASICA, 2014. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. SAGARPA.
<http://senasica.gob.mx/?doc=27120> Consultado en línea en marzo de 2016.
- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado marzo de 2016.

EFFECTOS DE LOS BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.), EN LA CHONTALPA, TABASCO, MEXICO

BIO-FERTILIZERS EFFECTS OF GROWING OF JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.), IN THE CHONTALPA, TABASCO, MEXICO

- ¹Arias López VH; ²Sumano López D; ³García Garduza D; ⁴Ruiz Beltrán P; ²Rodríguez Cuevas M.
¹Profesor Investigador Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 266 General Carlos Greene Ramírez. Prolongación Calle 3. Poblado C-29 General Vicente Guerrero, municipio de Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86460.
²Investigadores INIFAP, campo experimental Huimanguillo. Km.1 Carretera federal. Huimanguillo, Cárdenas, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. CP. 86400.
³Comite estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco. Calle Teapa esquina Tacotalpa Fraccionamiento prados de Villahermosa, Centro, Tabasco, México. CP. 86070
⁴Profesor Investigador Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 2, Ranchería Paso y Playa, Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500
Autor para correspondencia: lutor_84@hotmail.com

RESUMEN

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta originaria de la India, en donde se cultiva comúnmente, se cree que la propagación se realizó inmediatamente a países africanos. Se ha distribuido extensamente en las zonas tropicales y subtropicales de ambos hemisferios (Rojas, 1999 y Santoyo 2009). El trabajo se estableció en la Ra. Paso y Playa, en el municipio de Cárdenas, Tabasco, con la unidad de suelo denominado Fluvisol, de forma particular la Subunidad Fluvisol Eútrico, por lo que son suelos arcillosos que presentan deficiencia en cuanto al drenaje, siendo susceptible a encharcamientos, con antecedentes de cultivo de caña de azúcar. El diseño experimental consistió de bloques completos al azar, conformado por cinco tratamientos y cuatro repeticiones: Micorriza (*Glomus intraradices*), Bacteria (*Azospirillum brasilense*), Micorriza + Bacteria, fertilizante químico NPK (30-60-30) y un testigo (sin aplicación). La variedad utilizada de jamaica fue la denominada Afrasm, donde se evaluó el rendimiento de cálices secos (ton/ha). Los resultados obtenidos son los siguientes: el tratamiento que presentó el mayor rendimiento fue el Micorriza + Bacteria con 1.086 ton/ha y la menor producción la obtuvo el tratamiento Bacteria con 0.5469 ton/ha. De acuerdo al análisis de varianza de rendimiento entre tratamientos, se aprecian diferencias altamente significativas, al existir un margen amplio entre la mayor producción (Micorriza + Bacteria) y la menor (Bacteria). En base a los resultados de rendimiento el tratamiento Micorriza + Bacteria que fue el más rentable, ya que el costo de la cepa comercial resulta más económico que la aplicación del fertilizante químico (30-60-30), que fue el tratamiento que ocupó el segundo lugar en rendimiento (1.014 ton/ha).

Palabras Clave: *Hibiscus sabdariffa*, Biofertilizante, micorriza, bacteria

INTRODUCCIÓN

La flor de la jamaica a nivel mundial es poco conocida siendo los principales países con mayor capacidad productiva y exportadora China, India y Sudan (FAOSTAT, 2014). La jamaica es introducida a México en la época colonial donde se cultiva en regiones cálidas y semicálidas. Las diferentes condiciones agroecológicas que caracterizan a la República Mexicana, permiten el establecimiento y desarrollo de una amplia gama de cultivos agrícolas, tal es el caso del cultivo de la jamaica, que a pesar de su escaso conocimiento técnico productivo, es una opción para áreas de baja precipitación pluvial en los trópicos cálidos (Larios, 1998). A nivel nacional, durante 2014, se cosechó un total de 19,396.23 ha de jamaica, de estas, 19,315.73 fueron producidas de forma convencional, mientras que 80.5 hectáreas fueron con manejo orgánico. En total se obtuvo una producción de 6.947.57 toneladas, con un rendimiento promedio de 0.36 ton/ha. Los principales estados productores son Guerrero, Oaxaca y Michoacán; estas entidades agrupan más del 90% de la superficie total del país. (SIAP-SAGARPA, 2014).

En Tabasco no se registra superficie establecida (SIAP-SAGARPA, 2014), sin embargo, la producción de jamaica se realiza en huertos de traspatios y generalmente asociada al cultivo de maíz en mínimas extensiones, por consiguiente, no existen estudios sobre dosis y fuentes de fertilizantes que permitan

evaluar el comportamiento de este cultivo de mucho consumo en la zona. Ante esta situación, se realizó la siguiente investigación para conocer el comportamiento de la planta y evaluar efectos mediante la aplicación de biofertilizantes, en este caso Micorriza *Glomus intraradices* y la Bacteria *Azospirillum brasilense*

El objetivo fue determinar fue evaluar el efecto de la aplicación de los biofertilizantes en el rendimiento del cultivo de la Jamaica en la región de la Chontalpa en Cárdenas, Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra localizada en la provincia fisiográfica de la planicie costera del Golfo de México, en la región conocida como la Chontalpa, la cual está ubicada en la porción occidental de la costa tabasqueña, el área queda dentro de la cuenca del Río Grijalva. Desde el punto de vista geográfico se encuentra limitada entre los paralelos 18° 01' y 18° 12' de latitud norte y entre los meridianos 93° 40' y 93° 23' al oeste del meridiano de Greenwich. El clima de la Región de la Chontalpa y sitio de estudio, de acuerdo a la clasificación climática de Koppen es de tipo Am que corresponde a clima tropical cálido húmedo, con lluvias abundantes en verano, influenciadas de monzón, estación seca y corta. (Ruiz *et al.*, 1980).

Los suelos de la zona de la Chontalpa, se caracterizan por ser de origen aluvial, arcillosos de colores pardos, profundos, mal drenados, ricos en base y capacidad de intercambio catiónico, ligeramente ácidos, ricos en fósforo asimilable y con alto contenido de materia orgánica (Del Rivero, 1983). En la región de la Chontalpa existen diferentes tipos de suelo, por lo que es importante mencionar las características de la unidad de suelo en la que se realizó el experimento, en este caso pertenece a la denominada Fluvisol y como Subunidad Fluvisol Eútrico (Palma *et al.*, 2000)

El diseño del experimento es de bloques completos al azar, conformado por 5 tratamientos y 4 repeticiones dando un total de 20 unidades experimentales. Las parcelas experimentales fueron de 4 m de ancho x 9 m de largo; la distancia de siembra fue a 1 m x 1 m entre surco y plantas respectivamente; cada parcela experimental contó con un área de 36 m². El área total del experimento fue de 720 m², cada unidad experimental estuvo delimitada por callejones de 2 metros.

Los productos *Azospirillum* y Micorriza comerciales utilizados provienen de la compañía ASIA (Asesoría Integral Agropecuaria S. A. de C. V., Biofábrica Siglo XXI) ubicada en Cuautla, Morelos, México.

La dosis fue de 1 kg de cada producto disuelto en 100 litros de agua, y se aplicó cuando las plantas tenían 30 días trasplantadas; la fuente de los fertilizantes químicos fue de urea, superfosfato de calcio y cloruro de potasio, a continuación se detallan las aplicaciones:

Cuadro 1. Tratamientos y dosis aplicadas a las semillas de jamaica.

TRATAMIENTOS	DOSIS
Micorriza hongo (<i>Glomus intraradices</i>)	0.5 litros de la mezcla/planta
Bacteria (<i>Azospirillum brasilense</i>)	0.5 litros de la mezcla/planta
<i>Azospirillum</i> + Micorriza	0.3 litros/ 0.3 litros/planta.
Fertilizante Químico	30-60-30 kg. de NPK.
Testigo	Sin aplicación.

Los datos fueron analizados estadísticamente con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), en la cual se realizó el análisis de varianza, una comparación de medias de Tukey al 0.05 de error de probabilidad y de correlaciones en las variables mencionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta variable están correlacionados con el número de cápsulas y con el peso de cálices, por lo que ponderando el valor del rendimiento por planta por la densidad de siembra (10,000 plantas/ha), el tratamiento con mayor rendimiento (peso seco de cálices) fue Micorriza + Bacteria con 1.086 ton/ha, mientras que el menor rendimiento lo obtuvo el tratamiento Bacteria con 0.54 ton/ha; en el Cuadro 2 y en la Figura 1, se aprecian los valores de cada tratamiento donde se detecta una considerable diferencia entre ellos, el resultado que se obtuvo es de importancia para los productores, dejando a su criterio el tipo de fertilizante a utilizar así como de su aplicación.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), para rendimiento.
Nota: letra diferente entre tratamientos representan diferencia significativa

RENDIMIENTO (PESO SECO DE CÁLICES)	
TRATAMIENTOS	MEDIAS (kg/ha)
Micorriza + Bacteria	A 1086
Fertilizante químico	A 1014.6
Testigo	B A 737.6
Micorriza	B A 674.8
Bacteria	B 546.9

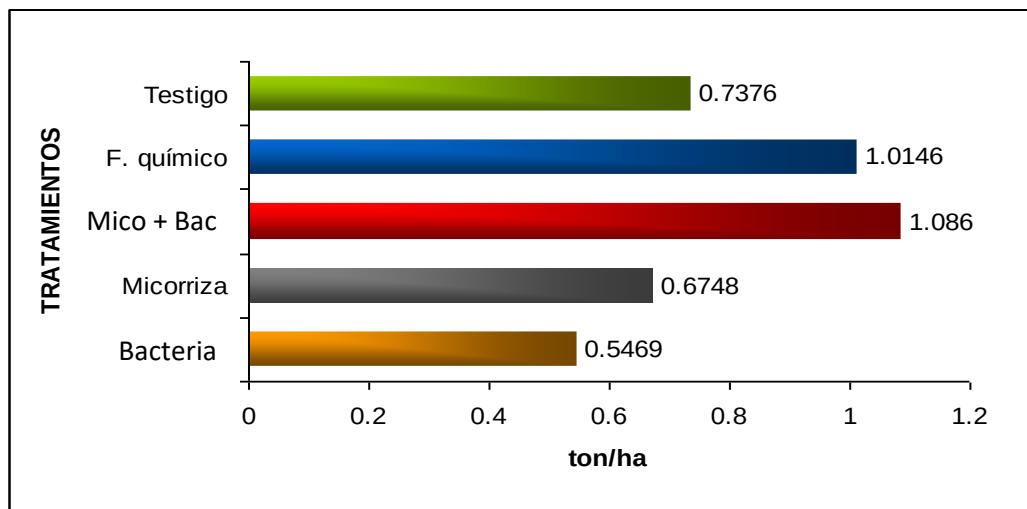


Figura 1. GRAFICA DE MEDIAS (ton/ha) DE RENDIMIENTO

Es importante señalar que en el secado, los cálices se reducen hasta en un 90% de su peso, esto con el fin de una mayor conservación del producto, de modo que la humedad ideal estipulada es de 12 a 14%, para conservar los estándares de calidad en cuanto a la textura, color y sabor.

De acuerdo a los resultados obtenidos los biofertilizantes, en este caso Micorrizas + Bacteria, incrementaron la producción significativamente con respecto al tratamiento que obtuvo menor rendimiento, esto comprueba lo señalado por Jiménez *et al.*, (2000), al reportar incrementos del 63% en el rendimiento de grano al inocular el maíz con *Azospirillum* + Micorrizas, con respecto a un testigo (sin inocular). Por otra parte, Castillo *et al.*, (2004) señala un incremento de 23% en el número de nueces por inflorescencia como respuesta en la aplicación de *Azospirillum* + Micorrizas + 45-35-60 de NPK y 3.4% con la aplicación de *Azospirillum* respectivamente con respecto al testigo (sin aplicación). Estos resultados indican una respuesta rápida de los biofertilizantes en el número de frutos que llegan a la cosecha.

Castillo *et al.*, (2004) también reporta un mejoramiento de pH del suelo, haciéndolo menos ácido, y un incremento de materia orgánica en un 110% en el estrato de 0 a 30 cm y 83% en el estrato de 30 a 60 cm en la aplicación de *Azospirillum*.

Bashan (1997), menciona la capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento de la planta (que en este experimento no se observó) y del sistema radicular, además del incremento en el contenido de nitrógeno total de las plantas inoculadas con respecto a los testigos. Con base a lo anterior se cumple con lo señalado por Aguirre (1999) y Santoyo (2009), al referir que el uso de los biofertilizantes es una opción como fuente de fertilizante, para la agricultura de temporal sobre todo de escasos recursos.

En el análisis de varianza, podemos notar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que al menos un tratamiento es distinto al resto. El coeficiente de variación con 23.52% determina que las diferencias entre la producción depende de los tratamientos estudiados y no a errores experimentales. Esta variable confirma que el tratamiento con mayor producción es la Micorriza + Bacteria, y se determina que el tratamiento con menor respuesta en rendimiento fue Bacteria.

CONCLUSIONES

El tratamiento que presentó mayor rendimiento en el cultivo de jamaica variedad Afnasm fue Micorriza +Bacteria con 1.086 ton/ha, siguiéndole después el tratamiento químico con 1.014 ton/ha. El tratamiento que presentó menor producción fue la Bacteria con 0.5469 ton/ha.

En cuanto al análisis de varianza de rendimientos entre tratamientos, corrobora las diferencias altamente significativas, al existir un margen amplio entre la mayor producción (Micorriza +Bacteria), y la menor (Bacteria), de casi el doble de diferencia.

En base a los resultados obtenidos se considera que es factible el uso de biofertilizantes *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en el cultivo de Jamaica, porque iguala o supera los resultados de los fertilizantes químicos.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. J. F. 1999. El Programa Nacional de Biofertilizantes del INIFAP. Avances y Perspectivas: Ponencia Magistral. En: XII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. SAGARPA. INIFAP. Villahermosa, Tabasco. 380-389 Pág.
- Bashan, Y., Holguín, G. 1997. *Azospirillum* plant relationships: Environmental and physiological advances. Can. J. Microbiol. 43:103-121 Pág.
- Castillo, G.R. A., Domínguez, C. E. y Ruiz, B. P. 2004. Biofertilización del cocotero alto del Atlántico. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Folleto Técnico No. 35. Tabasco, México. 7 Pág.
- Del Rivero B, N. 1983. Evaluación y clasificación de maíces criollos colectados en el Estado de Tabasco. Tesis profesional. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tab. 112 Pág.
- Jiménez C.J.A., Pastrana, A. L. y López, L. R. 2001. Validación de Biofertilizantes y Brassinoesteroides en Maíz en el estado de Tabasco. En: XII Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. SAGARPA. INIFAP. Villahermosa, Tabasco. p. 87-109.
- Larios, 1998. Sistema producto y valor agregado de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) 62-70. Pág.
- Palma-López, D.J. y Cisneros, J.D. 2000. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 2da. Ed. ISPROTAB-FUNDACIÓN PRODUCE TABASCO-COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Villahermosa, Tabasco, México. 58-60 Pág.
- Rojas, P.J.P. 1999. Perspectivas de ampliación del mercado de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), del Estado de Guerrero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Económico Administrativas. Edo. de México
- Ruiz, H. I., Vite, G. R. y Gutiérrez, P.R. 1980. Ensayo de fertilización y densidades de población en maíz H-507 para los ciclos tornamil y temporal en la Chontalpa, Tabasco. Tesis profesional. Colegio Superior de Agricultura, H. Cárdenas.
- Santoyo, J. J. 2009. Variedades de jamaica con potencial productivo. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A.C.

Referencias informáticas

- FAO, 2014. Food and Agriculture Organization. En línea. <http://faostat.fao.org/> Consultado en marzo de 2016.
- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado marzo de 2016

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE AISLAMIENTOS DE *Moniliophthora roreri* COLECTADOS EN LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO.

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Moniliophthora roreri* ISOLATION COLLECTED FROM LA REGION DE LA CHONTALPA, TABASCO, MEXICO

¹Ramírez-Guillermo MA, ²García-Ramírez LM, ³de los Santos Ricardez BL, ⁴Hernández Gómez E

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.

²Agente de Cambio-Laboratorio de Fitopatología INIFAP-CEHUI. ³Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 267, Caobanal 1ra sección, Huimanguillo, Tabasco. ⁴INIFAP Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México: 30870

Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El patógeno *Moniliophthora roreri*, es un hongo que afecta a los frutos del cacao y ha limitado su producción en varios países Latinoamericanos, causando pérdidas en la economía de los agricultores. En México, el patógeno apareció en el año 2005 y actualmente se encuentra en toda la región cacaotera mermando la producción. Los estudios para conocer la biología del patógeno *M. roreri* presente en México son escasos y se desconoce la existencia de morfotipos. El objetivo fue realizar una caracterización morfológica de aislamientos de *M. roreri* colectados en plantaciones de cacao de Tabasco, México. Los aislamientos fueron cultivados en medio V8 modificado. El registro de datos cuantitativos y cualitativos fue cada 24 horas y se analizó bajo el diseño completo al azar. El radio medio más alto lo presentaron los aislamientos MR35 con 39.71 mm y MR02 con 36.50 mm en contraste al MR44 que fue de 28.00 mm, no se encontraron diferencias significativas ya que las medias de crecimiento diario fueron similares. La temperatura a la cual crecieron los aislamientos dentro del laboratorio fue de 21°C la mínima y la máxima 27.5°C. Cualitativamente no hay diferencia en cuanto a la coloración de las colonias y la textura, solo en la forma del borde que se presentaron de dos formas, al igual que el tipo de esporulación. El aislamiento MR35 por su rápido crecimiento puede considerarse como el aislamiento más agresivo y que pudiera utilizarse en trabajos de inoculaciones artificiales a mazorcas de cacao, para evaluar e identificar genotipos resistentes a *M. roreri*.

Palabras clave: moniliasis, cacao, morfotipos, crecimiento

INTRODUCCIÓN

En América tropical existen condiciones para el desarrollo de patógenos que causan daños en la producción del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), los más importantes son: la mazorca negra (*Phytophthora* spp.), la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). En México, las plantaciones de cacao de los estados de Tabasco y Chiapas son afectados por la mazorca negra y la moniliasis, mermando la producción, con pérdidas económicas de importancia para los productores. El desconocimiento del manejo y control de la enfermedad ha generado entre los productores un cambio de visión sobre el cultivo por lo que han derribado plantaciones de cacao para establecer nuevos cultivos de mayor rentabilidad. El estado de Tabasco cuenta 40,782.70 ha cultivadas de cacao y 20,544.40 ha en el estado de Chiapas (SIAP, 2014); donde intervienen cerca de 50 mil familias en el proceso productivo de ambos estados, por lo que es necesario la búsqueda de conocimientos que pueden aplicarse al diseño de estrategias para el control de la enfermedad.

El hongo *M. roreri* es considerado el agente más devastador en el cultivo de cacao, ya que provoca pérdidas en la producción hasta de un 80 % (Meinhardt et al., 2014; Ali et al., 2015). Fue detectado en el noreste de Colombia hace unos 200 años, de donde se ha diseminado a otras áreas geográficas (Phillips-Mora, 2003). Phillips-Mora et al., (2005) y Phillips-Mora et al., (2007) identificaron cinco grupos genéticos de *M. roreri*, tres de ellos endémicos de Colombia, actualmente se conocen 37 genotipos, 20 de ellos se encuentran en el Valle del Magdalena, Colombia, lugar con el nivel más alto de diversidad genética del patógeno, indicando a este lugar como el posible centro de origen de *M. roreri* (Ali et al., 2015). El patógeno se encuentra en su fase invasiva hacia distintas áreas cacaoteras; de Colombia se ha

diseminado a Centroamérica (Phillips-Mora et al., 2006a) y recientemente apareció en plantaciones de cacao en México (Phillips-Mora et al., 2006b) alcanzando el límite norte del área cultivada de cacao.

M. roreri posee un genoma de 52.3 Mb, del dominio Eukaryota, reino Fungi, filum Basidiomycota, clase Basidiomycetes, subclase Agaricomycetidae, orden Agaricales, familia Tricholomataceae, genero *Moniliophthora* y especie *M. roreri* (Cif. & Par). Evans et al (Phillips-Mora, 2003; Jaimes y Aranzazu, 2010; Meinhardt et al., 2014).

Griffith et al., (2003) y Meinhardt et al., (2014) indican que *M. roreri*, es un hongo hemibiótrofo, ya que posee una etapa biótrofa y una necrotrofica, que perdió la capacidad de formar basidiocarpos pero no la capacidad de la división nuclear mitótica el cual es útil en su reproducción. En tanto que Evans et al., (2002) mencionaron que el patógeno cuenta con dos estados: anamorfos y telomorfos.

Evans, (1981) observó que su crecimiento es lento y concéntrico con diámetro de 8 a 15 mm después de 2 semanas en medio AEM. Sus colores varían entre un color salmón a un café claro (Arbeláez, 2010). La temperatura para su desarrollo puede estar entre los 22 a 33 °C (Merchán, 1981). La hifa es hialina con pared delgada y septada, pero con doliporo. Las esporas son heteromorfas pueden ser de pared gruesa o delgada, de forma globosa o subglobosa, algunas veces elipsoides, con tamaños entre 5-10 µm de largo y 5-15 µm de ancho, pero también pueden presentarse esporas cilíndricas de pared delgada; que germinan en presencia de una película de agua, cerca de los 24°C (Phillips, 2003; Arbeláez, 2010; Jaimes y Aranzazu, 2010). El rango de adaptación del patógeno va de altitudes de nivel del mar hasta 1520 m, con precipitaciones entre 780 y 5,500 mm anuales y temperatura media anual de 18.6 a 28 °C (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). Los frutos afectados menores a dos meses de desarrollo presentan deformaciones, frutos cercanos a la madurez son más pesados de lo normal y presentan una madurez prematura, posteriormente se desarrolla una mancha chocolate sobre el fruto, en donde crece el micelio blanco que con el tiempo se torna café oscuro. Internamente las mazorcas presentan una necrosis de las semillas. En México, son escasos los estudios realizados sobre el patógeno *M. roreri*, desconociéndose su diversidad morfológica y molecular.

El objetivo fue caracterizar morfológicamente aislamientos de *M. roreri* colectado en plantaciones de cacao de Tabasco, México. Con la finalidad de generar información sobre la biología del patógeno y la identificación de variantes del hongo en la zona cacaotera de Tabasco. Conocimientos que pueden aplicarse al diseño de estrategias para el control del patógeno, así como la identificación de genotipos de cacao resistentes al patógeno (evaluado por inoculación artificial).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo y colecta de tejido enfermo. Se realizaron recorridos de campo a los municipios involucrados en la actividad cacaotera del estado de Tabasco, en donde se colectaron frutos de cacao con síntomas representativos de la enfermedad; deformaciones, puntos aceitosos y mancha chocolate, estas se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP)-Campo Experimental Huimanguillo, donde se les asignó un código de identificación a cada muestra (Cuadro 1).

Tratamiento de las muestras. Las mazorcas se lavaron con agua corriente y jabón para eliminar materia orgánica visible, posteriormente se lavaron con agua destilada y se dejaron escurrir para eliminar el exceso de la misma. Posteriormente, cada muestra se colocó sobre papel aluminio y se asperjó con alcohol al 99% para su esterilización por flameo, este paso se realizó en la campana de flujo laminar.

Aislamiento del hongo. Una vez esterilizado el fruto, con la ayuda de un bisturí se realizó un corte superficial en la zona afectada por el patógeno, se extrajo trozos de aproximadamente 0.5 cm de la zona enferma y sana del fruto. Los fragmentos se sembraron en cajas de Petri con medio de cultivo V8 modificado (Phillips-Mora, 2003). Se revisaron diariamente los aislamientos para desechar los que presentaran contaminación, obteniéndose seis aislamientos puros. A los once días de crecimiento los aislamientos puros se reaislaron tomando trozos de 5 mm de diámetro que fueron transferidos a una nueva caja con medio V8, los cuales se colocaron en el centro de la caja.

Crecimiento de la colonia. Los aislamientos crecieron a temperatura ambiente del laboratorio, el radio de crecimiento se registró cada 24 horas hasta el llenado de la caja de Petri, se observaron las características morfológicas como color de la colonia (Phillips-Mora et al., 2006b), borde de la colonia, textura y la presencia o ausencia de sectores (Arbeláez, 2010).

El análisis de los datos, se realizó bajo el diseño completamente al azar, tomando como tratamiento los seis aislamientos con repeticiones de cinco platos cada uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de *Moniliophthora roreri*. El Cuadro 1 muestra el crecimiento acumulativo del radio y la media de crecimiento por cada tratamiento, los aislamientos MR02, MR16, MR29, MR35 y MR44 iniciaron su crecimiento radial a las 48 horas y a las 72 horas MR10 (Figura 1). Seguidamente se notó un crecimiento uniforme hasta el día siete, a partir del día ocho al quince ocurrieron variaciones en el crecimiento (Figura 1). El tratamiento MR35 continuó creciendo uniforme y posteriormente redujo su crecimiento (Figura 1). La Figura 2 muestra el crecimiento acumulativo de los aislamientos de *M. roreri*, notándose que MR02 presentó un crecimiento continuo hasta el día nueve, siendo superada por la muestra MR35 que alcanza un radio medio total de 39.71 mm en el día 15, seguido de MR02 con 36.50 mm, a diferencia del MR44 con un radio medio de 28.00 mm. No se encontraron diferencias significativas respecto a las medias de crecimiento diario entre cada tratamiento, a pesar de las diferencias entre el crecimiento total alcanzado por cada aislamiento (Figura 3).

Cuadro 1. Características morfológicas de *Moniliophthora roreri*

Muestra	Municipio	Localidad	Altura (msnm)	Crecimiento (mm)/media	Color	Forma del borde	Textura	Tipo de esporulación
MR35	Centro	Plátano y Cacao 4secc.	42	39.71-2.648 A*	Café oscuro	Plumoso	Polvosa	Con anillos
MR02	Huimanguillo	C-40	49	36.50-2.434 A	Café oscuro	Entero	Polvosa	Con anillos central
MR29	Paraíso	Francisco I. Madero	-1	28.75-1.916 A	Café oscuro	Plumoso	Polvosa	Uniforme
MR16	Cunduacán	Huimango 1ra	26	28.25-1.884 A	Café oscuro	Plumoso	Polvosa	Uniforme
MR10	Jalpa de M.	Benito Juárez 1ra.	15	28.23-1.882 A	Café oscuro	Plumoso	Polvosa	Uniforme
MR44	Huimanguillo	CEHUI	10	28.00-1.866 A	Café oscuro	Plumoso	Polvosa	Con anillos en toda la colonia

*Medias con la misma letra no son significativas.

Coloración de las colonias. Las colonias de *M. roreri* mostraron un crecimiento de micelio blanco-transparente, tornándose blanco y en el centro de la colonia un color ligeramente amarillo. Para el día ocho fue más notorio el color salmón y café claro u oscuro y el color blanco en el borde. Al transcurrir los días las colonias mostraron un mayor crecimiento del color café oscuro. Tonalidades similares a las descritas por Herrera et al., (1989) y Phillips-Mora et al., (2006b).

Esporulación de las colonias. De acuerdo a Phillips-Mora et al., (2006b) la coloración café oscuro está relacionada con la presencia de esporas en la colonia, a medida que se torna más oscura, mayor masa de esporas. La coloración café se observó transcurrido el día siete. Para confirmar la formación de esporas, el día ocho se realizaron preparaciones, tomando una porción de la parte café de la colonia, el cual se tiñó para su observación al microscopio (Figura 4). Notándose esporas de forma elípticas, globosas y redondas (Figura 4). La muestra MR02 presentó esporulación hasta el día nueve. Al final del estudio todos los tratamientos terminaron con esporulaciones color café oscuro.

Respecto a la forma del borde solo se identificaron dos tipos, destacando el tipo plumoso y solo un aislamiento presentó el tipo entero. La textura que adquirieron las colonias sobre el medio fue polvosa para todos los tratamientos.

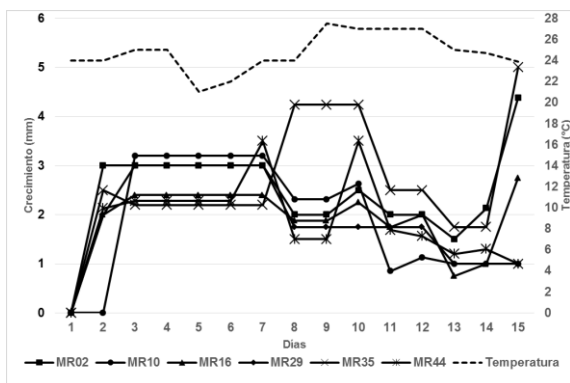


Figura 1. Crecimiento diario de *M. roreri*.

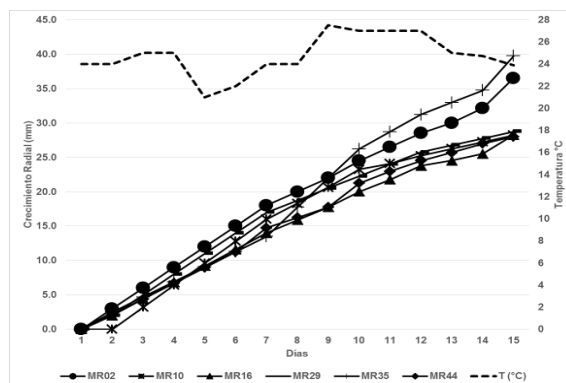


Figura 2. Crecimiento acumulativo de *M. roreri*.

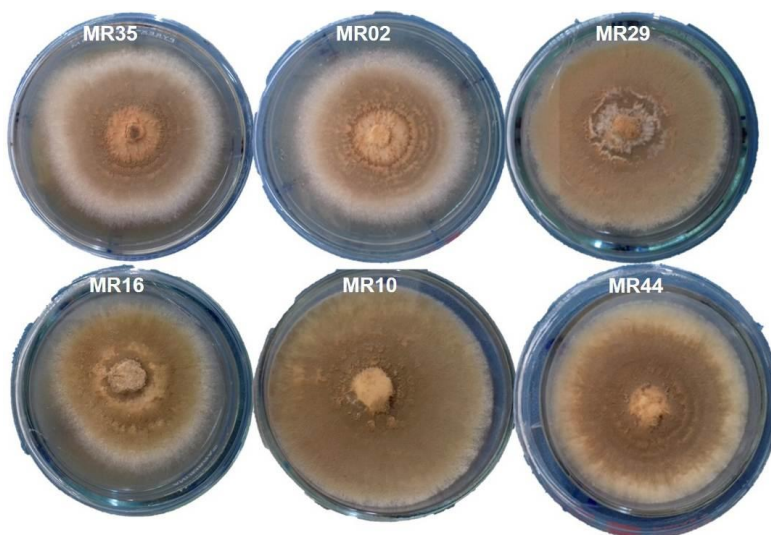


Figura 3. Apariencia de *M. roreri* en medio V8 modificado creciendo al día 15.

Condiciones del laboratorio. Los aislamientos de *M. roreri* crecieron bajo el ambiente del laboratorio, donde la temperatura durante el periodo del estudio del 21 de diciembre de 2015 al 05 de enero de 2016, osciló entre los 21°C y 27.5°C, bajo 12 horas luz/oscuridad. Herrera, (1988) indica que el rango ideal para el crecimiento y esporulación de *M. roreri* bajo condiciones *in vitro* en medio V8 es de 24 a 28°C, como el utilizado en el estudio, sin embargo, Leandro, (2011) indica los mismos rangos de temperatura bajo condiciones *in vivo*. La temperatura al momento del inicio del crecimiento fue de 24°C, pero cuando la temperatura ascendió a 25°C y descendió a 21°C se nota un crecimiento radial lento y uniforme, es probable que esos cambios bruscos de temperatura afecten al patógeno y se refleje en un crecimiento lento. Al incrementarse la temperatura de 24 a 27.5°C el crecimiento fue nuevamente activado, pero con crecimientos menores (Figura 1).

Los aislamientos MR02 y MR44 presentaron anillos en la colonia, al respecto Leandro, (2011) y Phillips, (2003) indican que la aparición de los anillos es estimulada por la luz, donde esta favorece la formación de estructuras reproductivas. Por ello, Phillips-Mora, (2003) recomienda periodos de 12/12 luz/oscuridad, para estimular el desarrollo de las hifas y estructuras vegetativas del hongo.



Figura 4. De izquierda a derecha, micelio: hialiano y septado, cadena basipetala de conidios, formas de los conidios.

CONCLUSIONES

La muestra MR35 puede ser empleado en inoculaciones artificiales, ya que mostro un rápido crecimiento en el estudio, siendo la muestra más agresiva en crecimiento.

La temperatura del laboratorio fue favorable para el crecimiento del patógeno *M. roreri* e identificar sus diferencias en el crecimiento radial total alcanzado al final del estudio.

Morfológicamente es probable de la existencia de dos variantes del patógeno respecto a su tipo de esporulación.

LITERATURA CITADA

- Ali, S., Shao, J., Strem, M.D., Phillips-Mora, W., Zhang, D., Meinhardt, L. W. y Bailey, B. A. 2015. Combination of RNAseq and SNP nanofluidic array reveals the center of genetic diversity of cacao pathogen *Moniliophthora roreri* in the upper Magdalena Valley of Colombia and its clonality. *Frontiers in Microbiology*. doi:10.3389/fmicb.2015.00850
- Arbelaez, L.M. 2010. Análisis de la diversidad intraespecie de *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans *et al.* por medio de marcadores morfológicos y genéticos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 132p.
- Evans, H. C. 1981. Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*. *Phytopathological Papers*, No. 24:44 pp.
- Evans, H. C. 2002. Invasive neotropical pathogens of tree crops. *In: Tropical Mycology: Vol 2, Micromycetes*. R. Watling, J. Frankland, M. Ainsworth, S. Isaac, y C. Robinson, (eds). CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 83-112.
- Griffith, G., Nicholson, J., Nenninger, A. y Birch, R. 2003. Witches brooms and frosty pods: two mayor pathogens of Cacao. *New Zealand Journal of Botany* 41: 423-435.
- Herrera, F. 1988. Efecto de factores nutricionales y físicos sobre el crecimiento y esporulación de *Moniliophthora roreri* *in vitro*. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 159 p.
- Herrera, F., Galindo, J.J. y Ramírez, C. 1989. Crecimiento y esporulación de *Moniliophthora roreri* en diversas fuentes de nitrógeno y carbono. *Turrialba* 39, 4: 429-434.
- Jaimes, S.Y. y Aranzazu, H.F. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). Colombia. Corpoica. 90 p.
- Leandro, M. M.E. 2011. Efecto de los factores macro y microclimáticas y las características productivas del cacao sobre la epidemiología de la moniliasis. Tesis M. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- Meinhardt, L.W., Costa, G.G., Thomazella, D.P., Teixeira, P.J., Carazzolle, M.F., Schuster, S.C., et al. 2014. Genome and secretome analysis of the hemibiotrophic fungal pathogen, *Moniliophthora roreri*, which causes frosty pod rot disease of cacao: mechanism soft hebiotrophic and necrotrophic phases. *BMC Genomics* 15:164. doi:10.1186/1471-2164-15-164
- Merchán, V.M. 1981. Avances de la investigación de la Moniliasis del Cacao en Colombia. *El Cacaotero Colombiano* 16: 26-41.
- Phillips-Mora, W. 2003. Origen, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans *et al.* as determined using molecular phytopathological and morpho-physiological evidence. Thesis Ph.D. Reading Uk: University of Reading. 349 p.
- Phillips-Mora, W., Castillo, J., Krauss, U., Rodríguez, E. y Wilkinson, M. J. 2005. Evaluation of cacao (*Theobroma cacao*) clones against seven Colombian isolates of *Moniliophthora roreri* from four pathogen genetic groups. *Plant Pathology* 54, 483–490 Doi: 10.1111/j.1365-3059.2005.01210.x

- Phillips-Mora, W., Ortiz, C.F., Aime, M.C. 2006a. Fifty years of frosty pod rot in Central America: Chronology of its spread and impact from Panamá to México. In Proceedings 15th International Cocoa Research Conference [San José, Costa Rica, 9-14 octubre 2006]. Cocoa Producers' Alliance (COPAL)/CATIE. 11p
- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C.F., López, A.P., Hernández, J. y Aime, M.C. 2006b. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. Plant Pathology 55: 584.
- Phillips-Mora, W. y Wilkinson, M.J. 2007. Frosty pod of cacao: a disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage. Phytopathology 97: 1644-1647.
- Phillips-Mora, W., Aime, M.C. y Wilkinson, M.J. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. Plant Pathology 56, 911–922. Doi: 10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x

Referencias informáticas

- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consultado 03 de junio 2016).

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE *Persea schiedeana* NEES

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *Persea schiedeana* NEES

¹Ramírez Guillermo MA., ²De los Santos Ricardez BL

¹INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Tabasco. CP 86400, Ap 17. ²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 267, Caobanal 1ra sección, Huimanguillo, Tabasco.

Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El Chinín (*Persea schiedeana* Nees.) un fruto apreciado, conocida como la deliciosa mantequilla tabasqueña. Su consumo es influenciado por su sabor y la consistencia cremosa de la pulpa. Es un árbol frutal perenne perteneciente a la familia de las Lauraceae, el tamaño y forma de sus frutos son variables. Sin embargo, poco se sabe de los morfotipos existentes en Tabasco y que pudieran ser útiles para su impulso comercial y mejoramiento genético. El objetivo fue, identificar morfotipos de *P. schiedeana* presentes en la Región de la Chontalpa, Tabasco. Para ello, los frutos fueron sometidos a una caracterización morfológica y los datos analizados bajo un diseño completamente al azar, considerando los morfotipos identificados como tratamientos. Se identificaron los morfotipos claviforme, claviforme curvado, claviforme curvado cuello largo, obovado angosto, esferoide alto y elíptico. El ANOVA indica que los parámetros: peso del fruto, largo del fruto, peso de la pulpa, grosor de la pulpa y el largo del cotiledón son altamente significativos, con diferencias entre las medias de los tratamientos. Se concluye que los morfotipos claviforme curvado cuello largo tiene un rendimiento de pulpa de 292.7 g•fruto⁻¹ y el obovado angosto de 240.3 g•fruto⁻¹ y es recomendable el rescate y conservación de estos recursos fitogenéticos, tradicional del estado de Tabasco.

Palabras clave: *Chinín, claviforme, obovado, fitogenéticos, cacao.*

INTRODUCCIÓN

El chinín (*Persea schiedeana* Nees.) la mantequilla mexicana. Considerada la especie más distintiva del subgénero *Persea* (Reyes-Alemán et al., 2013). Árbol frutal perenne, correspondiente a la familia *Lauraceae*, que se distribuye desde el sur de México hasta Panamá (Popenoe, 1935; Standley y Steyermark, 1946). Su número cromosómico es de 2n:24 (García, 1972). En México se le puede encontrar en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Oaxaca, en donde es conocido comúnmente como “chinín”, “chinine”, “chinene”, “pahua” y “aguacate de monte” (Martínez, 1979).

El árbol puede llegar a crecer más de 20 metros de altura, sus hojas elípticas u obovado-elípticas de hasta 30 centímetros de longitud, el haz y las inflorescencias son aterciopeladas. Las flores hermafroditas de color amarillo-verdoso dispuestas en una panícula. El fruto, de tamaño y forma variables, de color verde claro cuando inmaduro y marrón-chocolate al madurar (García, 1972; Martínez, 1979; Schieber y Zentmyer, 1987). Una vez que el fruto ha madurado tiene un periodo corto de vida (Del Ángel et al., 2010). La pulpa es de color blanco a café pálido, de consistencia cremosa-grasosa o mantequillosa y textura fibrosa con exudado lechoso (Reyes et al, 2011), contiene ácido oleico, palmítico, palmitoleico y linolénico así como proteína, carbohidrato, fibras, cenizas, Ca, P, Fe, caroteno y vitaminas (Maldonado et al., 2000; Cruz-Castillo et al., 2007; Joaquín et al., 2007; Campos-Hernández et al., 2011).

Se recomienda a *P. schiedeana* como patrón para el injerto de *P. americana*; por su resistencia a la pudrición de la raíz (Galindo y Zentmyer, 1966; Schieber y Zentmyer, 1987). Castañeda-Vildózola (2009) reportó la presencia de *Heilipus lauri* Boheman causando daños a la semilla de *P. schiedeana*.

A pesar de las bondades nutricionales de este frutal, son escasos los trabajos de caracterización morfológica (Cruz-Castillo et al., 2007; Joaquín et al., 2007) y genética (Barrientos et al., 1992; Mhameed et al., 1997), que deben ser estudiadas (Sánchez-Pérez, 1999), a la fecha no se encuentran trabajos descriptivos de los frutos de chinín, presentes en el estado de Tabasco. El objetivo fue conocer los morfotipos de *P. schiedeana* presentes en Tabasco, México. Los resultados de este trabajo contribuirán al conocimiento de los morfotipos de chinín presentes en Tabasco, como un importante recurso Fitogenético de conservación y mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo. Durante el periodo de febrero del 2014 a septiembre del 2015 se realizaron recorridos de campo a diferentes plantaciones de cacao, en la Región de la Chontalpa, Centro y Sierra en el estado de Tabasco, durante este periodo se observó la variabilidad de formas de los frutos de *P. schiedeana* existentes dentro de las plantaciones de cacao. Se colectaron frutos maduros (junio-agosto 2015) en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Comalcalco y Jalpa de Méndez de la Región de la Chontalpa, los cuales se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental Huimanguillo.

Caracterización morfológica. Se realizó con 35 parámetros; 12 cuantitativos (Cuadro 1) y 23 cualitativos (Cuadro 2) establecidos a partir de descriptores de frutales (IPGRI, 1995; IPGRI, 2000; IPGRI, 2006)

Cuadro 1. Parámetros cuantitativos para la descripción de frutos de *P. schiedeana*.

Descriptor	Claviforme					
	Claviforme	Curvado		Obovado angosto	Esferoide alto	Elíptico
	Media/Des. Est.	Media/Des. Est.	Curvado cuello largo Media/Des. Est.	Media/Des. Est.	Media/Des. Est.	Media/Des. Est.
Fruto						
Peso (g)	385.5-104.5	346.8-68.9	538.6-210	472.3-27.3	297.1-92.0	179.6-18.7
Largo (cm)	17.6-0.8	16.7-1.2	22.4-3.2	15.9-1.3	11.9-0.5	9.5-0.4
Diámetro (cm)	6.9-0.7	7.1-0.6	7.8-1.0	7.7-0.7	7.3-0.7	6.4-0.2
Pulpa						
Peso total (g)	174.8-27.3	146.5-26.7	292.7-141.0	240.4-33.5	146.6-39.7	55.7-12.9
Grosor (mm)	11.8-1.5	8.1-3.5	19.2-5.8	14.6-1.8	12.5-1.1	5.6-1.5
Cascara						
Peso (g)	83.2-25.2	66.6-8.4	111.8-36.2	155.9-86.9	99.4-72.7	53.6-5.3
Grosor (mm)	2.8-0.5	2.2-0.3	2.6-0.1	2.7-0.4	2.0-0.2	4.0-1.6
Cubierta de la semilla						
Peso (g)	22.3-7.2	27.3-12.1	32.3-12.8	40.3-4.2	24.2-8.0	23.0-10.5
Grosor (mm)	1.3-0.5	2.6-1.0	2.7-0.7	3.3-1.0	2.2-0.5	2.2-0.3
Cotiledón						
Peso (g)	101.2-54.3	104.5-43.3	94.8-43.3	94.7-20.7	75.5-41.5	41.5-6.2
Largo (mm)	9.5-0.9	9.8-0.9	11.7-0.9	8.1-0.4	7.5-0.7	5.5-0.2
Diámetro (mm)	4.3-0.9	4.8-0.9	6.8-0.9	4.9-0.5	4.5-1.0	3.8-0.3

Análisis de datos. Los datos se procesaron en una base de datos y se analizaron bajo un diseño completo al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La exploración botánica permitió observar plantas de *P. schiedeana* desde los -3 msnm hasta los 49 msnm en la Región de la Chontalpa y 133 msnm en la Región de la Sierra. Según Sánchez-Pérez, (1999) este frutal prospera en altitudes de nivel de mar y a menos de 1000 metros. En nueve de los sitios visitado, *P. schiedeana* se encontró asociado al cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), como árbol de sombra y en dos localidades como árbol de traspatio. Según Cruz-Castillo et al. (2007) y Bost, (2014) se encuentra asociado a plantaciones de café (*Coffea* spp), como árbol de sombra.

Se identificaron seis morfotipos de frutos de *P. schiedeana* (Figura 2) presentes en la Región de la Chontalpa, Tabasco. La apreciación de Cruz (2004) indica que hay una gran diversidad, en cuanto a forma y tamaño en los frutos de chinín en el estado de Tabasco, en tanto que Joaquín et al. (2007) identifico las formas claviforme curvada y obovado-angosta en la región de los Tuxtlas, Veracruz y Bost, (2014) indica que en la región de la Chinantla, Oaxaca destacan la forma piriforme, piriforme de cuello corto-largo, de balón y forma de pepino.

Cuadro 2. Parámetros cualitativos para la descripción de frutos de *P. schiedeana*.

Descriptor	Claviforme			Obovado angosto	Esferoide alto	Elíptico
	Claviforme	Curvado	Curvado cuello largo			
Fruto						
Color	Purpura /verde	Verde	Purpura /verde	Purpura	Verde	Verde
Rugosidad	Intermedia	Intermedia	Rugosa	Intermedia	Intermedia	Rugosa
Cuello	Corto	Corto	Largo	Ausente	Ausente	Ausente
Ápice	Puntiagudo	Puntiagudo	Prominente	Mamilado	Perceptible	Puntiagudo
Posición del ápice	Asimétrico	Asimétrico	Asimetrías	Asimétrico	Asimétrico	Asimétrico
Aristas	Parcial	Ausente	Entero	Parcial	Parcial	Parcial
Posición de la semilla en el fruto	Centrada*	Centrada	Centrada	Centrada	Centrada	Centrada
Pulpa						
Color	Crema	Blanco-café	Café claro	Crema	Café claro	Crema
Contenido de fibra	Poca	Poca	poca	Poca	Poca	Intermedia
Textura	Pastosa	Pastosa	Pastosa	Pastosa	Pastosa	Pastosa
Sabor	Agradable	Agradable	Regular	Agradable	Agradable	Regular
Aroma	A coco	A coco	A coco	A coco	A coco	A coco
Cascara						
Brillo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Escasa
Flexibilidad	Flexible	Flexible	Flexible	Flexible	Flexible	Flexible
Cubierta de la semilla						
Color	Café	Blanco-crema	Café	Café	Café	Crema
Textura	Afelpado	Afelpado	Afelpado	Afelpado	Afelpado	Afelpado
Adherencia	Fuerte	Fuerte	Fuerte	No adherido	No adherido	Fuerte
Cotiledón						
Color	Salmon	Salmon	Salmon	Salmon	Salmon	Salmon
Forma	Ovada	Elíptico	Ovada	Irregular	Elíptico	Oblongo
Superficie del cotiledón	Rugosa	Intermedia	Intermedia	Rugosa	Intermedia	Intermedia
Forma en sección transversal	Circular	Achatada	Circular	Achatada	Achatada	Achatada
Color del embrión	Rosa	Rosa	Rosa	Rosa	Rosa	Rosa

*ocupando todo el espacio de la cavidad



Figura 2. Morfotipos de *P. schiedeana*: de izquierda a derecha, claviforme, claviforme curvado, claviforme curvado cuello largo, obovado angosto, esferoide alto y elíptico. Fotos, Ramírez, M. A.

Las características cuantitativas de los frutos, identificados en el estudio, se pueden apreciar en el Cuadro 1 y las comparaciones de media en el Cuadro 3 con los parámetros cuantitativos que mostraron diferencia estadística. En cuanto a tamaño, el tipo elíptico y el esferoide alto fueron los más pequeños en tanto que el tipo claviforme curvado cuello largo fue el más grande y estadísticamente significativo (Cuadro 3) y el resto puede considerarse como medianos, similar apreciación con el peso total del fruto, estadísticamente diferentes (Cuadro 3). Considerando el peso de la pulpa, como el rendimiento del fruto, se encontró diferencias significativas (Cuadro 3) notándose que los tipos claviforme curvado cuello largo y obovado angosto cuentan con un rendimiento del 54.3 % y 50.8 % de pulpa por fruto, en relación al peso total del fruto. Sumando el peso del cotiledón y la cubierta de la semilla se observó que estos mismos genotipos cuentan con un bajo porcentaje de peso, 23.5 % y 28.5 %, en relación al peso total del frutos, pero con cascara más pesadas. Estadísticamente existe diferencia significativa en cuanto al grosor de la pulpa (Cuadro 3) destacando el tipo claviforme curvado cuello largo con el grosor máximo, mientras que el tipo elíptico el grosor fue más bajo. En cuanto al grosor de cascara, este fue de 2.0 mm a 2.8 mm en cinco de los morfotipos, contrario el tipo elíptico con 4.0 mm de grosor de cascara (Cuadro 3). La cubierta de la semilla más delgada se observa en el tipo claviforme y en el obovado angosto la cubierta más gruesa (Cuadro 3). Al respecto Sánchez-Pérez (1999) indica que *P. schiedeana* es de cascara muy gruesa y textura correosa o corchosa, en el estudio solo el tipo elíptico mostro esta característica.

En cuanto a las características cualitativas se encontró (Cuadro. 2) que de manera general los frutos pueden ser de color verde o purpura, similar a lo reportado por Magaña (1995). Con intermedia a fuerte rugosidad. Tipos con cuello ausente como el obovado angosto, esferoide alto y el elíptico, corto, claviforme y claviforme curvado, y cuello largo como el claviforme curvado cuello largo. La semilla en todos los tipos se encuentra en el centro ocupando toda la cavidad del espacio de la semilla. En cuanto a las características de la pulpa, entre los morfotipos son un tanto similares, con algunas diferencias en los parámetros evaluados, casos similares entre la cascara, cubierta de la semilla y los cotiledones.

De acuerdo a las observaciones durante los recorridos de campo, se pudo constatar que *P. schiedeana* se encuentra adaptado al medioambiente del Trópico húmedo del estado de Tabasco. Según Sánchez-Pérez, (1999) y Joaquín et al., (2007) indican que la planta prospera en climas cálido muy húmedo. En relación al tipo de suelo, Joaquín et al., (2007) observo plantas creciendo en suelos tipo luvisol, acrisol y feozem en el estado de Veracruz. En el estado de Tabasco, según López et al., (2010) las plantaciones de cacao se encuentran en los suelos del tipo Fluvisol Mólico, Fluvisol Stágnico, Cambisol Fluvico y Vertisol Stágnico y al estar las plantas de chinín asociado a estas plantaciones, se deduce que estos suelos son aptos para el desarrollo de plantas de chinín.

De acuerdo a los datos recabados con los productores, indican que los arboles fueron reproducido por semillas y algunos árboles llegan a producir hasta 1700 frutos, los cuales son comercializados y una parte es destinada al autoconsumo, esto genera un ingreso extra a la economía del productor.

Cuadro 3. ANOVA de Parámetros cuantitativos de frutos de *P. schiedeana*.

Cuadro 6. ANOVA de Parámetros Cuantitativos de Frutos de P. semicucurbita.																				
Trat	Fruto				Pulpa				Cotiledón				Cascara				Cubierta de la semilla			
	Peso (g)		Largo (cm)		Peso (g)		Grosor (mm)		Largo (cm)		Grosor (mm)		Grosor (mm)		Grosor (mm)					
	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media	Trat	Media			
1	538.5	A*	1	22.3	A	1	292.7	A	1	19.2	A	1	11.7	A	6	4.0	A	2	3.3	A
2	472.2	AB	3	17.6	B	2	240.3	AB	2	14.6	B	4	9.7	AB	3	2.7	B	1	2.7	A
3	385.5	BC	4	16.7	B	3	174.8	BC	5	12.5	B	3	9.4	B	2	2.7	B	4	2.5	A
4	346.8	BC	2	15.7	B	5	146.6	C	3	11.8	BC	2	8.1	B	1	2.6	B	5	2.2	AB
5	297.1	CD	5	11.9	C	4	146.5	C	4	8.0	CD	5	7.5	BC	4	2.2	B	6	2.1	AB
6	179.6	D	6	9.4	D	6	55.7	D	6	5.6	D	6	5.5	C	5	2.0	B	3	1.3	B
Media general	364.4			15.2			172.8			11.8			8.5			2.7			2.4	
CV	26.2			9.1			31.2			22.9			17.1			26.6			30.9	

Trat. = Tratamientos: 1= claviforme curvado cuello largo, 2= Obovado angosto, 3= Claviforme, 4= claviforme curvado, 5= Esferoide alto, 6= Elíptico.

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

CONCLUSIONES

En la Región de la Chontalpa, Tabasco los morfotipos de *P. schiedeana* que se encuentran presente son: claviforme, claviforme curvado, claviforme curvado cuello largo, obovado angosto, esferoide alto y elíptico.

Los morfotipos claviforme curvado cuello largo y obovado angosto destacan por su tamaño y rendimiento de pulpa.

LITERATURA CITADA

- Barrientos-Priego, A. F., Borys, M. W., Escamilla-Prado, E., Ben-Ya'acov, A., De La Cruz-Torres, E. y López-López, L. 1992. A study of the avocado germplasm resources, 1988-1990. IV. Findings in the Mexican Gulf region. Proceedings of the second world avocado congress 1:551-558.
- Bost, J. 2014. *Persea schiedeana*: A high oil "Cinderella Species" fruit with potential for tropical agroforestry systems. Sustainability 6: 99-111. doi:10.3390/su6010099
- Castañeda-Vildózola, A., del Ángel-Corone, O., Cruz-Castillo, J. G. Valdez-Carrasco, J. 2009. *Persea schiedeana* (Lauraceae), nuevo hospedero de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Veracruz, México. Neotropical Entomology 38(6):871-872.
- Campos-Hernández, N., Cruz-Castillo, J. G., Hernández-Montes, A. y Rubio-Hernández, D. 2011. Aceite de frutos de *Persea schiedeana* en sobremaduración y cosechados de árboles en estado silvestre. Uciencia 27(2): 179-189.
- Cruz, C. J. G. 2004. El chinene (*Persea schiedeana* Nees), buscando su valoración en el México contemporáneo. CR. UACH 11 (37): 4-7.
- Cruz-Castillo, J. G., Del Ángel-Corone, O. A., De la Cruz-Medina, J. y Joaquín-Martínez, M. C. 2007. Características morfológicas y bioquímicas de frutos de chinene (*Persea schiedeana* Nees.) Revista Chapingo Serie Horticultura 13(2): 141-147.
- Del Angel-Corone, O. A., Cruz-Castillo, J. G., De la Cruz, J. y Famiani, F. 2010. Ripening and physiological changes in the fruit of *Persea schiedeana* Nees. during the postharvest period. HortScience 45(1): 172-175.
- Galindo, J., y Zentmyer, G. A. 1966. Cooperative project attempting to solve the avocado root rot problem. Calif. Avocado Soc. Yearbook 50: 79-81.
- García, V. A. 1972. Estudio citológico del "chinini" (*Persea schiedeana*). Agrociencias. Serie B(8): 67-72
- IPGRI, 1995. Descriptores para aguacate (*Persea* spp). Instituto de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia. 54p.
- IPGRI, 2000. Descriptors for Jacfruit (*Artocarpus heterophyllus*). International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy
- IPGRI, 2006. Descriptors for Mango (*Mangifera indica* L.). International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy.
- Joaquín, M. M. C., Cruz, C. J. G., De La Cruz, M. J. Ángel, C. Ó. 2007. Distribución ecogeográfica y características del fruto de *Persea schiedeana* nees. en los Tuxtlas, Veracruz, México. Fitotecnica Mexicana 30(4): 403-410.
- Magaña, A. M. A. 1995. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas de Tabasco. UJAT-DACB. Villahermosa, Tabasco 205 p.
- Maldonado, M. F., Vargas, S. G., Molina, M. R. F. y Sol. S. A. F. 2000. Frutales tropicales de Tabasco. ISPROTAB, Gobierno del estado de Tabasco, UJAT. 137 p.
- Mhameed, S., Sharon, D., Kaufman, D., Lahav, E., Hillel, J., Degani, C. y Lavi, U. 1997. Genetic relationships within avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars and between species. Theoretical and Applied Genetics 94: 279-286.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 1220p.
- Palma, L. J. D., Morales, G. M. A., Triano, S. A. Suelos cacaoteros de Tabasco. 2010. In: Cordova, A. C., Garcia, L. E. y Obrador, O. J. J (Eds) Cultivo y transformación del cultivo de cacao en Tabasco. Pp 11-19. Colegio de Postgraduados campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco.
- Popenoe, W. 1935. Origin of the cultivated races of avocados. California Avocado Association. Yearbook 20: 184-194.
- Reyes, A. J. C., Espíndola, B. M. C., Barrientos, P. A., Aguilar, M. J. J. y Bernal, V. B. 2011. Conservación *ex situ* de ejemplares del género *Persea* correspondientes a 12 especies y 4 genotipos afines. In: Proceedings VII World Avocado Congress. Cairns, Australia.
- Reyes-Alemán, J. C., Valadez-Moctezuma, E., Simuta-Velázco, L., Barrientos-Priego, A. F. y Gallegos-Vázquez, C. 2013. Distinción de especies del género *Persea* mediante RAPD e ISSR de ADN. Rev. Mex. Cien. Agrí. 4 (4): 517-529.
- Sánchez-Pérez, J. L. 1999. Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mili.) y especies afines en México. Revista Chapingo Serie Horticultura, especial 5: 7 -18.
- Schieber, E. y Zentmyer, G. A. 1987. Exploring for sources of resistance among *Persea americana* variety *Guatemalensis* and *Persea schiedeana* in Middle America. Proc of the First World Avocado Congress, South African Avocado Growers' Association Yearbook 10: 20-21.

CRECIMIENTO *IN VITRO* DE *Moniliophthora roreri* PATÓGENO DE *Theobroma cacao* L.

IN VITRO GROWTH OF *Moniliophthora roreri* PATHOGEN OF *Theobroma cacao* L.

¹Ramírez Guillermo MA, ²García Ramírez LM, ³de los Santos Ricardez BL, ⁴Solís Bonilla JL.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400. ²Agente de Cambio-Laboratorio de Fitopatología INIFAP-CEHUI. ³Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 267, Caobanal 1ra sección, Huimanguillo, Tabasco. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. Carretera Tapachula-Cacahoatán km 18. Tuxtla Chico, Chiapas, México.
Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Moniliophthora roreri causal de la moniliasis del cacao, es un hongo muy agresivo que afecta únicamente a los frutos del cacao. En diversos países Latinoamericanos la producción de cacao se ha visto reducida por causas de la moniliasis, afectando la economía de los pequeños agricultores. En el año 2005, *M. roreri* apareció en plantaciones de cacao de México y actualmente es el factor más limitativo de la producción. En México son pocos los estudios realizados para conocer la biología de crecimiento de *M. roreri* bajo condiciones medioambientales del país. El objetivo fue conocer la cinética de crecimiento *in vitro* de *M. roreri* bajo condiciones de laboratorio. Para ello, los aislamientos fueron cultivados en medio V8 modificado bajo las condiciones del laboratorio de Fitopatología del INIFAP-CEHUI en dos periodos de tiempo. Diariamente se registró el crecimiento de los aislamientos, así como la temperatura del laboratorio, los datos se analizaron bajo el diseño completo al azar. Durante el primer periodo de diciembre 2015 a enero 2016 se observó que la muestra MR35 alcanzo un radio promedio de crecimiento de 39.72mm en condiciones de temperatura de 21-27.5°C. Para el segundo periodo la muestra MR10 alcanzo un radio promedio de crecimiento de 34.55mm, bajo temperaturas de 27-31.2°C, considerando a esta muestra como la más adaptada a altas temperaturas. Ambas muestras pudieran utilizarse en inoculaciones artificiales para la identificación de plantas de cacao resistentes a *M. roreri*.

Palabras clave: *moniliasis, cacao, temperatura, crecimiento radial*

INTRODUCCIÓN

La moniliasis del cacao, causado por *Moniliophthora roreri* es la enfermedad más limitativa de la producción de cacao. Las condiciones del cultivo, en donde interaccionan la planta de cacao y los árboles de sombra, crean un ambiente favorable para el desarrollo de diversos patógenos que causan pérdidas al cultivo. *M. roreri* ataca únicamente a los frutos del cacao en sus diferentes etapas de desarrollo, provoca pérdidas en la producción de hasta un 80 %, impactando en la economía de los pequeños productores (Meinhardt et al., 2014; Ali et al., 2015). Con un rango de adaptación de hasta 1520 msnm, precipitaciones entre 780 y 5,500 mm anuales y temperatura media anual de 18.6 a 28 °C (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007).

En México, las plantaciones de cacao se encuentran principalmente en los estados de Tabasco y Chiapas, en donde enfermedades como la moniliasis y la mazorca negra (*Phytophthora capsici*) se encuentran presentes y causan afectaciones de un 20% a un 80% o en su caso hasta el 100% de la producción (Phillips-Mora et al. 2006a). Tabasco cuenta con 40,782.70 ha de cacao en donde se produce el 60.3% del total de la producción (SIAP, 2014) y que beneficia a más de 31, 000 pequeños productores.

Las plantaciones se encuentran sobre un suelo plano de origen aluvial, conocidos como Fluvisoles, Cambisoles y Vertisoles (Palma et al., 2010), bajo clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) predominantes en la Región de la Chontalpa y el cálido húmedo con lluvias todo el año (Af) en la Región Sierra. En el Estado se conocen tres épocas climáticas, seca: con altas temperaturas en los meses de marzo a mayo, con un brillo solar de hasta 594 horas totales y baja precipitación; temporal: de junio a septiembre con fuertes precipitaciones, el cual favorece la floración y la formación de los frutos de cacao, pero también ocurre en esta época una sequía intraestival o “*canícula*”. La

cosecha de los frutos maduros ocurre en la temporada de *nortes*: de octubre a febrero con lluvias menos intensas pero muy prolongadas, nublados permanentes y alta humedad relativa. La temperatura media anual en el estado es de 25°C, el más frío de 10°C y el más caluroso 42°C, precipitación promedio de 3 437.0 mm, el estado cuenta con elevaciones de hasta 900 msnm (Larios y Hernández, 1987; González y Campos, 1996; INEGI, 2015). De acuerdo a las características ambientales del estado las enfermedades pueden llegar a causar efectos devastadores sobre los frutos de las plantaciones de cacao, ya que existen condiciones favorables para su desarrollo. El desconocimiento del manejo y control de la enfermedad ha generado un cambio de visión del productor hacia el cultivo. Por lo que es necesario generar conocimientos sobre la biología y crecimiento del patógeno, para su aplicación al diseño de estrategias de control de la enfermedad. No obstante, en México a pesar de la importancia del cultivo, son escasos los estudios realizados sobre el patógeno *M. roreri*, desconociéndose la biología de crecimiento y desarrollo. El objetivo fue conocer la cinética de crecimiento de *M. roreri* en cultivo *in vitro* bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo y colecta de frutos enfermos. Para ello se visitaron fincas de productores en donde se colectaron frutos con síntomas típicos de la enfermedad, los cuales se trasladaron al laboratorio de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP)-Campo Experimental Huimanguillo, donde se les asignó un código de identificación a cada muestra.

Tratamiento de las muestras. Las mazorcas se lavaron con agua corriente y jabón, posteriormente con agua destilada y se dejaron escurrir para eliminar el exceso de la misma. En la campana de flujo laminar cada muestra se colocó sobre papel aluminio y se asperjó con alcohol al 99% para su esterilización por flameo.

Aislamiento del hongo. Esterilizado el fruto, con un bisturí se realizó un corte superficial en la zona afectada por el patógeno, se extrajo trozos de aproximadamente 0.5 cm de la zona enferma y sana del fruto.

Preparación de los platos. Los fragmentos se sembraron en cajas de Petri con medio de cultivo V8 modificado (Phillips-Mora, 2003). Los platos se colocaron dentro de bolsas de polietileno, diariamente se revisaron los aislamientos para desechar los que presentaran contaminación. Obteniéndose siete aislamientos puros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Aislamientos de *M. roreri* colectados en la Región de la Chontalpa, Tabasco.

Muestra	Municipio	Localidad	Altura (msnm)
MR02	Huimanguillo	Poblado C-40	49
MR35	Centro	Plátano y Cacao 4secc.	42
MR16	Cunduacán	Huimango 1ra	26
MR10	Jalpa de M.	Benito Juárez 1ra. Secc.	15
MR44	Huimanguillo	CEHUI	10
MR13	Jalpa de M.	Nicolás Bravo	2
MR29	Paraíso	Francisco I. Madero	-1

Transferencia de los aislamientos. A los once días del crecimiento de los aislamientos puros se tomaron trozos de 5 mm de diámetro que fueron transferidos a una nueva caja con medio V8, colocándose en el centro de la caja, posteriormente las cajas se sellaron con parafilm tape (American National). Obteniéndose un total de cinco repeticiones por aislamiento, actividad que se realizó bajo condiciones asépticas en una campana de flujo laminar (BECOMAR CFLH-135). Los platos se colocaron en bolsas de polietileno bajo condiciones del laboratorio.

Crecimiento de los aislamientos. Los aislamientos crecieron a temperatura ambiente del laboratorio en dos periodos, de diciembre 2015-enero 2016 primer periodo y marzo 2016 segundo periodo. Se midió el radio de crecimiento diario hasta que el primer aislamiento lleno la caja de Petri. Para la

descripción morfológica se registraron datos del color de la colonia (Phillips-Mora et al., 2006b), borde de la colonia, textura y la presencia o ausencia de sectores (Arbelaez, 2010). El análisis de los datos, se realizó bajo el diseño completamente al azar, tomando como tratamiento los siete aislamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de *Moniliophthora roreri*. El primer periodo el crecimiento tuvo una duración de 15 días, destacando la muestra MR35 con un crecimiento del radio de 39.72 mm, seguido de MR02 con 36.5 mm, en tanto que MR44 alcanzo un crecimiento radial de 28.00 mm (Cuadro 2), la temperatura dentro del laboratorio oscilo en 21 a 27.5°C, mientras que la temperatura fuera del laboratorio fue de 21 a 27.5°C, tomado de la estación meteorológica del INIFAP-CEHUI. Para el segundo periodo se encontró que la muestra MR10 alcanzo un radio promedio de crecimiento de 34.55 mm a los 14 días, mientras que MR13 obtuvo el menor crecimiento con 21.65 mm (Cuadro 2), bajo una temperatura que oscilo entre 27 a 31.2°C (Figura 1). No se encontraron diferencias significativas respecto a las medias de crecimiento diario entre cada tratamiento y periodos.

Cuadro 2. Crecimiento de *M. roreri* en condiciones *in vitro* en medio V8.

Muestra	Crecimiento (mm) periodo 1	Crecimiento (mm) periodo2	Diferencia en crecimiento	Altura (msnm)	Coeficiente de correlación*	
					Temp. Lab.	Temp. Amb.
MR02	36.50	31.82	-4.68	49	-0.123	0.037
MR35	39.72	31.17	-8.55	42	-0.731	-0.607
MR16	28.26	27.59	-0.67	26	-0.807	-0.780
MR10	28.23	34.55	+6.32	15	-0.459	-0.210
MR44	28.00	29.06	+1.06	10	-0.575	-0.371
MR13	-	21.65	-	2	-0.164	-0.005
MR29	28.75	30.41	+1.66	-1	-0.657	-0.818

*correspondiente al segundo periodo

Puede notarse un efecto de la altura sobre el crecimiento promedio radial del patógeno en el primer periodo, en donde alturas mayores a 40 msnm se observa mayor crecimiento radial, no así en el segundo periodo, ya que la muestra MR10 fue la de mayor crecimiento radial y colectada a una altura de 15 msnm. Durante el segundo periodo al existir temperaturas de 27 a 31.2°C dentro del laboratorio se nota que las muestras MR35, MR02 y MR16 redujeron su crecimiento, el cual fue muy lento, así mismo el coeficiente de correlación fue negativo y alto, indicando que a mayor temperatura hay un mínimo de crecimiento, respecto al primer periodo de crecimiento. Sin embargo, las muestras MR10, MR29 y MR44 no se vieron afectados por la temperatura, ya que estas continuaron su crecimiento con bajo coeficiente de correlación negativa, interpretándose que a mayor temperatura hay un crecimiento moderado; esto sugiere que estas muestras se adaptaron a las temperaturas existentes en el segundo periodo. Al correlacionar los datos de crecimiento radial de las muestras MR10, MR29 y MR44 con las temperaturas del ambiente, prevalecientes durante el periodo de estudio que fue de 27 a 37°C, se encontró baja correlación negativa, indicando que estas muestras, bajo condiciones adversas hay un crecimiento lento (Cuadro 2). Por lo tanto, MR10 puede considerarse como la muestra con más habilidad de adaptación a temperaturas fuera del rango óptimo de crecimiento.

Herrera (1988) indica que el rango ideal para el crecimiento y esporulación de *M. roreri* bajo condiciones *in vitro* en medio V8 es de 24 a 28°C, en el estudio se utilizó el mismo medio, solo que el crecimiento fue bajo condiciones del laboratorio, donde en el primer periodo la temperatura fue de 21 a 27.5°C y durante el segundo periodo fue de 27 a 31.2°C, encontrándose que bajo estas condiciones *M. roreri* mostro un crecimiento favorable, sin embargo Phillips-Mora, (2003) observo crecimiento a temperatura de 30°C, al respecto Evans et al. (1978) indica que la temperatura máxima de crecimiento de *M. roreri* es 33°C. El radio medio de crecimiento fue de hasta 3.972 cm en el primer periodo para MR35 y 3.455 cm en el segundo periodo para MR10, al respecto Phillips-Mora, (2003) encontró que las muestras pertenecientes al grupo Co-West y los aislados en Centroamérica tienen un bajo crecimiento radial 3.7 cm (Co-West) y 2.8 cm (Honduras) a 3.3 cm (Panamá y Nicaragua), lo cual explica el bajo crecimiento observado en el estudio (Cuadro 2), ya que la variante de *M. roreri*

presente en las plantaciones de cacao de Tabasco corresponde al grupo Co-West, de acuerdo a Phillips-Mora, (2003). Leandro, (2011) indica que *M. roreri* puede crecer en un rango de temperatura 24 a 28°C bajo condiciones *in vivo*, al correlacionar nuestros datos de crecimiento de cada muestra con la temperatura del ambiente; con datos tomados de la estación meteorológica del INIFAP-CEHUI, se encontró alta y baja correlación negativa sobre el crecimiento *in vitro* de *M. roreri*, en donde tres muestras no se ven afectadas su crecimiento, en el segundo periodo, al encontrarse temperaturas extremas de 27 a 37°C (Figura 1), esto nos lleva a pensar que *M. roreri* se ha adaptado a las condiciones ambientales prevalecientes en el estado, por lo cual se nota en las plantaciones de cacao gran cantidad de frutos afectados durante todo el año. Como lo indica Phillips-Mora et al., (2006a), la especie de *M. roreri* presente en las plantaciones de cacao de México, corresponde al grupo Co-West, procedente de Colombia, en donde las condiciones son de baja a moderada altura (132-703 msnm), temperatura relativamente alta (24.9-27°C), alta precipitación (1343-5511mm), que son condiciones favorables para el desarrollo del patógeno. Sin embargo, el estado de Tabasco tiene condiciones ambientales de trópico húmedo en donde se encuentran condiciones similares a lo indicado por Phillips-Mora, (2006a), no obstante, existe un periodo de sequía de marzo a mayo con temperaturas que alcanzan los 42°C en promedio. Según los datos observados el patógeno se está adaptando a las condiciones de temperatura que oscilan en el estado de Tabasco presentes en el periodo de sequía.

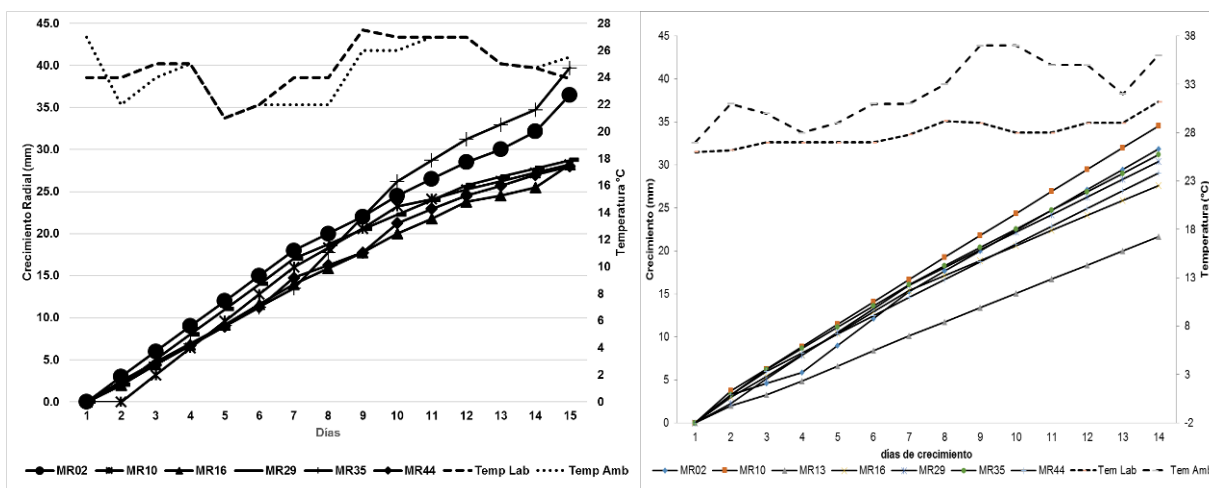


Figura 1. Crecimiento *in vitro* de *M. roreri* bajo condiciones de laboratorio. De izquierda a derecha, periodo uno y periodo dos.

Coloración de las colonias. Las colonias de *M. roreri* mostraron un crecimiento de micelio blanco-transparente, tornándose blanco y en el centro de la colonia un color ligeramente amarillo, posteriormente paso a un color salmón y café claro u oscuro y el color blanco en el borde. Al transcurrir los días las colonias mostraron un mayor crecimiento del color café oscuro, estas características coinciden con las descripciones de Herrera et al., (1989) y Phillips-Mora et al., (2006b).

Esporulación de las colonias. De acuerdo a Phillips-Mora et al., (2006b) la coloración café oscuro está relacionada con la presencia de esporas en la colonia, a medida que se torna más oscura, mayor masa de esporas el cual se observó transcurrido el día siete (Figura 2 y 3).

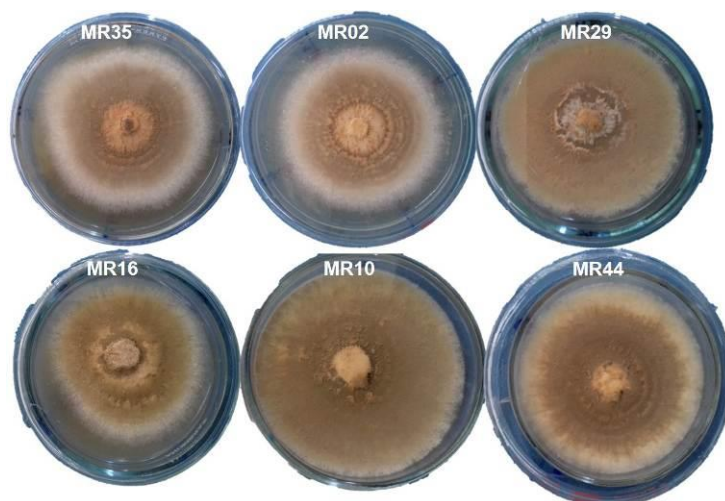


Figura 2. Apariencia de *M. roreri* en medio V8 modificado.



Figura 3. De izquierda a derecha, micelio: hialiano y septado, cadena basipetala de conidios, formas de los conidios.

CONCLUSIONES

La muestra MR10 se adaptó a las altas temperaturas del laboratorio, al mostrar el mayor crecimiento radial.

La muestra MR35 fue la más agresiva durante el primer periodo, al mostrar un crecimiento radial superior a las demás muestras, pero no así en el segundo periodo.

Pueden considerarse las muestras MR10 y MR35 para futuros trabajos de inoculaciones artificiales para la evaluación y selección de árboles de cacao resistentes a *M. roreri*.

LITERATURA CITADA

- Ali, S., Shao, J., Strem, M.D., Phillips-Mora, W., Zhang, D., Meinhardt, L. W. y Bailey, B. A. 2015. Combination of RNAseq and SNP nanofluidic array reveals the center of genetic diversity of cacao pathogen *Moniliophthora roreri* in the upper Magdalena Valley of Colombia and its clonality. *Frontiers in Microbiology*. doi:10.3389/fmicb.2015.00850
- Arbelaez, L.M. 2010. Análisis de la diversidad intraespecie de *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans *et al.* por medio de marcadores morfológicos y genéticos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, 132p.
- Evans, H. C., Stalpers, J. A., Samson, R. A. y Benny, G. 1978. On the taxonomy of *Monilia roreri*, an important pathogen of *Theobroma cacao* in South America. *Can. J. Bot.* 56:2528-2532.
- González, P. E. y Campos, J. 1996. Tabasco: monografía estatal. 3ed. SEP. México. 287p.
- Herrera, F. 1988. Efecto de factores nutricionales y físicos sobre el crecimiento y esporulación de *Moniliophthora roreri* *in vitro*. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 159 p.
- Herrera, F., Galindo, J.J. y Ramírez, C. 1989. Crecimiento y esporulación de *Moniliophthora roreri* en diversas fuentes de nitrógeno y carbono. *Turrialba* 39, 4: 429-434.

- Larios, R. J. y Hernández, J. 1987. Zonificación fisiográfica del estado de Tabasco. *Revista de geografía agrícola*. 13-14: 20-32.
- Leandro, M. M.E. 2011. Efecto de los factores macro y microclimáticas y las características productivas del cacao sobre la epidemiología de la moniliasis. Tesis M. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- Meinhardt, L.W., Costa, G.G., Thomazella, D.P., Teixeira, P.J., Carazzolle, M.F., Schuster, S.C., et al. 2014. Genome and secretome analysis of the hemibiotrophic fungal pathogen, *Moniliophthora roreri*, which causes frosty pod rot disease of cacao: mechanism soft hebiotrophic and necrotrophic phases. *BMC Genomics* 15:164. doi:10.1186/1471-2164-15-164
- Palma, L. J. D., Morales, G. M. A., Triano, S. A. Suelos cacaoteros de Tabasco. 2010. *In*: Cordova, A. C., Garcia, L. E. y Obrador, O. J. J (Eds) Cultivo y transformación del cultivo de cacao en Tabasco. Pp 11-19. Colegio de Postgraduados campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco
- Phillips-Mora, W. 2003. Origen, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular phytopathological and morpho-physiological evidence. Thesis Ph.D. Reading Uk: University of Reading. 349 p.
- Phillips-Mora, W., Ortiz, C.F., Aime, M.C. 2006a. Fifty years of frosty pod rot in Central America: Chronology of its spread and impact from Panamá to México. *In* Proceedings 15th International Cocoa Research Conference [San José, Costa Rica, 9-14 octubre 2006]. Cocoa Producers' Alliance (COPAL)/CATIE. 11p
- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C.F., López, A.P., Hernández, J. y Aime, M.C. 2006b. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. *Plant Pathology* 55: 584.
- Phillips-Mora, W. y Wilkinson, M.J. 2007. Frosty pod of cacao: a disease with a limited geographic range but unlimited potential for damage. *Phytopathology* 97: 1644-1647.

Referencias informáticas

- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consultado 03 de junio 2016).
- INEGI, 2015. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2015. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825077167.pdf (Consultado 24 de junio 2016).

RENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS HÍBRIDAS DE COCOTERO, EN TABASCO, MEXICO.

PROFITABILITY OF HYBRID COCONUT PLANT PRODUCTION, IN TABASCO, MEXICO

¹Domínguez C.E., Domínguez O.S.E., Domínguez O.R.F., Ramos R.J.D.A.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo Centro(CIRGOC), Campo Experimental Huimanguillo. Kilómetro 1. Carretera Huimanguillo – Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México.
Correspondencia autor: E-mail: *dominguez.esteban@inifap.gob.mx*

RESUMEN

La producción y establecimiento de híbridos de cocotero, se ha sugerido como la forma más económica y eficiente para rescatar la Cadena productiva del cocotero en México, sin embargo, existe poca inversión para esta actividad por parte de particulares y la parte oficial. Actualmente, en México, solo se satisface cerca del 10% de las necesidades de material de cocotero híbrido. Con el objetivo de determinar la rentabilidad económica del proceso de producción de plantas de cocotero híbridos, se realizó el presente trabajo, tomando como unidad de evaluación, una hectárea de Campo de Producción de Semilla Híbrida de cocotero, se calcularon los ingresos y los egresos, y se estimó el flujo de efectivo y basados en el cálculo del Free Cash Flow to the Firm (FCFF), se obtienen indicadores financieros (TIR, VAN, IR, AE, r B/C), y se calculó la rentabilidad. Los resultados indican que la actividad de producir híbridos de cocotero, es altamente rentable, en el horizonte del proyecto, ya que la TIR es de 39%, estando por encima de la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable. El Valor Actual Neto (VAN o VPN), es positivo y es de casi \$700 mil pesos. El Índice de rentabilidad de la Inversión (IR), se encuentra en 1.47, al estar por encima de 1 se determina que este proyecto es viable, ya que el beneficio es mayor a la inversión realizada en Valores Presentes.

Palabras clave: *cocotero, producción de híbridos, rentabilidad*

SUMMARY

The production and establishment of hybrid coconut, has been suggested as the most economical and efficient way to rescue the coconut industry in Mexico, however, there is little investment for this activity by investors and the government. Currently, in Mexico, it is satisfied only about 10% of the hybrid coconut plant requirements. In order to determine the economic viability of hybrid coconut plants production process, this study was conducted using as evaluation unit one hectare of field Seed Production Hybrid coconut palm, and we based on the calculation of Free Cash Flow to the Firm (FCFF), are obtained the financial indicators (IRR, NPV, IR, AE, r B / C. The results indicate that hybrid coconut plants production, is highly profitable project, as the IRR is 39%, still above the WACC. Net Present Value (NPV) is positive and is nearly \$ 700 thousand pesos, making it very profitable. The Profitability Index (PI) is in 1.47, being above 1 it is determined that this project is profitable, because the benefit is greater than the investment in Present Values.

Keywords: *coconut, hybrid production, profitability*

INTRODUCCION

El cocotero es de las palmeras más cultivadas en el mundo, ya que actualmente es una de las principales especies productoras de aceite vegetal (Domínguez, et al 1999). Este cultivo presenta una serie de problemas, entre los que destacan las plagas y enfermedades, principalmente el Amarillamiento Letal del Cocotero (ALC), que ha desalentado a los productores de coco a seguir cultivando esta especie (Robert et al, 1991, Córdova, 2000). El ALC, es una enfermedad que entró a México en los años 80's por la Península de Yucatán, y es causada por un fitoplasma transmitido por la chicharrita *Haplaxius crudus* Van Duzee; esta enfermedad está acabando con la superficie de cocotero en el país, lo cual ha repercutido negativamente en toda la cadena de producción y comercialización del mismo, desde los productores hasta la industria, turismo y todas las involucradas, además de un daño ambiental que se ha generado (Robert et al 1991). Desde 1981 se sugirió, que la

única forma rentable para enfrentar el ALC, era el uso de híbridos resistentes a la enfermedad (Been, 1981). En México, se formaron y evaluaron una serie de híbridos en cuanto a resistencia al ALC, precocidad y alto rendimiento, entre ellos destaco el híbrido Chactemal, que es la cruce del Malayo Enano Amarillo como progenitor femenino y el Alto Lázaro Cárdenas Michoacán (Variedad Felicitos) como progenitor masculino (Domínguez, 1996). El híbrido Chactemal combina la resistencia al ALC, la precocidad y número elevado de frutos por racimo, del enano, con la rusticidad y tamaño de los frutos de la variedad Felicitos (Domínguez, 2009). Desde 1990 se han producido en México híbridos en forma masiva, y se establecieron en plantaciones comerciales desde 1996 en el Sureste de México y en la costa del Pacífico (Domínguez, 2009). La producción de híbridos se inició con el establecimiento de por lo menos 10 campos de producción de semilla, distribuidos en diferentes estados del país, con la colaboración del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centros de Bachillerato Tecnológicos Agropecuarios (CBTA's), Institutos Tecnológicos Agropecuarios (ITA's), los Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESVE), entre otros; Campos de producción de semilla, que actualmente no existen, no operan adecuadamente o están abandonados (Domínguez, 2009). Para la producción de la semilla de un híbrido de cocotero, se requiere un progenitor femenino, que es el enano malayo y un progenitor masculino, que es el cocotero alto del Pacífico (Domínguez, et al 2006). Existen dos métodos para la producción del híbrido: a) Campo mixto de producción de semillas, donde el padre y madre están intercalados y el progenitor masculino, poliniza libremente al progenitor femenino, sin embargo, del año 3 al año 7, la polinización es estrictamente manual mientras el progenitor masculino alcanza su etapa reproductiva, para después ser polinización libre; b) Campo de producción con un solo progenitor, donde el padre y madre están separados y la polinización es 100% manual (Domínguez, et al 2006). Todo lo anterior implica una serie de actividades que llevan un costo muy elevado y constante, desde el establecimiento del campo de producción de semilla, hasta las actividades propias de la producción del híbrido, el manejo de las nueces híbridas, el manejo de semillero, el manejo del vivero, entre otras actividades (Domínguez et al 2013). Todo lo anterior, ha ocasionado que los Campos de Producción de Semilla establecidos por las dependencias oficiales, no alcancen a cumplir los objetivos, ya que comúnmente solo existe presupuesto por un solo año, además de que las fechas de llegada de recursos, se desfasa con las inversiones realizadas (Domínguez, 2009). Por otro lado, la iniciativa privada no ha incursionado en forma agresiva en esta importante actividad, la principal causa, es el desconocimiento de la rentabilidad de la inversión en este proceso. A nivel nacional, solo existe una empresa invirtiendo en la producción de híbridos con mucho éxito desde el punto de vista económico y productivo, siendo esta empresa la principal fuente de abastecimiento de semilla híbrida en el País, y que solo alcanza a cubrir cerca del 10% de las necesidades de este material; lo que ha ocasionado ante este déficit que otros viveros estén produciendo y entregando de manera irresponsable a los productores material de cocotero que no reúne los requisitos para reactivar la industria del cocotero en México. Por lo anterior, con la proyección financiera de una hectárea de Campo de Producción de Semilla híbrida de cocotero se determinó la rentabilidad de la producción de híbridos, utilizando el método mediante el cual se obtienen indicadores financieros (TIR, VAN, IR, AE, r B/C) basados en el cálculo del Free Cash Flow to the Firm (FCFF) (Coss, 2005; Francisco J.B., 2007; Miranda 2005), para determinar la rentabilidad financiera de la actividad de producción de híbridos, para que los inversionistas puedan observar la conveniencia de invertir en esta importante actividad que es el pilar para el desarrollo sustentable del cocotero en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó tomando como base todas las actividades de un Campo de Producción de Semilla híbrida de cocotero establecido en la Ranchería Zaragoza 1ra sección del municipio de Comalcalco, Tabasco.

Para fines del trabajo, se tomó una hectárea del Campo de Producción de Semilla (CPS) con un solo progenitor, en el cual el 100% eran de cocoteranos enanos, utilizados como hembras y la polinización se realiza de manera manual durante todo el periodo del proyecto. Para el semillero y vivero se consideró un área de cinco mil metros cuadrados, donde, durante un año y cinco meses, se estimaron los costos que se erogaron durante el proceso de producción del híbrido, desde la emasculación, hasta que la planta estaba lista para el trasplante.

Con la información de las actividades y el costo de cada una de ellas, se realizó la proyección financiera que determinó la rentabilidad de la producción de híbridos. Se utilizó el método mediante el

cual se obtienen indicadores financieros (TIR, VAN, IR, AE, r B/C) basados en el cálculo del Free Cash Flow to the Firm (FCFF), el cual tiene la característica que es libre de pagos de amortizaciones de crédito, de costos financieros y de depreciaciones.

La proyección se realizó para 14 años, aunque la Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), propone que, a cinco años, es más que suficientes; sin embargo, cómo este trabajo comienza a tener sus ingresos hasta los cuatro años, una proyección a cinco años sería inviable.

Para el análisis, se consideró que, para poder establecer una ha de Campo de Producción de Semillas (CPS), se requiere de 181 plantas/ha con una producción anual, estimada, en 15,204 semillas de las cuales no todas se convertirán en plantas; que el vivero inicia su producción a los cinco años de establecida la huerta, con un costo de venta de \$75 pesos/planta. De las semillas producidas, el 10% son plantas enanas que derivaron de la contaminación por errores en la emasculación, otro 15% de estas, no germina; lo que suma un 75% de semillas germinadas que son híbridas; de estas, un 8% se pierde por malformaciones, por lo que solo un 69% de la semilla producida en el CPS, en términos generales, llegan a convertirse en plantas híbridas. La superficie de vivero considerada para poder producir lo proveniente de 1 ha es de 5 mil m², el inicio de la producción del vivero es a los 5 años de establecido el CPS, el costo de venta de las plantas de enano malayo amarillo fue de \$30 pesos/planta. Se considera una renta de 10,000 pesos/ha al año. Con respecto a la inversión, teóricamente se considera un financiamiento de máximo el 80% de las necesidades de capital de trabajo, con una aportación del inversionista del 20%, con una tasa de interés de 11.58% (TIIE + 8 puntos), con un periodo teórico de 4 años de gracia, en los que se capitalizan los intereses, y pagado a 10 años posterior de ese periodo, calculando los impuestos en 28% de las ganancias de la empresa.

Para hacer la proyección financiera se determinaron los costos de producción tanto del Campo de Producción de Semillas como del pre vivero y el vivero, así como los ingresos derivados de la venta de las plantas de cocotero híbrido y de las plantas de enano malayo amarillo, los cuales, se proyectan a 14 años. Para fines del trabajo, se considera la búsqueda de financiamiento por parte de la Banca, más una aportación del inversionista.

Para realizar este análisis de rentabilidad de una hectárea de Campo de Producción de Semillas, semillero y vivero para la producción de plantas de cocotero híbrido en Tabasco, en el Cuadro1, se consideraron datos básicos que dan claridad al desarrollo del mismo. El precio de venta de la planta híbrida y la planta enana, se consideró en base al precio propuesto por SAGARPA, para estos materiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestra el resumen de los gastos que se generan en el proceso de producción de semilla híbrida de cocotero, donde se observa que hay diferencias en los costos de un año a otro, ya que la adquisición de algunos materiales y herramientas se realiza varias veces durante el ciclo debido al desgaste en su uso o vida útil.

Tomando en cuenta el precio de venta de la planta de cocotero híbrido y enano malayo amarillo (\$75.00 planta de cocotero híbrido y \$30.00 planta de cocotero enano malayo amarillo), se observa en el Cuadro 2, que, durante los primeros cuatro años, no existen ingresos, sino pura inversión, lo que hace que los primeros cuatro años sean críticos en el desarrollo del proyecto.

En el Cuadro 3, se muestra, la producción de plantas, tanto de cocotero híbrido como de enano malayo, que multiplicadas por el precio de venta se obtiene el ingreso por cada una, por año, que sumados, hacen el ingreso total. Se observa que, en los primeros cinco años, el saldo final siempre es negativo.

Con estos datos se determinó la necesidad de capital para poder iniciar operaciones y poder tener recursos suficientes para poder solventar los costos durante los periodos que no se tienen ingresos, para ello, se calculó la necesidad de capital de trabajo mediante el método de flujos de efectivo donde se consideró el supuesto de que este capital de trabajo sería financiable por alguna Institución Financiera, la cual aporta el 80% de los recursos y el 20% lo aporta el inversionista.

Cuadro 2. Ingresos derivados de la venta de plantas de cocotero híbrido

Precio Venta Plantas coco híbrido	\$75									
Precio Venta Plantas enano malayo amarillo	\$30									
Conceptos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10 - 14 *
Producción de plantas de cocotero híbrido	-	-	-	-	10,491	10,491	10,491	10,491	10,491	10,491
Producción de plantas de Enano Malayo Amarillo	-	-	-	-	1,399	1,399	1,399	1,399	1,399	1,399
Total	-	-	-	-	11,890	11,890	11,890	11,890	11,890	11,890

	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas	Ingresos por plantas
Ingresos por plantas de coco híbrido	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807
Ingresos por Enano Malayo Amarillo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963
Total	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770

* Los ingresos son en la misma magnitud por año del año 10 al 14

Cuadro 3. Balance entre Ingresos y egresos en el proceso de producción de híbridos.

FLUJOS DE EFECTIVO ANUALES										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
A SALDO INICIAL		-\$ 138,753	-\$ 212,651	-\$ 291,539	-\$ 467,826	-\$ 47,501	\$ 383,656	\$ 833,610	\$ 1,278,774	\$ 1,728,727
B INGRESOS OPERATIVOS (Suma)	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770
• Ingresos por plantas de coco híbrido	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807	\$ 786,807
• Producción de plantas de Enano Malay	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963	\$ 41,963
•	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
C EGRESOS OPERATIVOS (Suma)	\$ 138,753	\$ 73,898	\$ 78,888	\$ 176,287	\$ 408,444	\$ 397,614	\$ 378,816	\$ 383,606	\$ 378,816	\$ 383,606
• Campo de Producción de semilla	\$ 138,753	\$ 73,898	\$ 78,888	\$ 176,287	\$ 181,052	\$ 199,849	\$ 181,052	\$ 185,842	\$ 181,052	\$ 185,842
• Previvero y vivero	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 227,392	\$ 197,764	\$ 197,764	\$ 197,764	\$ 197,764	\$ 197,764
•	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
D FLUJO OPERATIVO (B - C)	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	\$ 420,326	\$ 431,156	\$ 449,954	\$ 445,164	\$ 449,954	\$ 445,164
I FLUJO DEL PERIODO (D + G - H)	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	\$ 420,326	\$ 431,156	\$ 449,954	\$ 445,164	\$ 449,954	\$ 445,164
SALDO FINAL (A + I)	-\$ 138,753	-\$ 212,651	-\$ 291,539	-\$ 467,826	-\$ 47,501	\$ 383,656	\$ 833,610	\$ 1,278,774	\$ 1,728,727	\$ 2,173,891
Capital de Trabajo				-\$ 467,826						
PREMIAS / SUPUESTOS:										
LAS INSTITUCIONES FINANCIERAS SÓLO APORTAN MÁXIMO EL 80% DEL FINANCIAMIENTO DE CAPITAL DE TRABAJO, EL 20% RESTANTE LO DEBE APORTAR EL SOLICITANTE										
Máximo Financiable		80%	\$ 374,261	Aportación del Inversionis		20%	\$ 93,565			

El capital de trabajo en base al modelo, de determinó en \$467,826 mil pesos, sin embargo, se consideró que la institución financiera dará el crédito en base a la necesidad anual.

Para poder hacer frente a las inversiones se requieren de manera teórica solicitar a la Institución Financiera 4 periodos de gracia para que durante el primer año de producción y ventas de plantas se pueda comenzar a pagar.

Con el cálculo del FCFF (Flujo de Efectivo Libre de la Empresa, por sus siglas en ingles), se obtuvo los indicadores financieros para poder determinar la rentabilidad de la producción de plantas de cocotero híbrido, para ello se calculó la WACC (Weighted Average Cost Of Capital, promedio ponderado del costo de capital) que es lo mismo que una TREMA que es la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable por el inversionista, que pondera el costo del capital por parte de los socios y el costo del capital de la Institución Financiera, mismo que se calculó en 13.8%. Con esta información se realizó el cálculo de los indicadores financieros que se muestran en el Cuadro 4, los que muestran, que el proyecto es rentable en el horizonte del proyecto, ya que la Tasa Interna de Retorno es de 39%, que es más que la WACC (TREMA), lo que indica que la TIR está por encima de la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable. El Valor Actual Neto (VAN o VPN), es positivo y es de casi \$700 mil pesos, dentro del horizonte del proyecto, lo que también hace rentable al mismo. El Índice de rentabilidad de la Inversión (IR), se encuentra en 1.47, al estar por encima de 1 se determina que este proyecto es rentable, ya que el beneficio es mayor a la inversión realizada en Valores Presentes.

Con la información generada se obtuvo un estado de resultados que sirvió de base para obtener los indicadores financieros, mismo que se muestra en el Cuadro 5.

La AE (Anualidad Equivalente) es de alrededor de \$114 mil pesos, lo que significa que, a Valores Presentes, es lo que estaría teniendo de ganancias en promedio por año el inversionista con una hectárea de Campo de Producción de Semillas y producción de plantas de cocotero híbrido, además de generar empleos en la zona.

El último indicador que se calculó, fue la relación beneficio / costo, que indica la relación que hay entre los ingresos y los costos, que es de 1.66 a valores presentes, lo cual indica que los ingresos son mayores a los costos en el periodo evaluado.

La proyección se realizó sin considerar posibles incentivos por parte del gobierno, que actualmente ofrece para apoyar a empresas del sector rural, lo que haría aún más rentable la inversión.

Cuadro 4. Estado de resultados para estimar Indicadores Financieros

ESTADO DE RESULTADOS														
PESOS														
CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14
Ingresos por ventas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770	\$ 828,770
Costos de producción	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	-\$ 408,444	-\$ 397,614	-\$ 378,816	-\$ 383,606	-\$ 378,816	-\$ 383,606	-\$ 410,399	-\$ 383,606	-\$ 378,816	-\$ 383,606
(-) Depreciación	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469	-\$ 19,469
(-) Gastos financieros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 47,307	-\$ 37,846	-\$ 28,384	-\$ 18,923	-\$ 9,461	-\$ 9,461	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad de operación (EBIT)	\$ 158,223	\$ 93,367	\$ 98,357	\$ 195,756	\$ 353,549	\$ 373,841	\$ 402,100	\$ 406,772	\$ 421,023	\$ 416,233	\$ 398,902	\$ 425,695	\$ 430,485	\$ 425,695
(+) Depreciación	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469	\$ 19,469
(+) Gastos Financieros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 47,307	\$ 37,846	\$ 28,384	\$ 18,923	\$ 9,461	\$ 9,461	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuesto	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	\$ 420,326	\$ 431,156	\$ 449,954	\$ 445,164	\$ 449,954	\$ 445,164	\$ 418,371	\$ 445,164	\$ 449,954	\$ 445,164
(-) Impuestos Teóricos EBIT	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 98,994	-\$ 104,676	-\$ 112,588	-\$ 113,896	-\$ 117,887	-\$ 116,545	-\$ 111,693	-\$ 119,195	-\$ 120,536	-\$ 119,195
Utilidad después de impue	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	\$ 321,332	\$ 326,481	\$ 337,366	\$ 331,268	\$ 332,067	\$ 328,619	\$ 306,679	\$ 325,969	\$ 329,418	\$ 325,969
FCFF (Flujo de efectivo libi	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	\$ 321,332	\$ 326,481	\$ 337,366	\$ 331,268	\$ 332,067	\$ 328,619	\$ 306,679	\$ 325,969	\$ 329,418	\$ 325,969

Cuadro 5. Indicadores financieros

WACC	13.8%

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
FLUJO DE EFECTIVO	-\$ 138,753	-\$ 73,898	-\$ 78,888	-\$ 176,287	\$ 321,332	\$ 326,481	\$ 337,366	\$ 331,268	\$ 332,067	\$ 328,619	\$ 306,679	\$ 325,969	\$ 329,418	\$ 325,969
VALOR PRESENTE	-\$ 121,925	-\$ 57,060	-\$ 53,525	-\$ 105,103	\$ 168,344	\$ 150,297	\$ 136,471	\$ 117,752	\$ 103,720	\$ 90,194	\$ 73,964	\$ 69,081	\$ 61,345	\$ 53,340

INDICADORES FINANCIEROS

TIR	39%
VAN	\$686,895
IR	1.47
AE	\$113,357.41
RELACIÓN B/C	1.66

CONCLUSION

El proceso de producción de semilla híbrida de cocotero, es una actividad rentable desde el punto de vista económico.

LITERATURA CITADA

- Been, B.O. 1981. Observations on field resistance to lethal yellowing in coconut varieties and hybrids in Jamaica. *Oleagineux* 36 : 9-12.
- Cordova L. I.I. 2000. Estudio sobre la distribución intraplanta y dispersión del Amarillamiento letal en el cocotero mediante el uso de la reacción en cadena de la polimerasa. Tesis de Maestría en Ciencias y Biotecnología de plantas. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY). Mérida, Yucatán, México. 59 pp.
- Coss Bu, Raúl. 2005. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. LIMUSA 2da edición, México. 375 pp.
- Domínguez C.E., Ruiz B.P., Castillo G.R.A., Lázaro de los S.E. 2006. Producción de híbridos de cocotero por el sistema de polinización manual y polinización libre controlada. Memoria de XIX Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Tabasco. Pag. 348-355. Villahermosa, Tabasco.
- Domínguez C. E., López A. J.I., Castillo G. y P. Ruiz B. 1999. EL COCOTERO Cocos nucifera L. Manual para la producción en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Libro Técnico Núm. 6. Tabasco. México. 132p.
- Domínguez C.E., Castillo G.R.A., Domínguez O.R.F., Magdaleno A.S., Alaniz G.G., Domínguez O.S.E. 2013. Elementos del clima que determinan el amarre de frutos en la producción de híbridos. 2013. XXV Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. II Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria en los Trópicos. Villahermosa, Tabasco.
- Domínguez C.E. 2009. La problemática de la producción de híbridos de cocotero tolerantes al Amarillamiento letal. Memorias de la XXII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz.
- Domínguez C.E. 1996. Plantaciones de coco híbrido para elevar la producción de copa en Tabasco. Folleto Técnico No. 1 INIFAP – ISPROTAB. 32 pp.
- Francisco J.B., Carlos Luis E.G.Y, Leonel F.. 2007. Ingeniería económica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 354 pp.
- Miranda J.J. 2005. Gestión de Proyectos. Identificación, Formulación, Evaluación: Financiera– Económica – Social - Ambiental. Bogotá, Colombia. MM Editores.
- Robert M.L., Loyola Vargas V.M., and Zizumbo V.D. (eds.). 1991. La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. México.

AVANCES EN LA CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE HIBRIDOS DE CACAO TABSCOOB PARA RESISTENCIA A MONILIASIS.

ADVANCES IN THE MORPHOLOGIC CHARACTERIZATION OF HYBRIDS OF COCOA TABSCOOB FOR RESISTANCE TO MONILIASIS.

¹Azpeitia Morales A., ²Mora Avilés A., ¹Mirafuentes Hernández, ¹Peña López JL.

¹Laboratorio de Biología Molecular, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas.

²Unidad de Biotecnología (INIFAP), Campo Experimental Celaya,

Autor para correspondencia: azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

En México los estudios de mejoramiento genético han sido escasos, recientemente, el INIFAP ha generado 627 nuevos híbridos a partir de cruzamientos, usando como progenitores masculinos: ICS 95, PA 169 y UF 273 y como progenitores femeninos: INIFAP 1, INIFAP 8 e INIFAP C. Estos híbridos están establecidos en el Campo Experimental Huimanguillo y se encuentran en producción. Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue: caracterizar de forma morfológica híbridos de cacao para resistencia a moniliasis. Con base a los resultados, se ha obtenido el 1.11% de resistencia a moniliasis de un grupo de 627 árboles en evaluación. La forma predominante en las mazorcas fue el tipo Criollo, salvo para el híbrido T-67 que presentó mazorcas de tipo angoleta. Cada híbrido evaluado mostró una coloración del fruto maduro particular, siendo el color amarillo el más común en los híbridos T-518, T-524 y T-509. El híbrido T-67 se caracterizó por mostrar una pigmentación roja en el fruto maduro, mientras que el híbrido T-439 al llegar a la etapa de cosecha, las tonalidades del mesocarpio en su mayoría de los frutos fue de color naranja. Los híbridos T-67, T-439 y T-504 presentaron los mejores porcentajes a las variables longitud de mazorca, número de semillas y peso fresco de la semilla. Adicionalmente a estas características, esta selección de híbridos ha presentado resistencia a moniliasis y mancha negra con cero frutos enfermos durante un periodo de tres años.

Palabras clave: Cacao, híbridos, moniliasis.

INTRODUCCIÓN

En México, el cacao (*Theobroma cacao* L.) se cultiva en 61,562 hectáreas, mientras que en el estado de Tabasco se cultivan 40 782 hectáreas, las 20,544 hectáreas restantes corresponden al estado de Chiapas (SIAP, 2014). En el proceso productivo intervienen cerca de 50 mil familias de los estados de Tabasco y Chiapas. El cacao en el estado de Tabasco se distribuye en seis municipios, destacando por su superficie cultivada los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán y Huimanguillo. En el estado de Chiapas destacan por su producción los municipios de Tapachula, Pichucalco y Palenque. En Tabasco, la enfermedad de la "moniliasis" afecta la producción de cacao cultivado reduciendo la producción de 30% a 100% en las plantaciones.

Para la industria chocolatera nacional, el cacao representa la materia prima para la elaboración del chocolate, y su calidad ha sido preferida por esta industria (Barrón *et al.*, 2011). Sin embargo, desde la llegada de la "moniliasis" a México en el norte de Chiapas en febrero de 2005, ha provocado pérdidas en la producción de 40% (Phillips-Mora, *et al.*, 2006). Este problema ha generado desaliento entre los productores por el desconocimiento del manejo de la enfermedad y recientemente, cerca de 1 000 ha han sido derribadas en el estado de Tabasco debido a la afectación de la "moniliasis".

El derribo y el abandono de plantaciones podrían incrementarse y ocasionar una disminución de las zonas cultivadas, lo que provocaría indirectamente un deterioro ambiental por la disminución en la captura de carbono que proporciona este agroecosistema. Los efectos devastadores de este patógeno en cacao han sido dramáticos y bien documentados en diferentes épocas y países (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). De acuerdo a los reportes, la "moniliasis" tiene su origen entre Colombia y Ecuador debido a que existen reportes de 1817 en Colombia, sobre la aparición de la enfermedad en el oriente y centro del país (Phillips-Mora *et al.*, 2007), para el año de 1895 se registra el primer indicio de la presencia de una enfermedad cuya descripción coincide con la "moniliasis" (Suárez, 1982). Además, de su dispersión en estos países, el hongo está presente en Venezuela, Perú, Panamá, Nicaragua,

Costa Rica y Honduras, donde es uno de los principales factores que limitan el rendimiento de la producción de cacao en las áreas afectadas (Phillips-Mora, 2003).

Cifras de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) confirman que la producción de cacao en el estado de Tabasco registra una reducción de 43.2%. Lo anterior significa una pérdida del orden de los \$ 57 120 000 pesos (Azpeitia *et al.*, 2011).

Considerando la gran susceptibilidad de todos los genotipos comerciales de cacao, la agresividad de este patógeno, su excepcional capacidad de sobrevivir en diferentes condiciones ambientales y su rápida dispersión natural, representa una gran amenaza para los agricultores del mundo (Jaimes y Aranzazu, 2010). La generación de clones con alta resistencia permitiría producir cacao en ambientes infestados con “moniliasis”, en donde la única alternativa hasta hace poco era el abandono o cambio de actividad de las plantaciones (Phillips-Mora *et al.*, 2012); por ello es de su suma importancia incorporar caracteres de resistencia a la “moniliasis” a genotipos mexicanos altamente productivos.

En los últimos 25 años de investigación, se han identificado clones resistentes a la “moniliasis” con distinto origen genético y/o geográfico. Estos clones están siendo cruzados progresivamente para obtener variedades con niveles crecientes de resistencia en Costa Rica, aprovechando de esta forma el carácter predominante aditivo que tiene esta característica del cacao, estos estudios han adquirido recientemente relevancia mundial por ser la “moniliasis” una de las amenazas más graves para la cacaocultura moderna (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

Por otra parte, Debouck *et al.*, (2008) encontraron en relación con la resistencia de la “moniliasis”, sólo una resistencia de un tercio de 1%; es decir, 0.3% de 600 accesiones realizadas en el programa de mejoramiento genético del CATIE. De este estudio, después de 15 años de evaluación se seleccionaron seis clones trinitarios (CATIE-R1, CATIE R-4, CATIE R-6, CC-137, ICS-95 y el PMCT-58) de buena producción y tolerancia a la moniliasis (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

En México los estudios de mejoramiento genético han sido escasos, de acuerdo con López-Báez (1995) han sido dirigidos a la búsqueda de genotipos para resistencia a la mancha negra. En la actualidad existen genotipos reportados como resistentes a la “moniliasis” como: ICS 95 (Trinidad y Tobago), UF 273 (Costa Rica), PA 169 (Perú), EET 233 (Ecuador) y EET 183(Ecuador) (Phillips-Mora *et al.*, 2009). Estos materiales fueron introducidos por el INIFAP en el año 2006 a México (Azpeitia *et al.*, 2008; Azpeitia *et al.* 2009) y han mostrado producción de 0.7 kg de grano seco por árbol para el clon PA 169, 1 Kg para el clon UF 273 y 1.5 Kg en el clon ICS 95. Sin embargo, los genotipos ICS 95 y UF 273 presentaron resistencia con cero frutos enfermos de “moniliasis” y el PA 169 mostró moderada resistencia (Ramírez-Guillermo *et al.*, 2012).

Recientemente, el INIFAP ha generado 620 nuevos híbridos a partir de cruzamientos, usando como progenitores masculinos: ICS 95, PA 169 y UF 273 y como progenitores femeninos: INIFAP 1, INIFAP 8, e INIFAP C (Barrón, *et al.* 2014). Estos híbridos están establecidos en el Campo Experimental Huimanguillo y se encuentran en producción. Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue: caracterizar de forma morfológica híbridos de cacao para resistencia a moniliasis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los híbridos de cacao se encuentran establecidos en el Campo Experimental Huimanguillo, a la fecha cuentan con cuatro años de establecidos y se encuentran en fructificación. Estos han sido caracterizados parcialmente y para esto se han seleccionado los híbridos más sobresalientes. Las variables evaluadas por variedad de cacao híbrido fueron: flor, hoja, fruto y semilla, estas se caracterizaron de acuerdo al protocolo descrito por Phillips-Mora *et al.* (2012).

Descriptores de hoja: Se registró: 1) el color de los brotes terminales de 6-7 días de edad bajo luz natural, cuyas coloraciones van de tonalidades verdes hasta diferentes grados de pigmentación roja, rosada y/o café. Además, se midieron los siguientes parámetros a partir de 50 hojas adultas cosechadas de la parte intermedia de los árboles durante las primeras horas de la mañana: 2) forma de la hoja de acuerdo con la escala propuesta por Hartmann *et al.* (1981), 3) forma del ángulo, 4) forma de la base, 5) ancho de la hoja, 6) longitud de la hoja, 7) longitud del pecíolo y 8) longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja (BPA).

Descriptores de fruto: A partir de un mínimo de 50 frutos provenientes de cada híbrido cosechados en diferentes épocas del año durante el periodo 2015-2016 se ha determinado: 1) color del fruto de dos meses de edad, 2) color del fruto maduro; 3) forma del fruto, 4) forma del ápice, 5) forma de la constricción basal, 6) rugosidad de la cáscara, 7) dureza de la cáscara utilizando una escala con los siguientes valores: 3 =suave, 5 = intermedia y 7 = áspera. De igual forma se registraron los

parámetros: peso, longitud, diámetro, relación largo/ancho, peso fresco de las semillas por fruto; número de semillas por fruto.

Descriptores de semilla: A los frutos evaluados, se les extrajeron las semillas. Se eliminó el mucílago para determinar los siguientes parámetros: 1) Color del cotiledón, 2) forma de la semilla, 3) forma del corte transversal, 4) longitud, 5) diámetro y 6) espesor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

T-67 (Inifap 1 x UF 273). Al llegar a la madurez, este fruto adquiere un color rojo. La forma del fruto es Angoleta con un ápice atenuado y una constricción basal fuerte. El mesocarpo es duro y de rugosidad fuerte. El peso promedio de las mazorcas es de 374.53 g, con una longitud de 18.83 cm (Figura 1).

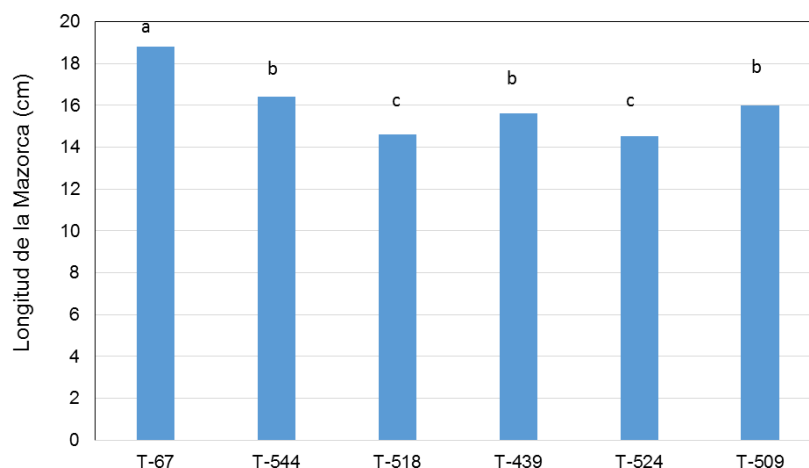


Figura 1. Longitud de la mazorca en selecciones de híbridos Tabasco (T) para resistencia a moniliasis y mancha negra (n=30). Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05.

El número de semillas por fruto fue de 35.33 (Figura 2) y el peso fresco de las semillas por fruto alcanzó 82.81 g. Las semillas son tipo ovaladas y de pigmentación morada. El peso fresco de una sola semilla es de 2.71 g. La forma de la hoja predominante es elíptica, con base y ápices de tipo agudo. Las hojas jóvenes e inmaduras son de color rosada, pasando por tonalidades verde-claro hasta la madurez de la hoja. En promedio, la longitud de la hoja ronda los 31.00 cm, y en su parte más ancha alcanza los 11.20 cm. El peciolo es de tamaño medio con una longitud de 2.50 cm.

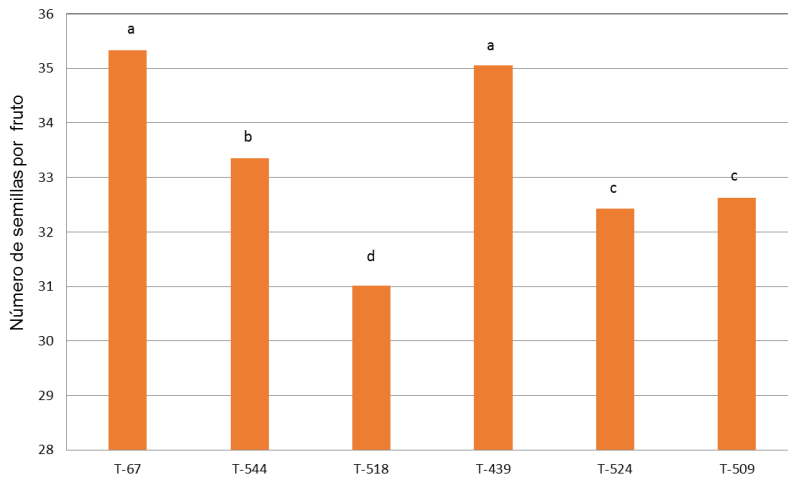


Figura 2. Número de semilla en selecciones de híbridos Tabasco (T) para resistencia a moniliasis y mancha negra (n=100). Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05.

T-544 (PA 169 x UF 273). El fruto en estado de madurez adquiere una pigmentación rojiza. La forma predominante es Criolla con un ápice tipo agudo. La constricción basal es fuerte y el mesocarpo presenta una rugosidad intermedia y alta dureza. La longitud del fruto maduro es de 16.44 cm (Figura 1). El peso medio de la mazorca es de 285.88 g con 33.53 semillas por mazorca y el peso fresco de semillas por fruto es de 58.58 g (Figura 2). Los cotiledones de las semillas son de color morado y de forma oblonga, con un peso de 1.79 g por semilla fresca (Figura 3). Las hojas jóvenes son blandas y de color rosado. Al llegar a la madures la hoja adquiere una tonalidad verde y la forma predominante es elíptica, con la forma de la base de tipo obtuso y un peciolo apiculado. La longitud oscila cerca de los 30.60 cm con un diámetro en su parte más ancha de 12.25 cm.

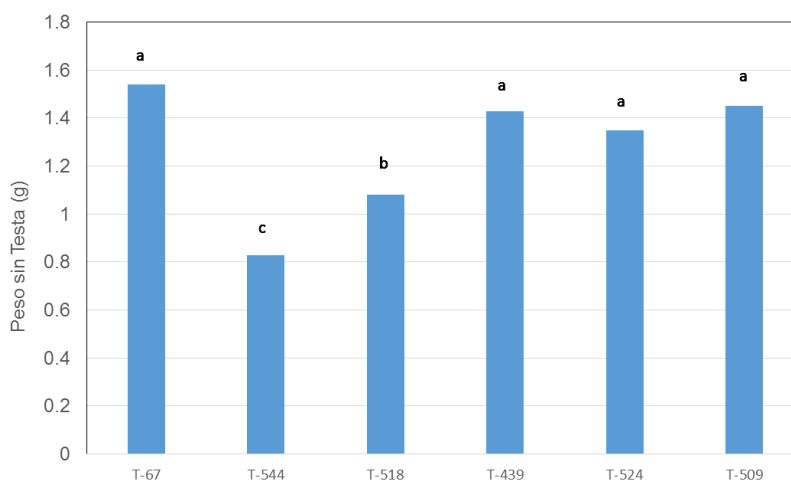


Figura 3. Peso de la semilla sin testa en selecciones de híbridos Tabascoob (T) para resistencia a moniliasis y mancha negra (n=100). Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05.

T-518 (Inifap 8 x UF 273). Los frutos se tornan amarillos al madurar, de forma Criolla, con ápices agudos y una constricción basal intermedia. El mesocarpo es duro y presenta una rugosidad intermedia. El peso de las mazorcas es de 170.89 g con una longitud de 14.61 cm (Figura 1). El número de semillas por fruto es de 31.02 semillas (Figura 2) y el peso fresco de semillas por mazorca es de 75.83 g. Las semillas son ovaladas y de color morado, con un peso por semilla de 1.80 g (Figura 3). Las hojas jóvenes son de pigmentación café. Tanto el ápice como la base de la hoja presentan formas agudas. La longitud media de la hoja es de 36.50 cm, con un ancho de 11.70 cm. el promedio general de la longitud del peciolo es de 3.50 cm.

T-439 (PA 169 x Inifap 8). Las mazorcas son de forma Criolla, de color naranja, con el ápice agudo y una constricción basal intermedia. El mesocarpo es duro y presenta una rugosidad intermedia. El peso de las mazorcas oscila en 308.81 g, con una longitud de 15.63 cm (Figura 1). El peso fresco de las semillas por fruto es de 86.55, con un promedio de 35.05 semillas por mazorca (Figura 2). El color de los cotiledones es morado con una forma irregular y con un peso por semilla fresca de 2.41 g (Figura 3). Las hojas son rosadas en estado juvenil, y al madurar adoptan una forma elíptica con una base tipo redonda. El promedio de longitud es de 33.45 cm con una media en su parte más ancha de 13.05 cm. El peciolo es de forma apiculada al madurar.

T-524 (PA 169 x UF 273). En estado juvenil presenta una coloración verde, pero al madurar se torna amarillo. La forma es Criolla, con el ápice mamilado y la constricción basal intermedia. La rugosidad del mesocarpo es intermedia. El peso promedio de las mazorcas es de 288.54 g, y una longitud de 14.52 cm (Figura 1). Las mazorcas presentan aproximadamente 32.43 semillas por fruto (Figura 2), y un peso fresco de 73.29 g. La característica particular de esta mazorca radica en la pigmentación de las semillas, siendo estas de color crema y de forma irregular, con un peso por semilla de 1.95 g (Figura 3). Las hojas jóvenes muestran una pigmentación rosada hasta la madures. En etapa adulta, las hojas muestran una intensidad verde, con una longitud promedio de 33.64 cm y en su parte más amplia cuenta con 11.24 cm. La forma de la hoja es elíptica, la base de la hoja es redonda y el peciolo apiculado.

T-509 (Inifap 8 x PA 169). El fruto es de color amarillo y de forma Criolla. El ápice es caudado, con la constricción basal intermedia. El mesocarpo es duro y de rugosidad fuerte. Las mazorcas pesan 213.85 g y tiene una longitud de 15.98 cm (Figura 1). El número de semillas es de 32.63 semillas por mazorca (Figura 2), y el peso fresco de las semillas es de 93.55 g (Figura 3). Las hojas alcanzan una longitud de 29.40 cm con 11.24 cm en su parte más amplia. El peciolo es apiculado y la base de la hoja es aguda. En estado joven, las hojas tiernas presentan tonalidades amarillas.

En los resultados obtenidos en este estudio, de 627 híbridos se ha encontrado hasta el momento el 1.11% de resistencia a moniliasis, superando los resultados reportados por Debouck *et al.*, (2008), donde obtuvieron sólo una resistencia de 0.3% de 600 accesiones realizadas en el programa de mejoramiento genético del CATIE. Los híbridos que se ha encontrado resistencia a moniliasis y mancha negra son hasta el momento: T-67 (Inifap 1 x UF 273), T-544 (PA 169 x UF 273), T-518 (Inifap 8 x UF 273), T-439 (PA 169 x Inifap 8), T-524 (PA 169 x UF 273), T-509 (Inifap 8 x PA 169) y el híbrido Tabscoob 275 (INIFAP 1 x PA 169) reportado recientemente (Azpeitia *et al.* 2015). Estos híbridos seleccionados, después de tres años de evaluación en campo no han presentado moniliasis ni mancha negra. Cabe destacar que sus progenitores UF-273 y PA-179 han mostrado resistencia del 95% y 100 a moniliasis en campo por lo la progenie generada a partir de estos genotipos obtienen un carácter aditivo como ha sido reportado previamente (Phillips-Mora *et al.*, 2012). Cabe indicar que se encuentran en proceso estudios para búsqueda de genes de resistencia a moniliasis a partir de marcadores moleculares.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados, se ha obtenido 1.11% de resistencia a moniliasis de un grupo de 627 árboles en evaluación. Los híbridos T-67, T-439 y T-504 presentaron los mejores porcentajes a las variables longitud de mazorca, número de semillas y peso fresco de la semilla. Adicionalmente a estas características, esta selección de híbridos presentó resistencia a moniliasis y mancha negra con cero frutos enfermos. La forma predominante en las mazorcas fue el tipo criollo, salvo por el híbrido T-67 que presentó mazorcas de tipo angoleta durante la mayor parte del estudio. Cada híbrido evaluado mostró una coloración del fruto maduro particular, siendo el color más común el amarillo en los híbridos T-518, T-524 y T-509. El híbrido T-67 se caracterizó al tener una tonalidad Roja, mientras que el híbrido T-439 al llegar a la madurez fue de color naranja. Actualmente este grupo de híbridos se encuentran en fase de multiplicación para su evaluación en campo con productores.

AGRADECIMIENTOS: Al inifap por el financiamiento parcial a través del proyecto SIGI No. 1364433118.

LITERATURA CITADA

- Azpeitia, M. A.; Barrón, G. Y. P. Mirafuentes, H. A. P. A.; Castillo, G. R. y López Andrade F. 2011. Tecnología adaptada para la formación de híbridos interclonales de cacao en Tabasco. *In: XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. Villahermosa, Tabasco. 266-270.
- Azpeitia MA, Villordo PE, Mirafuentes HF, y Ramos M.G. 2015. Caracterización morfológica del híbrido de cacao H-275 para resistencia a moniliasis y alto rendimiento. XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015. IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical, Villahermosa, Tabasco, 8 p.
- Azpeitia, M. A.; López, A. P. A.; Mirafuentes, H. F. 2008. Comportamiento de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a "moniliasis" en el estado de Tabasco, México. *In: Memoria de la 3ª. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal*. Mérida, Yucatán 2008. 182 p.
- Azpeitia, M. A.; Mirafuentes, H. F.; López, A. P. A. y Castillo, G. R. 2009. Evaluación de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) resistentes a "moniliasis" en el estado de Tabasco, México. *In: Memoria del PCCMCA*. Campeche, México. 128 p.
- Barrón, García Y. P., Alfonso Azpeitia Morales, Procopio Alejandro López Andrade, Felipe Mirafuentes-Hernández. 2014. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 765-777.
- Barrón, G. Y. P.; Azpeitia, M. A.; Mirafuentes, H. F.; Castillo, G. R. y López, A. P. A. 2011. Producción de híbridos interclonales de cacao para resistencia a "moniliasis". *In: XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. Villahermosa, Tabasco. 263- 266.

- Debouck, D.; Ebert, A.; Peralta, B. E. M. A. y Ramírez, M. 2008. La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. *Recursos Naturales y Ambiente*. 53:46-53.
- Jaimes, Y. y Aranzazu, F. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*) Colombia: CORPOICA. 90 p.
- López-Báez, O. 1995. Características del fruto del germoplasma de cacao, *Theobroma cacao* L., seleccionado en Rosario Izapa, Chiapas. *Agricultura Técnica en México*. 21 (2): 127-137.
- Phillips-Mora, W., Arciniegas- Leal, A., Mata-Quirós, A., & Motamayor-Arias, J. C. 2012. *Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales*. Costa Rica: CATIE. 70 p.
- Phillips-Mora, W., 2009. Overcoming the main limiting factors of cacao production in Central America through the use of improved clones developed at CATIE. COPAL meeting. Bali, Indonesia. 1-6 p.
- Phillips-Mora, W., Aimes, M., & Wilkinson, M. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant Pathology*, 56, 911-922.
- Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C. F., López, A. P., Hernández, J., & Aime, M. C. 2006. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. *Plant Pathology*, 55, 584.
- Phillips - Mora W. 2003. Nuevas Expectativas en la Lucha contra la Moniliasis del Cacao: Origen, dispersión y diversidad genética del hongo *Moniliophthora roreri* e incorporación de fuentes de resistencia a través de mejoramiento genético. CATIE, Costa Rica. 3 p.
- Ramírez-Guillermo, Miguel Ángel, López-Andrade P. A. 2012. Reacción de dos clones "CONADECA" de cacao (*Theobroma cacao* L.) inoculados artificialmente con *Moniliophthora roreri* causal de la moniliasis del cacao. I Simposium internacional en producción agroalimentaria y XXIV reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria tabasco 2012, 18 y 19 de octubre Cárdenas, Tabasco.
- SIAP-SAGARPA. 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola. (En línea). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>. Revisado el 05 de julio de 2016.
- Suárez, C. C. 1982. El problema de la moniliasis y su combate en el Ecuador. In: Enríquez, G. A. Ed. La moniliasis de cacao. CATIE, Serie Técnica. pp. 70-78.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE UNA SELECCIÓN DE *Stevia rebaudiana* CRIOLLA (INIFAP-C01) ESTABLECIDA EN MUNA YUCATÁN.

DRY MATTER YIELD OF SELECTED CREOLE *Stevia rebaudiana* (INIFAP-C01) ESTABLISHED IN MUNA YUCATAN.

¹Moguel Ordóñez YB, ²Ramírez Jaramillo G, ¹Tepal Chalé JA, ³Betancur Ancona DA

¹Campo Experimental Mocochoá. CIRSE-INIFAP. Km 25 antigua carretera Mérida-Motul. CP 97454. Mocochoá Yucatán, México.

²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

³Facultad de Ingeniería Química. UADY.

Autor para correspondencia: moguel.yolanda@inifap.gob.mx

RESUMEN

La *S. rebaudiana* es originaria de Paraguay pero actualmente su cultivo está difundido en un gran número de países. En México se cultivan materiales criollos y mejorados los cuales han expresado diferentes comportamientos bajo las condiciones ambientales de México. Debido a esto, el INIFAP en sus líneas de investigación con estevia, ha seleccionado materiales con potencial de rendimiento de hojas y adaptación a las condiciones ambientales. Como estrategia para conocer los materiales seleccionados, se realizó este trabajo que tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de materia seca del material Criollo seleccionado INIFAP-C01 sometido a diferentes cortes durante un año de producción para determinar su potencial bajo las condiciones de Yucatán. La parcela experimental se estableció en Muna Yucatán y se iniciaron los cortes a los tres meses de edad de la plantación en el mes de agosto/2015. Se muestrearon 10 plantas cada mes realizando un total de 10 cortes durante un año. Se encontraron variaciones en el rendimiento de materia seca, encontrando en el 8° corte del mes de marzo el máximo rendimiento (34.8 g/planta/mes) y el nivel más bajo en el 7° corte en febrero (6.4 g/planta/mes). El total estimado de rendimiento de hojas seca bajo dicho manejo de cortes, fue de 10.66 ton/hectárea/año, lo cual, hace del material criollo INIFAP-C01 un material con gran potencial para Yucatán.

Palabras clave: *S. rebaudiana*, materia seca, material criollo

INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo de la *Stevia rebaudiana* es de gran interés a nivel mundial debido a que sus hojas poseen glucósidos naturales con poder edulcorante que no aportan calorías y su consumo conlleva beneficios a la salud, ya que no son metabolizados por el organismo. El sabor dulce de la estevia se debe principalmente a los compuestos químicos denominados de forma genérica como esteviósidos, los cuales se ha encontrado que son entre 250 y 300 veces más dulces que la sacarosa, con la ventaja de que no aportan calorías (Zudaire, 2009).

Se han reportado diversos glucósidos en las hojas, siendo los más abundantes el esteviósido, rebaudiósido A, dulcósido y rebaudiósido C. El esteviósido es 250–300 más dulce que el azúcar aunque con un sabor ligeramente amargo, mientras que el Rebaudiósido A tiene mayor capacidad edulcorante (350-450 veces más que el azúcar) y sin resabio amargo (Goyal et al., 2009)).

La *S. rebaudiana* Bertoni es originaria de Paraguay donde los indios guaraníes la han consumido desde tiempos ancestrales como edulcorante y planta medicinal. En 2008 la *S. rebaudiana* se introduce en México siendo la variedad Morita II y algunos materiales Criollos proveniente de Paraguay los primeros materiales en cultivarse. La variedad Morita II es un material que ha sido mejorada genéticamente y contiene un elevado porcentaje de rebaudiósido A y bajo contenido de esteviósido, lo cual es más adecuado para la industria de extracción de edulcorantes. Al contrario, los materiales criollos presentan mayor contenido de esteviósidos y menor de rebaudiósido A; sin embargo, el esteviósido se les ha asociado con mayores propiedades terapéuticas y benéficas para la salud lo cual lo hace importante en este punto.

La *S. rebaudiana* se ha adaptado a las condiciones ambientales de México reportándose rendimientos de 3.54 ton/ha a 4.23 ton/ha en un corte en suelos Leptosoles y Luvisoles de Yucatán para la variedad

Morita II (Ramírez *et al.*, 2013); y rendimientos promedio de 5.9 ton/ha de la variedad Morita II y 4.0 ton/ha de la Criolla en suelos Luvisoles y clima del estado de Tabasco (López *et al.*, 2013); no obstante, los rendimientos han sido calculados con datos del primer corte haciendo falta información del desarrollo de la plantación a los largo de su vida productiva.

El INIFAP ha desarrollado trabajos con el cultivo de *S. rebaudiana* en México, evaluando su potencial productivo, la adaptación a las condiciones ambientales, presencia de plagas y enfermedades, rendimiento de hojas y contenido de glucósidos entre otros. Además de dichos estudios, actualmente una líneas de investigación del INIFAP es el mejoramiento genético a través de la selección de materiales. En este sentido, se ha seleccionado un material criollo que presenta características sobresalientes en cuanto a desarrollo de la planta y resistencia a plagas y enfermedades, no obstante, aún es necesario evaluar otros parámetros. Debido a esto se planteó este trabajo que tiene como objetivo evaluar el rendimiento de materia seca del material Criollo seleccionado INIFAP-C01 sometido a diferentes cortes durante un año de producción para determinar el potencial de dicho material bajo las condiciones de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio de muestreo. El trabajo se realizó en el Sitio Experimental Uxmal del CIRSE-INIFAP el cual se localiza en el municipio de Muna, al Sur del Estado de Yucatán. Presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 26° C y una precipitación pluvial media anual de 800 a 1000 milímetros, presentándose la mayor parte del temporal de junio a noviembre y un periodo seco de diciembre a mayo con la presencia de algunos nortes. El cultivo de la estevia (*Stevia rebaudiana*, Bertoni) se estableció en suelo Luvisol conocidos regionalmente como Kámkab o suelos rojos, los cuales son factibles de mecanizar.

Parcela experimental. Se trabajó con una variedad criolla seleccionada por INIFAP (INIFAP-C01) con alto potencial para la región. La parcela experimental se estableció en mayo de 2015 y estuvo formada por 4 camas de 1000 plantas cada una. Las camas estuvieron formadas por 4 hileras de plantas a una distancia de 40 cm entre plantas bajo un arreglo Triangular o Tres bolillo. Bajo este arreglo se tienen 58 mil plantas por hectárea.

El manejo fue con la tecnología recomendada por INIFAP para el cultivo de estevia bajo condiciones de riego en el estado de Yucatán (Ramírez, 2011).

Muestreo. A los tres meses de establecida la plantación se seleccionaron al azar 10 plantas las cuales se cosecharon cada mes durante 10 meses (agosto 2015 hasta mayo 2016). El material muestreado se secó en una estufa de aire forzado a 50°C para evaluar el rendimiento de materia seca del total cosechado. Se separaron las hojas de los tallos y se evaluó el rendimiento de cada componente ya que el rendimiento de hoja es una variable que es de interés a los productores para decidir el material a sembrar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La plantación se cosechó desde los tres meses de establecida hasta los 12 meses de edad dando un total de 10 meses de cortes. Al onceavo mes se observó una disminución del vigor de las plantas logrando muestrear únicamente ocho plantas, y al doceavo mes solamente tres plantas.

En los 10 cortes realizados se observaron variaciones en el rendimiento y materia seca de las hojas. En el mes de marzo se obtuvo el mayor y en mayo el menor rendimiento de hojas seca, lo cual se debió a que únicamente se muestrearon tres plantas; sin embargo, este bajo rendimiento contrasta con el elevado porcentaje de materia seca que se obtuvo en las plantas muestreadas en dicho mes (Cuadro 1). La materia seca varió de 12.8 hasta 24.5% en el mes de diciembre y mayo respectivamente.

Bajo un sistema de corte como el sometido a la parcela experimental, se obtendría rendimientos que se estimaron sería de 0.37 ton/ha en febrero a 2.02 ton/ha en marzo (Figura 1). Calculando el rendimiento anual con los datos obtenidos, se estarían obteniendo 10.66 ton/hectárea/año, lo cual es superior a los reportados por otros autores como Ramírez *et al.*, (2013) y López *et al.*, (2013) con rendimiento de 4.23 ton/ha para Morita II sembrada en Yucatán y 4.0 ton/ha para criolla sembrada en Tabasco respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de hojas de plantas de *S. rebaudiana* criolla INIFAP-C01

mes	Edad (meses)	No. Plantas	No. Corte	Rendimiento hoja húmeda (kg)	Rendimiento hoja seca (kg)	% MS
Agosto	3	10	1°	0.964	187.0	19.4
Septiembre	4	10	2°	1.014	226.1	22.3
Octubre	5	10	3°	1.245	206.6	16.6
Noviembre	6	10	4°	1.136	217.7	19.2
Diciembre	7	10	5°	0.943	120.5	12.8
Enero	8	10	6°	1.034	199.0	19.2
Febrero	9	10	7°	0.386	64.2	16.6
Marzo	10	10	8°	1.769	347.8	19.7
Abril	11	8	9°	0.834	119.5	14.3
Mayo	12	3	10°	0.147	36.0	24.5

Debido a que se observaron diferencias en el grosor y cantidad de tallos en los diferentes meses de muestreo, se separaron los tallos de las hojas secas para calcular el porcentaje de cada componente. A pesar que el mes de marzo en el 8° corte se obtuvo el mayor rendimiento en materia seca, la relación hoja:tallo no fué la más alta, ya que se obtuvo el 75.3% de hojas y 24.7% de tallos (Figura 2). Es importante mencionar que en el mes de febrero donde se obtuvo el menor rendimiento de materia seca, se obtuvo el mayor porcentaje de hoja y menor de tallo, lo cual se debió a que el corte se realizó al rebrote muy incipiente que se observó en dicho mes. En la Figura 2 se puede observar que existieron diferentes comportamientos en cuanto a la relación hoja:tallo resaltando el 5° corte en el mes de diciembre con la menor relación hoja:tallo (1:1.56) y en el mes de febrero la mayor relación hoja:tallo (10.54:1).

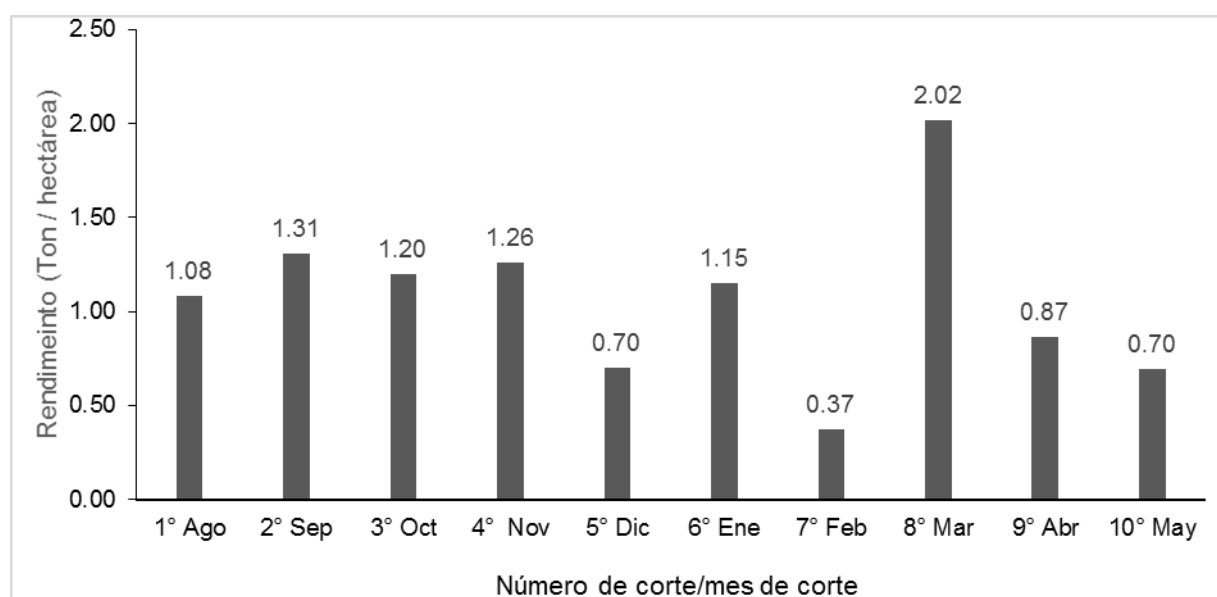


Figura 1. Rendimiento de hojas por corte calculadas por hectáreas de *S. rebaudiana* criolla INIFAP-C01

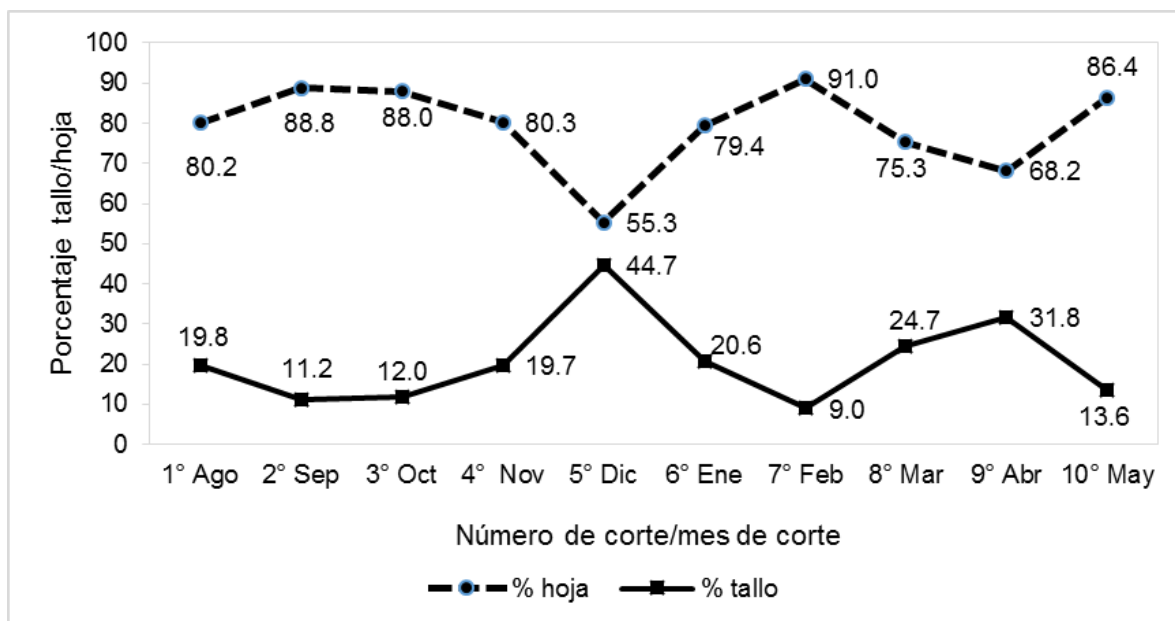


Figura 2. Porcentaje de tallo/hoja en *S. rebaudiana* criolla INIFAP-C01

CONCLUSIONES

El material criollo de *S. rebaudiana* seleccionado por INIFAP (INIFAP-C01) presentó un elevado rendimiento de hoja y una elevada resistencia a ser sometido a un manejo intensivo de cortes hasta el año de edad momento en el cual perdió la capacidad de rebrote. Sin embargo, se puede considerar que las plantas presentaron una adecuada cobertura después de cada corte durante 11 meses. Debido a estos resultados, se considera que el material criollo INIFAP-C01 tiene un gran potencial para su cultivo en Yucatán.

LITERATURA CITADA

- Goyal, S.K., Samsher and Goyal, R.K. 2009. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: A review. International Journal of Food Science and Nutrition. 61(1):1-10.
- López, L.R., Ramírez, J.G., Nava P.R., Ramírez S.J. y Moguel O.Y. 2013. Producción de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en suelos luvisoles de Tabasco, México. Memorias del VII Simposio Internacional de Stevia. Mérida, Yucatán, México.
- Ramírez, J.G., Moguel, O.Y. y May L.C. 2013. Evaluación de la tecnología de estevia *Stevia rebaudiana* (Bertoni), en Yucatán, México bajo condiciones de riego. Memorias del VII Simposio Internacional de Stevia. Mérida, Yucatán, México.
- Ramírez, J.G. 2011. Paquete tecnológico de Estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Folleto técnico. Serie INIFAP. 15 p.
- Zuidare, M. 2009. La estevia, edulcorante con propiedades terapéuticas. 2009. http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/curiosidades/2009/12/01/189479.php. (Consultado 5 enero 2011).

GERMINACIÓN DE SEMILLA ARTIFICIAL CP-54 DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA SIEMBRA MECANIZADA DE PRECISIÓN

GERMINATION OF ARTIFICIAL SEED CP-54 DE SUGAR-CANE FOR THE MECHANIZED SOWING OF PRECISION

¹Arias de la Cruz HL, ²Salgado García S, ¹Córdova Sánchez S, ²García de la Cruz R, ³Ortiz Laurel H.

¹División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Popular de la Chontalpa. ²Áreas de Ciencia Ambiental y Vegetal. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCANA. ³Área de Mecanización Agrícola. Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Autor para correspondencia: salgados@colpos.mx

RESUMEN

La siembra de precisión en caña de azúcar no se ha logrado a pesar de las sembradoras mecanizadas de caña de alta tecnología, por ello, el objetivo del trabajo fue evaluar la germinación de la semilla artificial CP-54 recubierta con diferentes polímeros en condiciones de semicampo. Se utilizó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 3x4x4; es decir, tres cultivares: MEX 69-290, MEX 68-P-23 y CP 72-2086; cuatro polímeros: almidón, grenetina, poliacrilato de sodio y alginato de sodio, y cuatro posiciones de la yema: 3, 6, 9 y 12 siguiendo las manecillas del reloj; la combinación de estos factores generó 48 tratamientos que se realizaron con 10 repeticiones. La yema se encapsuló con los polímeros y se secó a temperatura ambiente durante 72 horas. La siembra se realizó en arena de río. Se realizaron conteos de germinación a partir del día 10 hasta los 45 días posteriores a la siembra, pasado este tiempo, se extrajeron las plantas de caña de azúcar, para evaluar el estado de la yema y medir la longitud de la raíz y altura de los tallos. La germinación de la semilla artificial CP-54 de caña de azúcar, fue de 100 y 84% con los encapsulados de almidón y alginato de sodio, en las posiciones de yema 12, 3 y 9, y sin importar el cultivar. La mayor longitud de raíz se obtuvo con el encapsulado de almidón y alginato de sodio. La mayor altura de planta, se obtuvo en MEX 69-290 y MEX 68-P-23 encapsulados con almidón y alginato de sodio. El estado físico de las yemas fue mejor en la semilla artificial elaborada con almidón y alginato de sodio en los tres cultivares e independientemente de la posición de la yema. El encapsulado con almidón se mantiene conservando la forma de semilla artificial.

Palabras clave: *caña de azúcar, yema, encapsulado, semilla artificial, germinación.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de caña de azúcar requiere para su establecimiento, manejo y cosecha de maquinaria agrícola, diseñada específicamente para cada propósito. La siembra de caña es una labor que requiere de mucha mano de obra y unas 12 a 18 t/ ha de semilla, en forma de tallos vigorosos y completos (Viveros et al., 1995; Salgado et al., 2013). En los últimos años se ha generado un interés creciente por realizar la siembra de caña de forma mecanizada, usando trozos de caña de azúcar. A pesar de tener más de una década de experiencia y el desarrollo de sembradoras de precisión, no se ha logrado reducir la cantidad de semilla requerida y los daños que presentan las yemas por un manejo inadecuado de las cosechadoras, que afectan la germinación (Ripoli y Ripoli, 2010). Como opción a este último inconveniente, se prefiere utilizar una mayor cantidad de semilla para prever suficientes yemas sanas y asegurar una siembra lo más uniforme posible.

En la Agencia Paulista de Tecnología y Agronegocios -APTA- Polo centro sur, han realizado la siembra mecanizada a partir de plántulas de caña de azúcar obtenidas en los programas de mejoramiento genético; para ello, se ha utilizado una sembradora de papa modificada (Salgado, 2008). Recientemente, este sistema fue evaluado en el instituto nacional de ingeniería agrícola de Combaitore, con resultados que indican una reducción en los costos de siembra de 40% comparado con el tradicional (Naik et al., 2013). Sin embargo aún es un sistema laborioso y lento, que requiere de mucha preparación de los materiales (plántulas). Asimismo, se obtiene una mayor rapidez en la operación de la siembra y se logra una cierta uniformidad en la profundidad de colocación de las plántulas, lo que puede permitir un desarrollo similar del cultivo.

Estos intentos, no terminan de resolver la necesidad de la siembra mecanizada de precisión, que además reduzca la mano de obra, el volumen y peso de la semilla requerida y que sea más rápida. Una posibilidad para hacer realidad esto es la utilización de yemas de caña encapsuladas (semilla artificial), para asegurar la viabilidad de la yema durante su manejo y que el encapsulado aporte humedad y protección adecuada para su germinación (Salgado et al., 2015). Por ello el objetivo de trabajo fue, evaluar la germinación a los 45 días, el crecimiento y desarrollo de la semilla artificial CP-54 recubierta con diferentes polímeros. Asumiendo que, al menos uno de los polímeros para elaborar la semilla artificial CP-54, permite la germinación, crecimiento de raíz y desarrollo de las plantas de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el área de camellones del Recinto del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco en condiciones de semicampo. Los tallos de caña de azúcar fueron de los cultivares MEX 69-290, Méx 68-P-23 y CP 72-2086, de ocho meses de edad, se colectaron en el poblado C-34 del municipio de Huimanguillo, Tabasco, ubicado en las coordenadas 17°57'56.7102" -93°27'9.8598". Con el uso de un machete se cortaron tallos de caña de azúcar de los cultivares ya mencionadas.

Obtención de las yemas. Utilizando una segueta se cortaron las yemas de 30 a 35 mm de longitud (25 mm de la cicatriz hacia abajo y de 10 mm en la parte superior), para que la banda de raíces y la yema, no se dañaran. Las yemas se desinfectaron en una solución de Malathion 50 EC 0.1 % (2 mL/L de agua) y Carbendazim 0.1 % (1 mL/L de agua) durante 10 minutos y se dejaron secar por 10 minutos (Salgado et al., 2015).

Diseño experimental y tratamientos. Para generar los tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3x4x4 (tres cultivares: Méx 69-290, Méx 68-P-23 y CP 72-2086; cuatro polímeros: almidón, grenetina, poliacrilato de sodio y alginato de sodio; y cuatro posiciones de la yema en el sustrato: 12, 3, 6 y 9 siguiendo las manecillas del reloj). Lo que generó 48 tratamientos con 10 repeticiones cada una.

El encapsulado de las yemas de caña de azúcar, se realizó a partir de cuatro polímeros:

Almidón. En una parrilla eléctrica (modelo Cimarec, Thermo scientific, USA) se colocó un vaso de precipitado (KIMAX®, USA) con 750 mL de agua y se calentó. Se disolvieron 100 g de fécula de maíz (Maizena®) en 250 mL de agua en un vaso de precipitado. A esta mezcla se le agregó 750 mL del agua caliente, agitando para evitar la formación de grumos. Se pesaron 400 g de paja molida con una balanza granataria (modelo TJ611, OHAUS®, México). Se colocó la paja molida en una bandeja de plástico y se le adicionó 1 L de almidón para formar una pasta. Se amarraron las yemas con un hilo para indicar su posición. Con la pasta se cubrieron las yemas hasta formar una cápsula y se colocaron en una bandeja de plástico donde se dejaron secar durante 72 horas a la sombra.

Grenetina. Se mezclaron 250 g de grenetina (Duche®) en 1 L de agua en un vaso de precipitado, aplicando calor utilizando una parrilla eléctrica para eliminar los grumos y homogeneizarla. Cuando la mezcla se homogeneizó, se retiró del calor para reducir su temperatura a 32°C. Se amarraron las yemas con un hilo para indicar su posición. En una bandeja de plástico se vertió la mezcla de grenetina y se le agregaron 100 g de paja molida para formar una pasta, con la cual se cubrieron las yemas y se colocaron en una bolsa para cubrirlas adicionalmente con paja molida. Se colocaron los encapsulados en una bandeja de plástico y se dejaron secar durante 72 horas a la sombra.

Poliacrilato de sodio. Se mezclaron 400 mL de resistol blanco (Bully®) con 100 mL de agua en un vaso de precipitado y se vertió en un recipiente de plástico. Se amarraron las yemas con un hilo para indicar su posición. Las yemas se cubrieron con la mezcla de resistol blanco y agua y se colocaron en una bandeja de plástico para cubrirlas con poliacrilato de sodio (SIGMA-ALDRICH®) y se colocaron sobre una bandeja de plástico, para dejarlas secar durante 72 horas a la sombra.

Alginato de sodio y cloruro de calcio. Se amarraron las yemas con un hilo para indicar su posición. Se mezclaron 112 g de cloruro de calcio (J.T. Baker®) con 1 L de agua en un vaso de precipitado. Se mezclaron 20 g de alginato de sodio (MEYER®) con 1 L de agua en un vaso de precipitado, agitando

constantemente para evitar la formación de grumos y se agregó 300 g de paja molida para formar una pasta, con la cual se cubrieron las yemas hasta formar una cápsula, que se sumergieron en la solución de cloruro de calcio por cinco minutos y se dejaron secar durante 72 horas a la sombra.

Establecimiento del experimento.

Como sustrato se utilizó arena de río la cual se lavó cinco veces con agua corriente para eliminar impurezas. Se utilizaron diez cubetas (20 L) de arena. Para el procedimiento de siembra, se utilizó una estructura de blocks (cama), que se dividió en 10 partes de 120 x 80 cm, la cual se llenó con el sustrato hasta una cuarta parte. Se marcaron 4 filas, y se colocaron 12 encapsulados por fila, para completar una repetición de los tratamientos. Se cubrieron los encapsulados con el sustrato (5 cm) y se aplicó un riego ligero. Se realizaron visitas diarias, para establecer la necesidad del riego, utilizando aproximadamente cuatro litros de agua corriente en cada maceta.

Variables de estudio.

Germinación a los 10, 15, 20, 30 y 45 días después de la siembra; Altura de tallo y longitud de raíz a los 46 días después de la siembra; Estado físico de la yema, utilizando la siguiente escala: 1 para plantas que habían germinado o que la yema aún estaba viva y 0 para yemas que presentaban daños o putrefacción; Estado físico del encapsulado utilizando la siguiente escala: 1 si el encapsulado se conserva en la superficie de la semilla y 0 si el encapsulado se desintegró totalmente; Análisis estadístico. En todas las variables se realizó un análisis de varianza con un diseño factorial 3*4*4 y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, usando el paquete SAS versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación de la semilla artificial a los 20 días de la siembra. El análisis de varianza indica efectos significativos para polímeros y la interacción P*Po. El coeficiente de variación resultó de 83.9%, se considera elevado, y se atribuye al empleo de los polímeros. De acuerdo con la prueba de Tukey la germinación fue igual estadísticamente en los tres cultivares con un promedio de germinación del 50% (Cuadro I), lo cual es considerado como media, en comparación de los 35.8% de germinación reportada por Martin *et al.* (2010). El alginato de sodio y almidón, presentaron mayor porcentaje de germinación con una media de 75 y 64% respectivamente. La posición de la yema no influye en la germinación, ya que todas las posiciones presentaron un promedio del 50% de germinación.

Germinación de la semilla artificial a los 45 días de la siembra. El análisis de varianza indica efectos significativos para los polímeros. El coeficiente de variación resultó de 48.9 %, considerado elevado, lo que se atribuye al efecto del poliacrilato que retrasó la germinación. De acuerdo con la prueba de Tukey la germinación fue igual estadísticamente en los tres cultivares, con un promedio de germinación del 75 %, lo cual es considerado aceptable según Martin *et al.* (2010), quienes reportaron un 49.3% de germinación a los 45 días de siembra. La semilla artificial elaborada con alginato de sodio presentó una germinación del 100 %. Con respecto a la posición de la yema, se observa que no influye en la germinación, ya que las cuatro posiciones presentaron 75 % de germinación (Cuadro 1).

Longitud de raíz a los 46 días. El análisis de varianza indica efectos significativos para polímeros y las interacciones C*P y P*Po. El coeficiente de variación fue de 72.06 %, considerado elevado, lo que se atribuye a los polímeros y el cultivar. La significancia de la interacción C*P y P*Po, indican mayor longitud de raíz en la semilla artificial elaborada con almidón y alginato de sodio en los tres cultivares (Cuadro II).

Altura de planta a los 46 días. El análisis de varianza indica efectos significativos para cultivar, polímeros y su interacción. El coeficiente de variación resultó de 80.6 %, considerado elevado, lo cual se atribuye a que el poliacrilato retrasó la germinación. La significancia de la interacción C*P, indica que la altura de planta fue mayor en la semilla artificial elaborada con almidón y alginato de sodio en los tres cultivares (Cuadro 2).

Cuadro 1. Germinación de la semilla artificial CP-54 de caña de azúcar a los 20 y 45 días después de la siembra.

Cultivar (C)	Polímero (P)	Posición (Po)	Germinación (% , 20 días)	Germinación (% , 45 días)
MEX 69-290	Almidón	12	0.9	1.0
		3	0.6	0.70
		6	0.5	0.80
		9	0.5	0.70
	Poliacrilato de sodio	12	0	0.50
		3	0	0.20
		6	0.2	0.40
		9	0.1	0.50
	Grenetina	12	0.9	1.0
		3	0.7	1.0
		6	0.7	1.0
		9	0.5	0.8
	Alginato de sodio	12	0.8	1.0
		3	1	1.0
		6	0.4	1.0
		9	1	1.0
MEX 68-P-23	Almidón	12	0.6	0.80
		3	0.7	0.90
		6	0.6	0.80
		9	0.6	0.80
	Poliacrilato de sodio	12	0	0.20
		3	0.1	0.40
		6	0.2	0.50
		9	0.2	0.50
	Grenetina	12	0.8	0.90
		3	0.4	0.60
		6	0.4	0.70
		9	0.3	0.60
	Alginato de sodio	12	0.8	1.0
		3	0.6	1.0
		6	0.7	1.0
		9	0.9	1.0
CP 72-2086	Almidón	12	0.8	0.80
		3	0.7	0.80
		6	0.6	0.80
		9	0.6	0.90
	Poliacrilato de sodio	12	0	0.30
		3	0.1	0.40
		6	0.2	0.50
		9	0.1	0.40
	Grenetina	12	0.6	0.70
		3	0.4	1.0
		6	0.4	0.50
		9	0.3	0.90
	Alginato de sodio	12	0.9	1.0
		3	0.7	1.0
		6	0.5	1.0
		9	0.8	1.0

Continuación Cuadro 1.

MEDIA CULTIVAR	MEX 69-290	0.55 a [†]	0.78 a
	MEX 68-P-23	0.49 a	0.75 a
	CP 72-2086	0.48 a	0.73 a
MEDIA POLIMERO	Almidón	0.64 ab	0.81 b
	Poliacrilato de sodio	0.10 c	0.40 c
	Grenetina	0.53 b	0.80 b
	Alginato de sodio	0.75 a	1.0 a
MEDIA POSICION	12	0.59 a	0.76 a
	3	0.50 a	0.75 a
	6	0.45 a	0.75 a
	9	0.49 a	0.75 a
	CV (%):	83.9	48.9
	DSM C	0.11	0.09
	DSM P	0.14	0.12
	DSM Po	0.14	0.12
	Prob. F.		
	C	0.30 NS	0.38 NS
	P	0.01**	0.01**
	Po	0.07 NS	0.98 NS
	CxP	0.21 NS	0.25 NS
	CxPo	0.94 NS	0.35 NS
	PxPo	0.0014 **	0.58 NS
	CxPxPo	0.87 NS	0.42 NS

* Efecto significativo. ** Efecto altamente significativo. NS: no significativo. † Medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$).

Estado físico de la semilla artificial a los 46 días. Los resultados del análisis de varianza, muestran diferencias altamente significativas para el efecto de polímero, cultivar, y las interacciones C*P y C*P*Po. El coeficiente de variación fue elevado (51.9 %), pero se explica por el pobre desempeño del poliacrilato como encapsulante. La prueba de Tukey indica que las yemas de los cultivares MEX 69-290 y Méx 68-P-23, se conservaron significativamente mejor que las yemas del cultivar CP 72-2086. La significancia de la interacción C*P*Po, indica que el estado físico de las yemas fue mejor en la semilla artificial elaborada con almidón y alginato de sodio en los tres cultivares (Cuadro II), independientemente de la posición de la yema.

Estado físico del encapsulado de la semilla artificial a los 46 días. Los resultados del análisis de varianza para el encapsulado de la semilla artificial indican diferencias significativas para polímero y no significativas para el cultivar y sus interacciones (Cuadro II). El coeficiente de variación fue muy elevado 105.4 %, debido a que al ir creciendo las plantas, las raíces van desprendiendo el encapsulado de las semillas o al pobre desempeño de algunos polímeros que resultaron frágiles. El efecto significativo de polímero indica que el encapsulado con almidón se mantiene conservando la forma de la semilla artificial, sin interrumpir la germinación y el desarrollo de la planta. Contrariamente a lo observado para el resto de los polímeros, donde el encapsulado ha desaparecido de la semilla.

CONCLUSIONES

Los polímeros utilizados para elaborar la semilla artificial CP-54 de caña de azúcar, permiten la germinación, crecimiento de raíz y desarrollo de las plantas de caña de azúcar; así como también, conserva en buen estado físico y mantener el encapsulado. La mayor germinación se obtuvo con el almidón y alginato de sodio con un 81 y 100% respectivamente, sin importar el cultivar y la posición de la yema.

Cuadro 2. Medición de la longitud de raíz, altura de planta, estado físico de la yema y del encapsulado de la semilla artificial CP-54 a los 46 días después de la siembra

Cultivar (C)	Polímero (P)	Posición de yema (Po)	Longitud de raíz (cm)	Altura de planta (cm)	Estado físico de la yema en la semilla artificial	Estado físico del encapsulado en la semilla artificial
MEX 69-290	Almidón	12	18.3	83.1	1.0	0.9
		3	13.6	51.5	0.7	0.7
		6	11.5	41.3	0.7	0.4
		9	10.8	62.4	0.8	0.6
	Poliacrilato de sodio	12	1.3	2.9	0.7	0.5
		3	1.8	7.6	0.6	0.5
		6	4.5	26.3	0.9	0.4
		9	2.9	3.3	0.8	0.6
	Grenetina	12	19	91	0.9	0.3
		3	15.6	86.7	0.8	0.2
		6	16.5	70.4	0.9	0.6
		9	16.9	73	0.7	0.3
	Alginato de sodio	12	13.2	56.9	0.9	0.4
		3	14.4	64.1	1.0	0.4
		6	12.6	58.9	0.9	0.4
		9	15.4	65.5	0.9	0.4
MEX 68-P-23	Almidón	12	15.1	59.9	0.8	0.8
		3	14.1	64.2	1.0	0.8
		6	10	43.8	0.8	0.7
		9	17.3	61.7	1.0	0.5
	Poliacrilato de sodio	12	1.8	1.5	0.7	0.4
		3	5	30.3	0.7	0.4
		6	5.4	25.7	0.6	0.6
		9	7.4	34.2	0.6	0.3
	Grenetina	12	12.1	56.9	0.9	0.4
		3	10.7	37.1	0.7	0.2
		6	13	36.1	0.7	0.1
		9	5.4	23.7	0.4	0.1
	Alginato de sodio	12	13.7	65	0.9	0.3
		3	13.9	54.4	0.8	0.3
		6	18.3	68.8	0.9	0.5
		9	11.7	44.4	0.7	0.5
CP 72-2086	Almidón	12	14.8	65.8	0.7	0.5
		3	11.4	62.5	0.7	0.8
		6	9.8	59.1	0.9	0.6
		9	13.9	58.1	0.9	0.5
	Poliacrilato de sodio	12	2.8	12	0.5	0.5
		3	6.6	23.7	0.6	0.4
		6	4.9	21	0.7	0.4
		9	3	10.2	0.3	0.2
	Grenetina	12	11.1	35.3	0.6	0.3
		3	11.5	46.5	0.6	0.3
		6	5	23.1	0.7	0.6
		9	6.6	33	0.4	0.3
	Alginato de sodio	12	9.4	48.2	0.9	0.3
		3	15.3	57.4	0.9	0.3
		6	13.6	62.8	1.0	0.3
		9	16.7	60.2	1.0	0.3

Continuación Cuadro II.

Medias	Factores	Longitud de raíz (cm)	Altura de planta (cm)	Estado físico de la yema en la semilla artificial	Estado físico del encapsulado en la semilla artificial
Cultivar (C)	MEX 69-290	11.76 a [†]	52.80 a	0.82 a	0.47 a
	MEX 68-P-23	10.93 a	44.23 ab	0.76 ab	0.43 a
	CP 72-2086	9.77 a	42.43 b	0.71 b	0.41 a
Polímero (P)	Almidón	13.38 a	59.45 a	0.83 a	0.65 a
	Poliacrilato de sodio	3.95 b	16.55 b	0.64 b	0.43 b
	Grenetina	11.95 a	51.06 a	0.69 b	0.30 b
	Alginato de sodio	14.01 a	58.88 a	0.9 a	0.36 b
Posición (Po)	12	11.05 a	48.20 a	0.79 a	0.46 a
	3	11.15 a	48.83 a	0.75 a	0.44 a
	6	10.42 a	44.77 a	0.80 a	0.46 a
	9	10.66 a	44.14 a	0.70 a	0.38 a
CV (%):		72.06	80.66	51.90	105.44
DSM C		2.05	9.86	0.10	0.12
DSM P		2.59	12.48	0.13	0.15
DSM Po		2.59	12.48	0.13	0.15
Prob. F. para:					
C		0.07NS	0.03*	0.04NS	0.46NS
P		0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Po		0.87NS	0.69NS	0.22NS	0.46NS
CxP		0.0007**	0.01**	0.06NS	0.48NS
CxPo		0.68NS	0.96NS	0.53NS	0.86NS
PxPo		0.04*	0.12NS	0.33NS	0.48NS
CxPxPo		0.50NS	0.83NS	0.01**	0.63NS

* Efecto significativo. ** Efecto altamente significativo. NS: no significativo. [†] Medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$).

Literatura citada

- Martin, A.F., Orellano, B.L.A., y Velazco, A. 2010. Comportamiento de la germinación de variedades comerciales de caña de azúcar en extensión, CENICAÑA, B 7274 y RAGNAR en la provincia de Morona Santiago, Cantón Morona, Parroquia Río Blanco, Comunidad San Miguel de Arapicos, Ecuador a 1000 M.S.N.M. Ecuador. 14p. <http://es.slideshare.net/INGPAKOWPN/comportamiento-de-la-germinacin-de-variedades-comerciales-de-cao-de-azcar-en-extensin-cenicaa-b-7274-y-ragnar-en-la-provincia-de-morona-santiago-cantn-morona-parroquia-rio-blanco-comunidad-san-miguel-de-arapicos-ecuador-a-1000-msnm> (consultado en marzo de 2015).
- Naik, R., Annamalai, S.J.K., Nair, N.V., Prasad, N.R. 2013. Studies on mechanization of planting of sugarcane bud chip seedlings raised in protraits. *Sugar Tech.* 15(1): 27–35.
- Rípoli, M.C.L., y Rípoli, C.C.T. 2010. Evaluation of five sugarcane planters. *Eng. Agríc. Jaboticabal*, 30(6): 1110-1022.
- Salgado, G.S., Ortiz, L.H., Castelán, E.M., Córdova, S.S., Álvarez, S.G.F., Arias, C.H.L. 2015. Semilla artificial de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco Solicitud MX/E/2015/049475.
- Salgado, G.S., Lagunes, E.L.C., Núñez, E.R., Ortiz, G.C.F., Bucio, A.L., y Aranda, I.E.M. 2013. *Caña de azúcar: Producción sustentable*. Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México, D.F.
- Salgado, G.S. 2008. Informe de estancia sobre el manejo sustentable de caña de azúcar APTA polo Centro Sur-CENA USP, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. 50 p.
- Viveros, C.A., y Calderón, H. 1995. Siembra. En *Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali. Cenicaña. 131-139

CONTROL QUÍMICO DEL ÁCARO ROJO DE LAS PALMAS, *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) EN COCOTERO HÍBRIDO

CHEMICAL CONTROL OF THE RED PALM MITE, *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE) IN HYBRID COCONUT

¹Azalia Correa-Méndez, ¹Rodolfo Osorio-Osorio, ¹Luis Ulises Hernández-Hernández

División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco ubicada en el Km 25 de la carretera Villahermosa-Teapa, Ranchería la Huasteca 2ª sección, municipio de Centro, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: correa_9391@hotmail.com

RESUMEN

El ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst es una plaga cuarentenaria de reciente invasión en México; su principal hospedante es el cocotero, pero también se han encontrado en otros cultivos de importancia económica como plátanos y bananos. A la fecha, se ha detectado en varios municipios de Tabasco, por lo que demanda acciones concretas para mitigar el riesgo del daño de esta plaga. El objetivo del trabajo fue evaluar la efectividad biológica de 19 acaricidas en plantas de cocotero híbrido para el control de *R. indica* en condiciones de campo. Los acaricidas que mostraron una alta efectividad biológica para el control de *R. indica* fueron bifentrina, propargite, fenazaquin, amitraz, acequinocyl, clorfenapir y fenpyroximate. Los acaricidas con efectividad intermedia, que solo lograron disminuir o mantener las poblaciones de ácaros en cantidades inferiores al tratamiento testigo (agua) fueron: clorhidrato de formetanato, bifenzanate, azufre elemental, spiromesifen, milbemectina, dicofol, abamectina, azadiracthina, flufenoxuron, clofentezine, hexitiazox y spiroticlofen.

Palabras clave: *acaricidas, Cocos nucifera, control químico*

INTRODUCCIÓN

El ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst fue reportada por primera vez en el continente americano en el año 2004 en la isla Martinica, y a pesar de las medidas cuarentenarias establecidas, se dispersó rápidamente en las demás islas del Caribe y en América Latina (Kane *et al.*, 2012). En México se detectó por primera vez en Isla Mujeres y Cancún Quintana Roo en el 2009 (NAPPO, 2009). Este ácaro ataca a cultivos de importancia económica como cocotero, plátano, banano, palma de aceite, palmas ornamentales, jengibre y heliconias (Carrillo *et al.*, 2012). Actualmente se encuentra presente en algunos municipios de los estados de Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán, sujeta a control oficial (SENASICA, 2015). En Tabasco se han detectado infestaciones de esta plaga en palmas de coco en los municipios de Cárdenas, Centla, Centro, Comalcalco, Cunduacan, Huimanguillo, Jalpa de Méndez, Nacajuca y Paraíso (SENASICA, 2015). Es considerada como una plaga cuarentenaria para nuestro país y amenaza la producción de 142,037 ha de palma de coco, 74,252 ha de palma de aceite, 75,009 ha de plátano y palmas ornamentales (SIAP, 2014), las cuales generan un ingreso económico para miles de trabajadores por las actividades que se realizan en la cadena productiva y de comercialización, como venta de frutos, plantas aceites, arreglos florales, fabricación de artesanías, además del atractivo turístico (SENASICA, 2013). Dado lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad biológica de 19 acaricidas de diferentes grupos toxicológicos para el control de *R. indica* en condiciones de campo. Esta información es elemental ante situaciones de emergencia para el control químico de esta plaga, así como para establecer las bases de una estrategia de uso racional de acaricidas.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental. El experimento se realizó en la Ranchería Chipilinar 2ª sección, municipio de Jalapa, Tabasco, localizado entre las coordenadas geográficas de 17°47.614' Norte y 92°47.764' Oeste. Se utilizaron 80 plantas de cocotero híbrido (Alto del Pacífico x Enano Malayo) de 18

meses de edad, las cuales se obtuvieron del vivero “Hacienda Campo Real” del municipio de Comalcalco, Tabasco.

Procedimiento de infestación. Las plantas de cocotero híbrido se infestaron con especímenes de *R. indica*, colectados en plantas del mismo cultivar que se encontraron cerca del sitio experimental. Se colectaron folíolos infestados con ácaros, éstos se depositaron en bolsas de polietileno y se trasladaron al área del experimento para su uso en el mismo día de la colecta. Se cortaron porciones de folíolo de aproximadamente de 15 cm de largo, con alta densidad de colonias de ácaros. Los porciones de folíolo se pusieron en contacto directo (sujetado con clips) con la epidermis abaxial de los folíolos de plantas de cocotero híbrido. En total se colocaron 10 porciones de folíolos infestados por fronda (hoja), a través de aplicaciones sucesivas, del 8 de Marzo al 3 de Mayo de 2016, hasta obtener una alta infestación de *R. indica*.

Tratamientos y diseño experimental. Como tratamientos se evaluaron 19 productos acaricidas: Bifentrina (0.4 ml L⁻¹ de Talstar® 100 CE, FMC Agroquímica de México), abamectina (Abamectina 1 ml L⁻¹ de 1.8% CE, Koor Intercomercial), clofentezina (0.4 ml L⁻¹ de Acaristop® 50 SC, Bravoag), propargite (2 ml L⁻¹ de Omite® 6E, Chemtura Corporation Mexico), clorfenapir (1 ml L⁻¹ de Sunfire® 2CS+B14, Basf Mexicana), flufenoxuron (0.7 ml L⁻¹ de Cascade® 100 CD, Basf Mexicana), amitraz (1.5 ml L⁻¹ de Mitac® 20 C.E., Arysta Lifescience de México), acequinocyl (1 ml L⁻¹ de Kanemite® 15 SC, Arysta Lifescience de México), fenpyroximate (1 ml L⁻¹ de Avolant®, Arysta Lifescience), spiromesifen (1 ml L⁻¹ de Oberon®, Bayer Cropscience Ag.), spiroticlofen (1 ml L⁻¹ de Envidor®, Bayer de México, S.A. DE C.V.), azadiractina (2 ml L⁻¹ de Progranik® Nimicide 80, Ultraquimia Agrícola), azufre elemental (2.5 ml L⁻¹ de Sultron® 725, Grupo Bioquímico Mexicano), Clorhidrato de formetanato (1 g L⁻¹ de Dicarzol® 50 PS, Gowan Mexicana, S.A. P. L. de C.V.), fenazaquin (1.5 ml L⁻¹ de Magister 200® SC, Gowan Mexicana S.A. P. L. de C.V.), milbemectina (1 ml L⁻¹ de Koromite® 1% CE, Gowan Mexicana .A. P. L. de C.V.), dicofol (2 ml L⁻¹ de AK-20®, Bravoag), bifenzanate (1.5 g L⁻¹ de Acramite® 50 WS, Chemtura Corporation México S de R. L. de C.V.) y hexitiazox (0.2 g L⁻¹ de Savey® 50 PH, Gowan Mexicana S.A. P. L. de C.V.). Estos productos que pertenecen a diferentes grupos toxicológicos de acuerdo a la clasificación de Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas (IRAC por sus siglas en inglés) (IRAC, 2009), y están autorizados como plaguicidas de uso agrícola contra diferentes especies de ácaros por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SENASICA, 2016) y por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2016). Como tratamiento testigo se utilizó agua corriente (pH 6.5), misma que se empleo para disolver los productos acaricidas. La aplicación de los acaricidas se realizó con un atomizador manual, de marca (Flo.Master®), con capacidad de 2 L. Los tratamientos se aplicaron en un diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones (plantas) por tratamiento. La unidad experimental consistió de una planta de cocotero con infestación del ácaro rojo *R. indica*. Durante la aplicación de los tratamientos se utilizó una estructura de plástico para aislar a las unidades experimentales. Un día previo a la aplicación de acaricidas se etiquetó un folíolo en cada una de las cuatro frondas inducidas a infestación por planta, en las cuáles se realizó el conteo total de ácaros adultos residentes mediante una lupa de 20X. Después de la aplicación de los productos acaricidas, estos folíolos etiquetados se revisaron nuevamente para el conteo de ácaros vivos a las 48 h, 7, 14 y 21 días después de la aplicación siguiendo la misma metodología de conteo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, la efectividad biológica de los productos acaricidas evaluados en este trabajo se puede dividir en grupos. En un primer grupo, aquellos productos químicos que eliminaron el 100% de las poblaciones de *R. indica*, independientemente de tiempo requerido; y en un segundo grupo, a productos químicos de efectividad intermedia que solo lograron disminuir o mantener las poblaciones de ácaros en cantidades inferiores al tratamiento testigo (agua). En el primer grupo se encuentran los acaricidas: bifentrina, propargite, fenazaquin, amitraz, acequinocyl, clorfenapir y fenpyroximate. De este grupo de acaricidas, destacan fenpyroximate y bifentrina, productos que fueron efectivos desde dos días después de la aplicación (DDA). Asimismo, siete DDA no se observaron ácaros vivos en las palmas tratadas con acequinocyl, amitraz, fenazaquin, clorfenapir y propargite. A los 14 DDA los productos con mejor control fueron acequinocyl, amitraz, fenazaquin, propargite, clorfenapir y fenpyroximate. La efectividad biológica de los productos químicos amitraz, acequinocyl y

fenpyroximate se mantuvo por 14 DDA, mientras que la efectividad de clorfenapir, propargite, fenazaquin se prolongó hasta los 21 DDA. En bioensayos de laboratorio realizados en Brasil, los acaricidas fenpyroximate, propargite y clorfenapir obtuvieron del 50-90% (CL₅₀ y CL₉₀) de mortalidad *R. indica* y se han señalado como efectivos para el control de esta plaga y mostraron baja toxicidad para el depredador *Amblyseius largoensis* (De Assis *et al.*, 2013). Asimismo, basado en la toxicidad del producto en bioensayos de laboratorio, Sánchez (2015) mencionó que el fenazaquin es uno de los productos químicos promisorios para el control químico de *R. indica*. Los productos acaricidas con efectividad intermedia, que solo lograron disminuir o mantener las poblaciones de ácaros en cantidades inferiores al tratamiento testigo (agua) fueron: clorhidrato de formetanato, bifenzanate, azufre elemental, spiromesifen, milbemectina, dicofol, abamectina, azadiractina, flufenoxuron, clofentezine, hexitiazox y spiroticlofen. Esta intermedia toxicidad se puede deber a varios factores, en el caso de spiroticlofen y spiromesifen solo afectan al crecimiento y desarrollo de los ácaros (Yu, 2008). Los acaricidas clofentezine y hexitiazox actúan sólo en los huevos y etapas inmaduras (Ullah y Gotoh, 2013). Estos acaricidas causan una alta mortalidad en formas inmaduras y afectan a la fertilidad de hembras, pero no son eficaces para la mortalidad de adultos (Nauen *et al.*, 2005; Marcic *et al.*, 2011). De acuerdo con Marcic *et al.* (2011), bifenzanate es un producto que inhibe el complejo mitocondrial III, causando el rápido derribo de los ácaros inmaduros adultos. Verle y Peña (2012), evaluaron varios acaricidas en condiciones de campo en Puerto rico y Florida, donde encontraron que la abamectina, bifezanate y azufre redujeron significativamente las poblaciones de *R. indica*. Además, señalaron que el acequinocyl, dicofol y spiromesifen también fueron eficaces en la reducción de las poblaciones de *R. indica* en planta de cocotero. Como se ha presentado anteriormente, siete de los 19 productos acaricidas evaluados mostraron una alta efectividad biológica en el control de *R. indica*: bifentrina, propargite, fenazaquin, amitraz, acequinocyl, clorfenapir y fenpyroximate. Todos estos productos pertenecen a diferentes grupos toxicológicos, por lo tanto se podrían rotar de manera programada, considerando de manera inicial aquellos químicos que tengan antecedentes de menor impacto ambiental (incluyendo efecto sobre enemigos naturales), aunado posiblemente al bajo costo comercial del producto acaricida.

CONCLUSIÓN

Los productos acaricidas que mostraron una alta efectividad biológica en el control de *R. indica* fueron bifentrina, propargite, fenazaquin, amitraz, acequinocyl, clorfenapir y fenpyroximate. Los acaricidas con efectividad intermedia, que solo lograron disminuir o mantener las poblaciones de ácaros en cantidades inferiores al tratamiento testigo (agua) fueron: Clorhidrato de formetanato, bifenzanate, azufre elemental, spiromesifen, milbemectina, dicofol, abamectina, azadiractina, flufenoxuron, clofentezine, hexitiazox y spiroticlofen.

LITERATURA CITADA

- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hoisen, A. Roda, R.E. Duncan y J.E. Peña. 2012. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental and Applied Acarology* 57: 271-289.
- De Assis, C.P.O., E.G.F. de Moraes and M.G.C. Gondim. 2013. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 60: 357-365.
- Kane E.C., Ochoa R., Mathurin G., Erbe E.F. & Beard J.J. 2012. *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Experimental of Applied Acarology* 57, 215-225.
- Marcic, D., Peric, P., Petronijevic, S., Prijovic, M., Drobnjakovic, T. 2011. Cyclic ketoenols: acaricides and insecticides with a novel mode of action. *Pestic Phytomed.* 26:185–195.
- Nauen, R., Schnorbach, H.J., Elbert A. 2005. The biological profile of spiromesifen (Oberon): a new tetroneic acid insecticide/acaricide. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*. 58:417–440
- Sánchez V. E.P. 2015. Efectividad biológica de acaricidas para el control de ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). (Tesis inédita de maestría). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco
- Ullah, M.S. and GotohT. 2013. Laboratory-based toxicity of some acaricides to *Tetranychus Macfarlanei* and *Tetranychustruncatus* (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*. 39(3):244-251.
- Verle, R.J.C. and Peña J.E.. 2012. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Experimental and Applied Acarology* 57:317–329.
- Yu, S.J. 2008. The toxicology and biochemistry of insecticides. Taylor & Francis Group, LLC 276 p

Referencias informáticas

- COFEPRIS. 2016. Registro sanitario de plaguicidas y nutrientes vegetales. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). <http://189.254.115.250/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>; Consultado en línea el 2 de Junio de 2016.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2009. IRAC susceptibility test method 004. <http://www.irac-online.org/methods/panonychus-ulmi-tetranychus-species-adults/>. Accessed: august 2015.
- NAPPO. 2009. Detección del ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica*) en Isla Mujeres y Cancún, Quintana Roo, México. Sistema de Alerta Fitosanitaria-NAPPO (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). Consultado en línea el 2 de abril de 2015; <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=406/> Accessed 2 Apr 2015
- SENASICA. 2013. Acaro rojo de la palma *Raoiella indica* Hirst. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 14. 16 p.
- SENASICA. 2015. Campaña contra ácaro rojo de la palma. Informe mensual No. 12, Diciembre de 2015. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=26758>. Consultado en línea el 21 de Junio de 2016.
- SENASICA. 2016. Plaguicidas de uso agrícola autorizados. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=26758>. Consultado en línea el 9 de junio de 2016.
- SIAP. 2015. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA. Consultado en línea el 5 de septiembre 2015; <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.

RESPUESTA A ACARICIDAS DEL ÁCARO *Tetranychus urticae* DEL COGOLLO DEL PAPAYO EN VERACRUZ.

RESPONSE TO ACARICIDES OF MITE *Tetranychus urticae* IN THE SHOOT OF PAPAYA IN VERACRUZ

¹Rodríguez Escobar JG, ¹Salas Reyes A

¹Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP), Medellín de Bravo, Veracruz, México

Autor para correspondencia: rodriguez.gustavo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Veracruz principal abastecedor de papaya al mercado nacional, enfrenta problemas fitosanitarios que reducen la producción e ingresos de los productores. Destacan los ácaros fitófagos como uno de los principales problemas que se presentan en los meses secos y con temperatura superiores a 30°C, de mayo a principios de octubre; su control representa el 9% de los costos del manejo del cultivo. Se realizó la presente investigación para evaluar la mortandad de ácaros *Tetranychus urticae* causada por diferentes acaricidas sobre plantas de papaya. en el Campo Experimental Cotaxtla, ubicado en Veracruz, de agosto a octubre de 2015. Las plantas de papaya se pregerminaron y se desarrollaron en el invernadero. En cada planta se depositaron 40 ácaros para que infestaran y se reprodujeran, al cabo de siete días. Se aplicaron nueve tratamientos, siete acaricidas y dos testigos. Se usó un diseño bloques al azar que resultó con significancia y la comparación de medias se realizó por diferencia mínima significativa (DMS), ésta última registró un grupo de tres acaricidas (spiromesifen, dicofol y abamectina) que presentaron el mejor efecto acaricida. La presente información permitirá a los productores un manejo más racional de sus agroquímicos.

Palabras clave: *Tetranychus urticae*, mortandad, acaricidas, ácaros.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papaya es una actividad rentable. Veracruz es el principal estado productor y abastecedor de fruta de papaya durante todo el año al mercado nacional. La variedad de papaya Maradol predomina en México, los problemas fitosanitarios reducen la producción e ingresos de los productores. En México se siembran 16,055.52 ha de papaya, con un volumen de producción de 836,370 ton y un rendimiento promedio de 57.55 ton ha⁻¹, con un valor promedio de \$ 3,601,659.84 miles de pesos. En Veracruz se cultivan 2,954 ha (18 %); de éstas en los municipios de Cotaxtla. Tierra Blanca y Tlalixcoyan se siembran 550, 480 y 355 ha respectivamente (SIAP, 2014). La papaya es una planta arborescente perennifolia, con tronco erguido, cilíndrico, hueco, de 2 a 8 m (hasta 10 m) de altura, con copa abierta y redondeada; presenta hojas grandes de pecíolo largo, de 0.7 a 1 m, con la lámina palmeada de 7 a 9 lóbulos (De los Santos *et al.*, 2000).

Los problemas fitosanitarios presentes en papaya en el centro de Veracruz son: 1) virus, 2) hongos, 3) ácaros, 4) caída de frutos, 5), malezas y 6) gusano cachón. De los Santos *et al.* (2000), citan para Veracruz que la araña roja y el ácaro blanco son las principales plagas del papayo: *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval y *Polyphagotarsonemus latus* Banks, sus infestaciones ocurren de marzo a julio (sequía) y a inicio del temporal. Abato (2011) diagnostica de la acarofauna del papayo en Cotaxtla y Soledad de Doblado del estado de Veracruz, los siguientes: *Eotetranychus lewisi* como la especie dominante, y a *Eutetranychus banksi*, *Tetranychus merganser*, *T. urticae* (familia: Tetranychidae) y *Calacarus citrifolii* (familia: Eryophidae). Reyes-Pérez *et al.* (2013) menciona a *Tetranychus merganser* como una de las especies que causa mayor daño económico a la papaya en Veracruz. Valencia-Domínguez *et al.* (2011), registran como muy importante por sus altas poblaciones en el cultivo de papaya para Yucatán, al ácaro fitófago: *T. merganser*. El ácaro *T. urticae*, aunque se ha registrado en papaya como de importancia secundaria en el 2011, se considera el ácaro más dañino para la agricultura mundial (CABI, 2015; Cema *et al.*, 2009). En el centro de Veracruz la presencia del ácaro se relaciona con los meses secos y temperaturas cálidas de 30°C o superiores: de mayo a septiembre y parte de octubre.

Los síntomas de daño foliar por raspado o nevado de hojas de papaya se presentaron en el municipio de Tlalixcoyan, Ver., a partir de septiembre del 2014, asociado a éste problema se identificó la

presencia de abundantes poblaciones de ácaros microscópicos; incluso el follaje apical llegó a presentar síntomas de distorsión foliar o adelgazamiento de los folíolos, semejante a los síntomas de las virosis (figura 1 a y b).

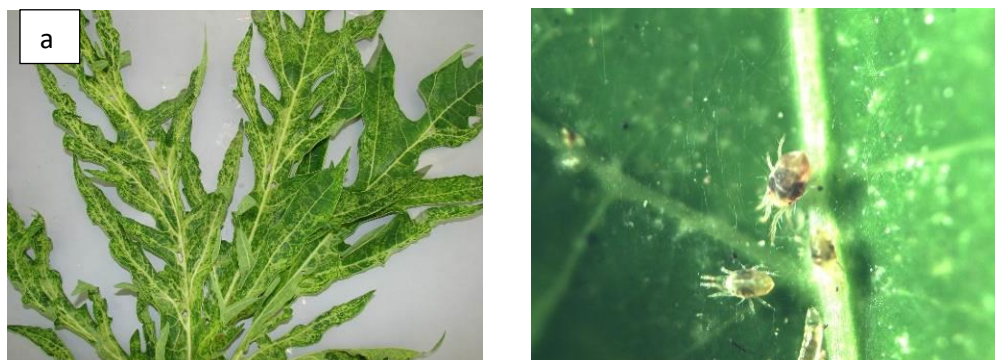


Figura 1. Síntomas causados por ácaros en hojas del follaje superior de plantas de papaya, semeja distorsión foliar con engrosamiento y clorosis de nervaduras (a). Ácaros en movimiento sobre la telaraña, en el envés, cerca de las nervaduras centrales de la hoja, vistos al microscopio compuesto 4X; se aprecia daño de raspado por puntos (b).

Cema *et al.* (2009) indican que el ácaro *T. urticae*, procedente de invernaderos en Guanajuato, ha desarrollado cierto grado de tolerancia a dos acaricidas cuyos ingredientes activos son: Naleb y Dicofol. CABI (2015) da a conocer que el uso excesivo de acaricidas crea resistencia en diferentes niveles a los acaricidas e inclusive resistencia cruzada, cita 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.

No obstante que existen productos químicos para controlar los problemas fitosanitarios en el cultivo de papaya, su uso constante con diagnósticos simples incrementa los costos de producción hasta en un 40% (\$44,700.00) y para ácaros representa un 9% de dichos costos. Con el interés de potenciar los recursos genéticos nacionales y contribuir con la producción de fruta de papaya durante todo el año para garantizar la seguridad alimentaria del país con un fruto nutritivo y de calidad se realizó la presente investigación con el siguiente

OBJETIVO

Evaluar la mortandad de ácaros fitófagos *Tetranychus urticae* causada por diferentes acaricidas sobre plantas de papaya Maradol.

MATERIALES Y METODOS.

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 bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

La investigación se desarrolló de agosto a octubre de 2015, aún con temperaturas altas, dentro del invernadero y laboratorio. Se usaron plantas de la variedad Maradol. Se produjeron plantas hospedadoras proveedoras de ácaros, dentro del invernadero; los ácaros se colectaron de plantas infestadas de papayales, propiedad de Miguel Ángel Barradas Domínguez, del municipio de Tlaxiucan, Ver.

Las plantas de papaya se desarrollaron en el invernadero, se pregerminaron en 14 días, ya germinadas se pasaron a charolas para desarrollo durante 30 días y así obtener plantas para trasplantar a vasos de uncel y a partir de 4 hojas fotosintetizadoras estar listas para ser infestadas por los ácaros 50 días después de la germinación (DDG). Las plantas de papaya se desarrollaron dentro de vasos de uncel, separadas una de otra, y estos dentro de recipientes de plástico que contenían agua jabonosa para evitar su escape.

Se aplicaron nueve tratamientos (cuadro 1), siete acaricidas y dos testigos, el positivo solo con las plantas infestadas por los ácaros sin agroproducto y el negativo solo con las plantas sin ácaros. Cada tratamiento con 7 repeticiones, o sea siete plantas de papaya, cada una con cuatro hojas. En cada

planta se depositaron 40 ácaros para que infestaran y se reprodujeran, al cabo de siete días la población fluctuó de 100 a 140 ácaros por planta. La variable dependiente fue la mortandad de ácaros y la independiente fueron los acaricidas. Las dosis de los tratamientos se usaron en base a las recomendaciones comerciales por hectárea de cada uno de los acaricidas (cuadro 1). La aplicación de los tratamientos consistió en aplicarlos en las plantas con un aspersor manual de 600 ml, rociando 7.5 ml por planta sobre el envés de la hoja donde se aloja el ácaro, el tratamiento solo se aplicó una sola vez en todas las repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos usados para evaluar la mortandad de *T. urticae* causada por los acaricidas. 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 evaluó la mortandad de ácaros (adultos y ninfas) presentes sobre las hojas muertas y vivos, al microscopio estereoscópico a 3.5x. Se evaluó durante tres días, solo se presentaron los datos del tercer día de mortandad de ácaros. Para el análisis de los datos se usó un diseño estadístico completamente al azar, se usó el analizador estadístico de Olivares (1994).

RESULTADOS

El ácaro que daña al follaje apical del papayo se identificó como: *Tetranychus urticae* (figura 2).

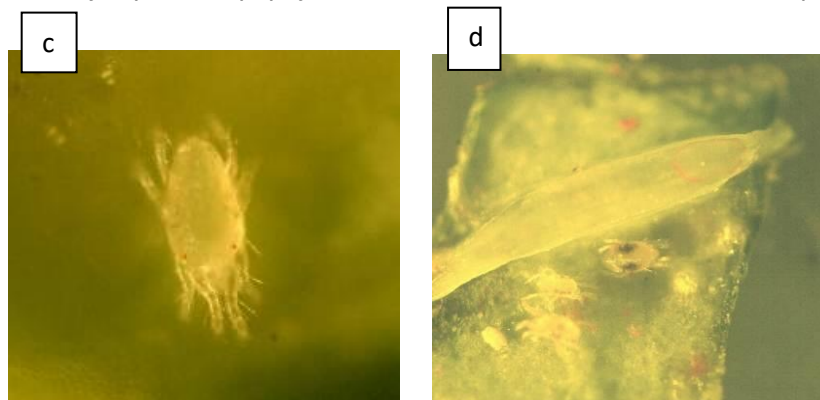


Figura 2. Ácaros adultos de *T. urticae* en el envés sobre telaraña cerca de las nervaduras centrales de la hoja, vistos al microscopio compuesto 4X (c). Ácaros en movimiento después de aplicación de acaricida (puntos rosados), obsérvese que la telaraña lo protegió 4X (d).

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) para determinar la respuesta de los ácaros a la aplicación de acaricidas y la comparación de medias se realizó por Diferencia Mínima Significativa (DMS). El ANVA presentó diferencias significativas (cuadro 2); lo citado determinó que al menos un tratamiento fue diferente.

De la comparación de medias se observó un grupo de tres acaricidas (spiromesifen, dicofol y abamectina) que presentaron el mejor efecto acaricida, estadísticamente este grupo es igual al efecto obtenido con un cuarto acaricida (bifenazate); estos tratamientos presentaron el mejor efecto sobre los cuatro restantes. El tratamiento que menor efecto de mortandad presentó sobre los ácaros fue el testigo (cuadro 3).

Cuadro 2. Análisis de varianza de diferentes acaricidas para el control del ácaro del cogollo: *Tetranychus urticae*, en follaje de papaya en Veracruz.

FUENTE	GD	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	7	92262.0	13180.29	8.97	0.0001**
ERROR	44	64616.8	1468.56		
TOTAL	51	156878.8			

GD = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrados medios; F = Valor de F calculada; (Pr>F = 0.05) 95% de confianza.

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias (DMS) de acaricidas usados para el control del ácaro del cogollo: *Tetranychus urticae*, en follaje de papaya en Veracruz.

Tratamiento	Media
7 Spiromesifen	129.17 a
4 Dicofol	125.43 a
6 Abamectina	121.17 a
2 Bifenazate	107.86 ab
1 Clofentezine	75.86 bc
5 Tiametoxan	51.00 cd
3 Azufre	24.86 d
8 Testigo con ácaros sin tratamientos	20.17 d

Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

DISCUSIÓN

Aunque De los Santos *et al.* (2000) mencionan como plagas importantes del papayo a los ácaros: *T. cinnabarinus* y *P. latus*, posteriormente Reyes-Pérez *et al.* (2013) y Valencia-Domínguez *et al.* (2011), no mencionan estos ácaros, ellos citan como muy importante para Veracruz y Yucatán en el cultivo de papaya al ácaro fitófago: *T. merganser*, pero en estas investigaciones y por diagnóstico a parcelas de productores se evaluó que éste ácaro *T. merganser* es eliminado en las podas sanitarios y de ventilación de follaje del estrato inferior en papaya, y por tal motivo el ácaro que daña más al cultivo es el transparente, del cogollo: *T. urticae*, citado como secundario por Abato (2011), y que paso en el 2014 a ser el más importante en Tlaxicoyan, Ver. Es posible que la aplicación de agroquímicos que requiere el cultivo tecnificado de papaya propició que ácaros como *T. cinnabarinus*, *P. latus*, *E. lewisi* y *T. merganser* hayan sido reducidos en sus poblaciones y en su lugar surgieron poblaciones del *T. urticae*, los síntomas característicos son raspados en el envés de la hoja y en las hojas del cogollo produce distorsión foliar (figuras 1 y 2).

Del grupo de tres acaricidas (spiromesifen, dicofol y abamectina) que presentó significancia: 1) El spiromesifen aunque encabeza el grupo con el mejor efecto de mortandad, presentó efecto letal contundente hasta las 72 horas, sobre adultos y ninfas; durante las primeras 48 horas no se vio su acción. 2) Los acaricidas: dicofol, abamectina y bifenazate, presentaron efecto letal a las 24, 48 y 72 horas, sobre adultos y ninfas. 3) El clofentezine, solo presentó efecto sobre ninfas a partir de las 48 horas y causó daños a adulto y ninfas a las 72 horas. 4) El efecto de los productos usados como acaricidas: azufre y tiametoxam no fue significativo; en el testigo los ácaros se mantuvieron vivos, pero al agotar el tejido vegetal por su gran número y alimentación se registraron algunos muertos.

De los cuatro acaricidas que presentaron efecto letal contra el ácaro es importante destacar que CABI (2015) y Cema *et al.* (2009) indican que el dicofol ha presentado una fuerte resistencia cruzada, por tal motivo aunque es un buen acaricida se debe de usar en rotación de plaguicidas, si acaso en una sola ocasión por año. Destaca la ausencia de resistencia por el uso de abamectina, acaricida que destaca entre los cuatro que mejor efecto letal presentaron. El escaso efecto letal del clofentezine sobre ácaros adultos y ninfas de *T. urticae* se debe a que es un agroquímico utilizado principalmente por su efecto ovicida, aunque también dañó poblaciones de ninfas y adultos a las 72 horas de su aplicación, debido a lo anterior es recomendable usarlo en asociación con otro agroquímico que si dañen otros estados del ácaro y rotarlo con otro grupo para evitar que desarrolle resistencia cruzada como lo citan

en CABI (2015). Cabe mencionar que los acaricidas deberán aplicarse con bomba de motor, de preferencia en la tarde, a partir de las 5 pm, para evitar efectos fitotóxicos al cultivo.

CONCLUSIÓN

Los acaricidas con significativo efecto sobre la mortandad del ácaro *T. urticae* fueron: spiromesifen, dicofol, abamectina y bifenazate.

LITERATURA CITADA.

- Abato Z. M. 2011. Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. 114 p.
- CABI. 2015. *Tetranychus urticae* (two spotted spider mite). Invasive Species Compendium Datasheets <http://www.cabi.org/isc/datasheet/53366>
- Cema C., E.; Landeros, J.; Ochoa F., Y. M.; Luna R., J. de J.; Vázquez M., O. y Ventura L., O. 2009. Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico. Investigación y Ciencia. UA de Aguascalientes. 44:4-10
- De los Santos, de la R., F.; Becerra, L., E., N.; Mosqueda, V., R.; Vázquez, H. A. y Vargas, G. A. B. 2000. Manual de Producción de Papaya en el estado de Veracruz. Folleto Técnico Núm. 17. INIFAP-CIRGOC-Campo Cotaxtla. Veracruz, México. 87 p.
- Olivares S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales. Versión 2.5. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. México. s/p.
- Reyes-Pérez, N.; Villanueva-Jiménez, J., A.; Vargas M., M. de la C.; Cabrera M., H. y Otero-Colina, G. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acarí: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. Agrociencia 47:147-157
- Valencia-Domínguez, H. M.; Otero-Colina, G.; Santillán G., M. T. y Hernández C., E. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México Entomotrópica 26(1):17-30

Referencia Informática

- SIAP. 2014. Papaya. Cierre de la producción agrícola por Estado. Servicio de Información Alimentaria y Pesquera. SIAP-SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx>, (Consultado 28 de junio de 2016).

CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DE OCHO GENOTIPOS CRIOLLOS DE CACAO EN TABASCO, MEXICO.

MORPHOLOGY CHARACTERIZATION OF EIGHT WILD TYPE GENOTYPES OF COCOA IN TABASCO, MEXICO.

¹Ramos Morales L. F., ²Azpeitia Morales A., ²Peña López J.L., ¹Abarca Córdova J.

¹Instituto Tecnológico de Huimanguillo, ²Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP; Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco.

Autor para correspondencia: azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cacao criollo es conocido como genuino, nombrado así por los españoles al llegar a México. El cacao domesticado desde épocas prehispánicas era de tendencia criollo. Estos genotipos son reconocidos como de gran calidad y reservado para la fabricación de los chocolates más finos, sin embargo, el árbol es frágil y de escaso rendimiento. Con base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue: Caracterizar de forma morfológica ocho genotipos criollos de cacao del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Huimanguillo, Tabasco. En la actualidad, existe muy poca información sobre la descripción de genotipos criollos en Tabasco, por lo que, en el presente trabajo, constituye uno de los primeros trabajos en presentar resultados de su caracterización morfológica de flores, frutos, semillas y hojas. Los resultados permitieron identificar a tres genotipos criollos como sobresalientes con base al número de semillas, el criollo 1 con 40 semillas, el criollo 3 con 37 semillas y el criollo 2 presentó 34 semillas. Adicionalmente, el criollo 5 presentó el 80% de almendras blancas, siendo superior al resto de los genotipos evaluados. El presente trabajo, representa un esfuerzo para la conservación y evitar su erosión genética.

PALABRAS CLAVE: *Cacao, criollos, almendra blanca.*

INTRODUCCIÓN

En México, el cacao (*Theobroma cacao* L.) se cultiva en 61,562 hectáreas, mientras que en el estado de Tabasco se cultivan 40 782 hectáreas, las 20,544 hectáreas restantes corresponden al estado de Chiapas (SIAP, 2014). En el proceso productivo intervienen cerca de 50 mil familias de los estados de Tabasco y Chiapas. El cacao en el estado de Tabasco se distribuye en seis municipios, destacando por su superficie cultivada los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán y Huimanguillo. En el estado de Chiapas destacan por su producción los municipios de Tapachula, Pichucalco y Palenque. En México desde antes del descubrimiento de América se cultivó cacao criollo, considerado de excelente calidad para la elaboración de chocolates, sin embargo, las introducciones de materiales forasteros con características de mayor producción y tolerancia a plagas y enfermedades; así como la expansión de la industria petrolera, han ocasionado que el cacao criollo desaparezca casi por completo en estado de Tabasco.

El cacao criollo es conocido como genuino, nombrado así por los españoles al llegar a México. El término de "criollo" es definido como algo propio, distintivo o autóctono de Latinoamérica. Estos genotipos son reconocidos como de gran calidad y reservado para la fabricación de los chocolates más finos, sin embargo, el árbol es frágil y de escaso rendimiento. El grano es de cáscara fina, suave y destacando sus perfiles de aroma en comparación con genotipos forasteros. Representa, no más del 10% de la producción mundial (Portillo-Páez y Portillo, 2012; Portillo *et al.*, 2005). En términos generales, los criollos puros presentan condiciones desfavorables para su cultivo, debido a que son muy delicados, con alta susceptibilidad a las plagas y enfermedades. En particular, son retardados en el inicio de la producción y de poca productividad por árbol. A pesar de las condiciones de alta calidad del grano, apetecido en los mercados más exigentes del mundo, resultan poco atractivos a la mayoría de los agricultores, dadas estas características (Angulo *et al.*, 2001).

En México, el cacao domesticado desde épocas prehispánicas era de tendencia criollo, aunque algunos documentos de la época en la que llegaron los españoles sugieren la existencia de la variedad forastero en Mesoamérica, probablemente traída 1500 años antes por un grupo sudamericano conocido como los Valdivia (Ogata, 2007). El tipo de cacao Criollo presenta semillas

grandes y carnosas, con cotiledones blancos o ligeramente pigmentados, de sabor dulce o levemente amargo (Angulo *et al.*, 2001).

Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue: Caracterizar de forma morfológica ocho genotipos criollos de cacao del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Huimanguillo, Tabasco, por lo que este estudio, representa un esfuerzo para la conservación de estos genotipos, mismos que fueron colectados hace 22 años (López, 1994) y evitar su erosión genética. En la actualidad, existe muy poca información sobre la descripción de genotipos criollos en Tabasco, por lo que este documento, constituye uno de los primeros trabajos en presentar resultados de su caracterización morfológica de flores, frutos, semillas y hojas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los cacaos criollos se encuentran cultivados en el banco de germoplasma en una extensión de $\frac{1}{2}$ en el Campo Experimental Huimanguillo. Estos genotipos tienen una edad de cinco años y se encuentran en fructificación.

VARIABLES EVALUADAS. Las variables evaluadas por variedad de cacao criollo fueron: flor, hoja, fruto y semilla, estas se caracterizaron de acuerdo al protocolo descrito por Phillips-Mora *et al.* (2012).

Flor. Se recolectaron flores de ocho variedades criollas de cacao (*Theobroma cacao* L.), criollo 1 (C1), criollo 2 (C2), criollo 3 (C3), criollo 4 (C4), criollo 5 (C5), criollo 6 (C6), criollo 7 (C7) y criollo 8 (C8). Estas se recolectaron por la mañana (8:00 A.M.), se cortaron 30 flores de diez árboles por variedad, posteriormente se trasladaban al laboratorio dónde se caracterizaron morfológicamente. Esto consistió en separar sus partes, a las cuales se les tomaron los siguientes datos: longitud y ancho del pedicelo, longitud y ancho del sépalo, longitud y ancho de la lígula, longitud y ancho de antera, longitud y ancho del estaminoides, longitud y ancho del estilo, longitud, ancho y cantidad de óvulos (sedimentos rudimentales) del ovario.

Hoja. Los datos fueron tomados de la siguiente manera: color de los brotes terminales (renuevos), intensidad del color del limbo, forma del ápice, forma de la base del limbo, ancho de la hoja, longitud de la hoja, longitud del peciolo, longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja. Para la toma de datos de hojas, se colectaron una muestra de seis a siete días (renuevo) y tres hojas de la parte intermedia (hoja madura) de diez árboles por cada genotipo. Consecutivamente fueron llevadas al laboratorio donde se midió lo siguiente: color de los brotes terminales (renuevos), intensidad del color del limbo, forma del ápice, forma de la base del limbo, ancho de la hoja, longitud de la hoja, longitud del peciolo, longitud desde la base hasta el punto más amplio de la hoja

Fruto. Fueron recolectados diez frutos provenientes de cada genotipo en campo y trasladados al laboratorio donde se caracterizaron de la siguiente manera: color del fruto maduro, forma del fruto, forma del ápice, forma de la constricción basal, rugosidad de la cascara, dureza de la cascara, peso, longitud, peso fresco y número de semillas.

Semilla. Se cosecharon frutos maduros y se evaluaron las siguientes características: color del cotiledón, forma, longitud, diámetro, espesor, peso con testa, peso sin testa y corte transversal. Posteriormente a los frutos evaluados se les extrajeron las semillas y se determinaron los siguientes parámetros: color del cotiledón, forma, longitud, diámetro, espesor, peso con testa, peso sin testa y corte transversal.

Análisis estadísticos. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con diez repeticiones de (ocho genotipos criollos de *Theobroma cacao* L.). Para conocer la diferencia estadística de las ocho variedades de criollo para las diferentes variables, se empleó la prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.5\%$), con el paquete estadístico FAUNAL.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se muestran las características morfológicas de los ocho genotipos criollos de cacao *Theobroma cacao* L. En esta evaluación el color de fruto que más predominó fue el verde, lo que respecta a la forma del fruto, fue dominante la forma criolla, con una excepción en el C-2 con una forma angoleta.

Por otro lado, el ápice atenuado y caudado fueron los más encontrados, la base del fruto más recurrente fue intermedio, de la misma forma se evaluó la rugosidad del fruto donde la mayoría presentaron una rugosidad intermedia y fuerte con la excepción del C-6 que presentó una rugosidad suave, la mayoría de los frutos se denominaron de forma dura.

El peso fresco de la mazorca más alto se registró en el C2 con 549.49 gr, seguido por el C1 con 403.749 gr, la mazorca más larga se encontró en el C2 con una longitud de 26.1 cm, seguida por el C5 con 20.22 cm, en la toma del peso fresco de la semilla el C1 (97.72 gr) y C2 (111.60 gr) son estadísticamente iguales, en la cantidad de semillas sobresalen los C1 con 40 y C3 con 37, ambos, estadísticamente iguales.

Cuadro 1. Características morfológicas de los frutos de los ocho criollos de cacao. (n= 10, Tukey 0.05).

Genotipo	Color	Forma	Ápice	Base	Rugosidad	Dureza	Peso Fresco de la mazorca (gr)	Longitud (cm)	Peso Fresco de las semillas (gr)	Número de Semillas
C1	Amarillo	Criollo	Mamilado	Intermedio	Intermedio	Duro	403.749 b	17.11 c	97.72 a	40 a
C2	Rojiso	Angoleta	Atenuado	Suave	Fuerte	Duro	549.49 a	26.1 a	111.60 a	34 b
C3	Verde	Criollo	Punta	Fuerte	Intermedio	Duro	338.187 c	17.7 c	77.118 b	37 a
C4	Verde	Criollo	Caudado	Intermedio	Fuerte	Blando y duro	284.757 d	15.42 d	73.197 b	35 b
C5	Verde	Criollo	Atenuado	Intermedio	Fuerte	Duro	372.313 c	20.22 b	59.37 c	29 d
C6	Verde	Criollo	Caudado	Intermedio	Suave	Duro	305.88 d	15.96 d	53.782 c	31c
C7	Amarillo	Criollo	Caudado	Suave	Intermedio	Duro	251.216 d	15.9 d	46.6225 e	31 c
C8	Naranja	Criollo	Atenuado	Suave	Intermedio	Intermedio	199.573 e	14.44 d	51.059 d	30 c

En la Figura 1 se muestran los ocho genotipos criollos donde se aprecian las diferencias morfológicas de cada uno de ellos: longitud ancho, forma del ápice, constricción basal, rugosidad de la cascara y las diferentes tonalidades en el color de los frutos.

En el Cuadro 2 se muestran las características morfológicas que presentaron las hojas y renuevos de 6 a 7 días, obtenidas de los ocho genotipos criollos de cacao *Theobroma cacao* L. en los colores de los brotes terminales (renuevos) los más predominantes fueron el verde claro, seguido por el verde medio.

El color del limbo hubo homogeneidad con un color oscuro presente en todos los genotipos, la forma del ápice se presentó una de manera aguda y apiculada, en la forma de la base del limbo la mayor cantidad fue aguda, seguido por obtusa. En el valor más ancho de la hoja lo obtuvo el C1 con 12.2 cm y el C8 con 12.1 cm, son significativamente iguales, nuevamente en longitud el C1 con 33.7, el C8 con 33.0 y el C7 con 33.6 son significativamente iguales. En la longitud del peciolo se encontraron tres igualdades entre el C1 con 2.7 cm, C2 con 2.7 cm y C6 con 2.6 cm y en la longitud desde la base hasta el punto más amplio de las hojas se encontraron significancia entre cuatro variedades el C1 con 18.1 cm, C3 con 17.2 cm, C7 con 17.1 cm y el C8 con 17.5 cm.

En la Figura 3 se muestran las hojas de los ocho genotipos de *Theobroma cacao* L. en las cuales se aprecian las diferentes tonalidades de color de los brotes terminales en los cuales la tonalidad que más sobresalió fue el verde claro y el verde medio, con la excepción del criollo 2 que presentó un rojo claro, en la intensidad de la base del limbo sobresalió la coloración oscura excepto en el criollo 8 que presentó un verde medio como se observa, también se aprecian las diferentes formas de ápice y de igual manera en la base del limbo, lo que lleva a diferencias en longitud y ancho de la hoja en los diferentes genotipos criollos de cacao.

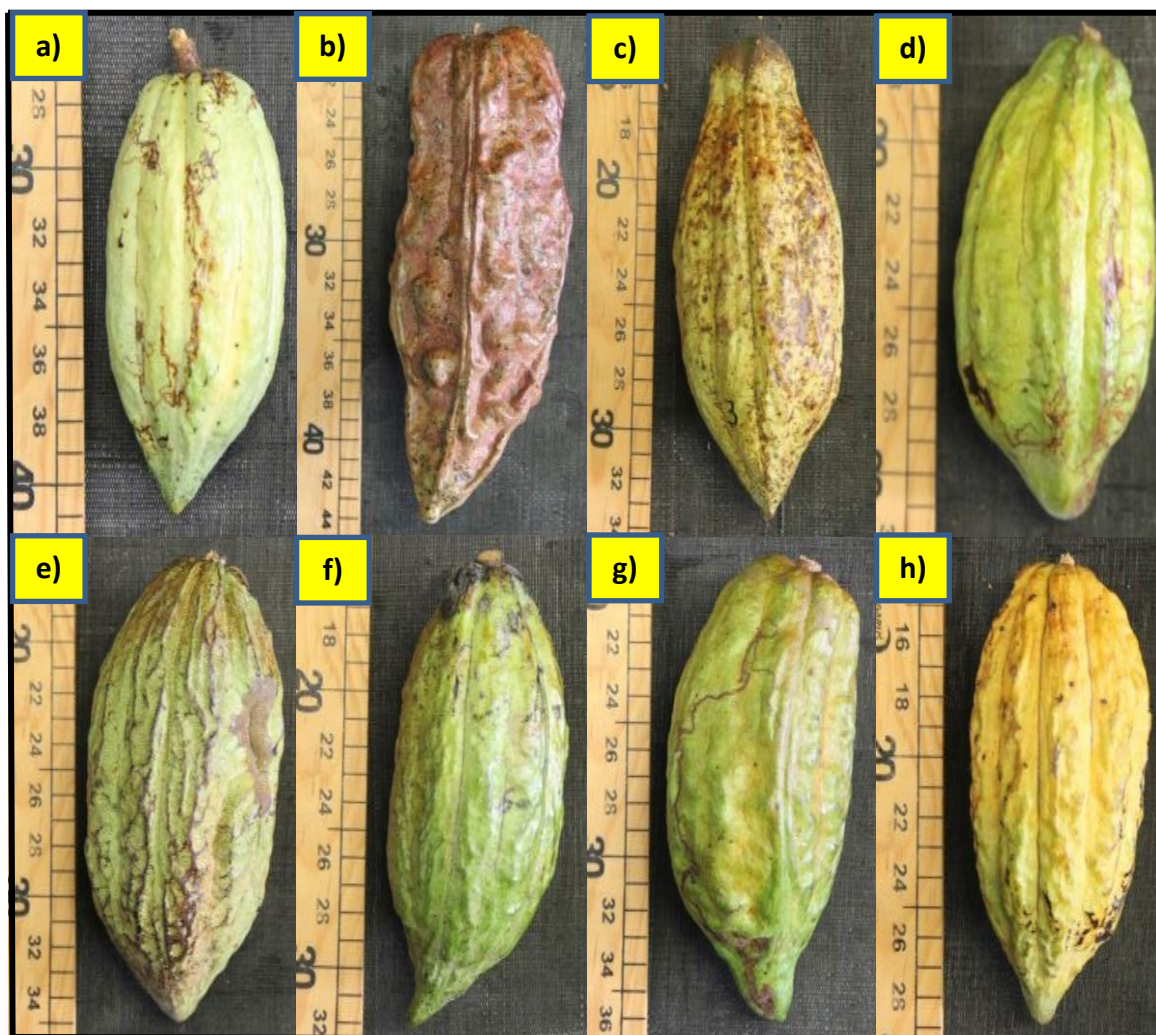


Figura 1. Frutos de *Theobroma cacao* L. a) criollo 1, b) criollo 2, c) criollo 3, d) criollo 4, e) criollo 5, f) criollo 6, g) criollo 7, h) criollo 8.

En cuanto al porcentaje de semillas blancas, fue superior estadísticamente el criollo C-5 obteniendo un 80 % contra un 30 % del C-2 (Figura 2).

En la actualidad, es conocido que existen diferencias observadas entre variedades de cacao, estas diferencias constituyen un marcador morfológico específico de una variedad. Por ejemplo, han sido reportadas diferencias morfológicas y de aroma entre la variedad Forastero y Trinitario (Lerceteau 1996). En los criollos estudiados, fueron encontradas diferencias morfológicas, principalmente en la forma del fruto, su longitud, número de semillas y sobre todo, el porcentaje de semillas blancas. Es necesario aún evaluar sus cualidades organolépticas para poder explotarlos como genotipos de calidad. Actualmente se continúan desarrollando estudios para determinar su calidad y recomendar alguno de ellos para su explotación comercial, debido a que ha sido reportado que las semillas de cacaos "finos" que provienen de Ecuador, Trinidad y Venezuela contienen más linalol que los cacaos corrientes (Ghana, Costa de Marfil y Brasil). El contenido de esta sustancia puede ser hasta ocho veces más elevado y contribuye con la calidad aromática y sería responsable de sus notas florales Álvarez *et al.* (2012).

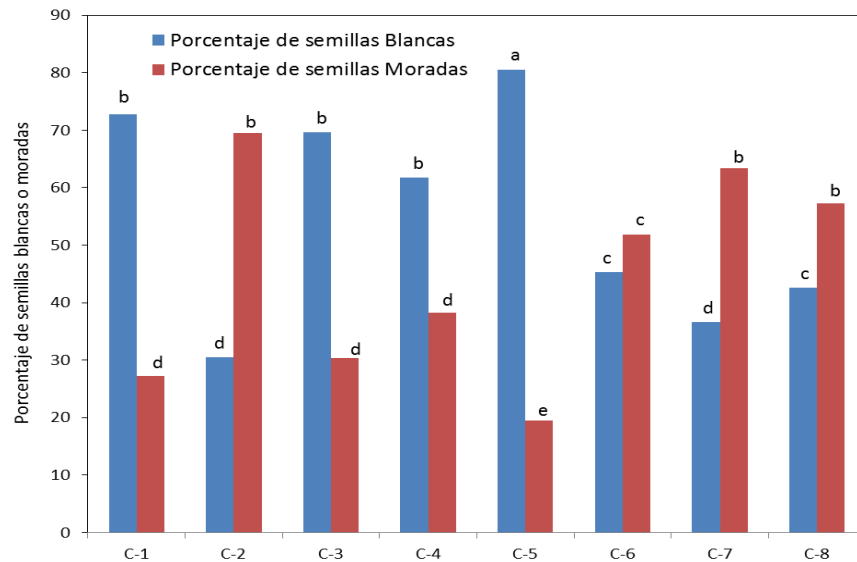


Figura 2. Porcentaje de semillas blancas o moradas en genotipos criollos (n=10). Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Características morfológicas de las hojas de los ocho genotipos criollos de cacao (n= 10, Tukey 0.05).

Criollo	Color de los brotes terminales	Intensidad del color del limbo	Forma ápice	Forma de la base del limbo	Ancho de la hoja (cm)	Longitud de la hoja (cm)	Longitud del peciolo (cm)	Longitud desde la base hasta el punto más amplia de la hoja (cm)
C1	Verde claro	Oscuro	Agudo	Obtusa	12.2 a	33.7 a	2.7 a	18.1 a
C2	Verde claro y Rojo claro	Oscuro	Agudo	Aguda	10.4 c	31.9 b	2.7 a	16.1 b
C3	Rojo claro	Oscuro	Agudo	Aguda	10.9 b	31.3 c	2.4 b	17.2 a
C4	Verde claro	Oscuro	Agudo	Aguda	10.9 b	32.2 b	2.4 b	16.7 b
C5	Verde claro y Rojo claro	Oscuro	Apiculada	Obtusa	10.6 b	30.8 c	2.3 c	15.7 c
C6	Verde claro y verde medio	Oscuro	Aguda	Aguda	10.3 c	30.0 c	2.6 a	15.0 c
C7	Verde medio	Oscuro	Apiculado	Aguda	11.1 b	33.6 a	2.3 c	17.1 a
C8	Verde medio	Oscuro	Apiculado	Obtusa	12.1 a	33.0 a	2.3 c	17.5 a

CONCLUSIONES

Por medio de esta investigación se caracterizaron morfológicamente ocho genotipos criollos de cacao *Theobroma cacao* L. Con base en los resultados, se concluye que el criollo 2 es uno de los más sobresalientes, presentó el mayor peso fresco de la mazorca con 549.49 g, la mayor longitud con 26.1 cm y mayor peso fresco en semillas con 111.60 g en cuanto al número de semillas los que presentaron la mayor cantidad fueron: el criollo 1 con 40 y el criollo 3 con 37 semillas, en esta variable el criollo 2 presento 34 semillas. Adicionalmente, el criollo 5 presentó el 80% de almendras blancas, siendo superior al resto de los genotipos evaluados.

Los criollos 1, 2, 3, y 5 potencialmente podrían ser utilizados para su explotación comercial debido a sus características sobresalientes en comparación al resto de los genotipos criollos evaluados. El presente trabajo, representa un esfuerzo para la conservación y evitar su erosión genética.

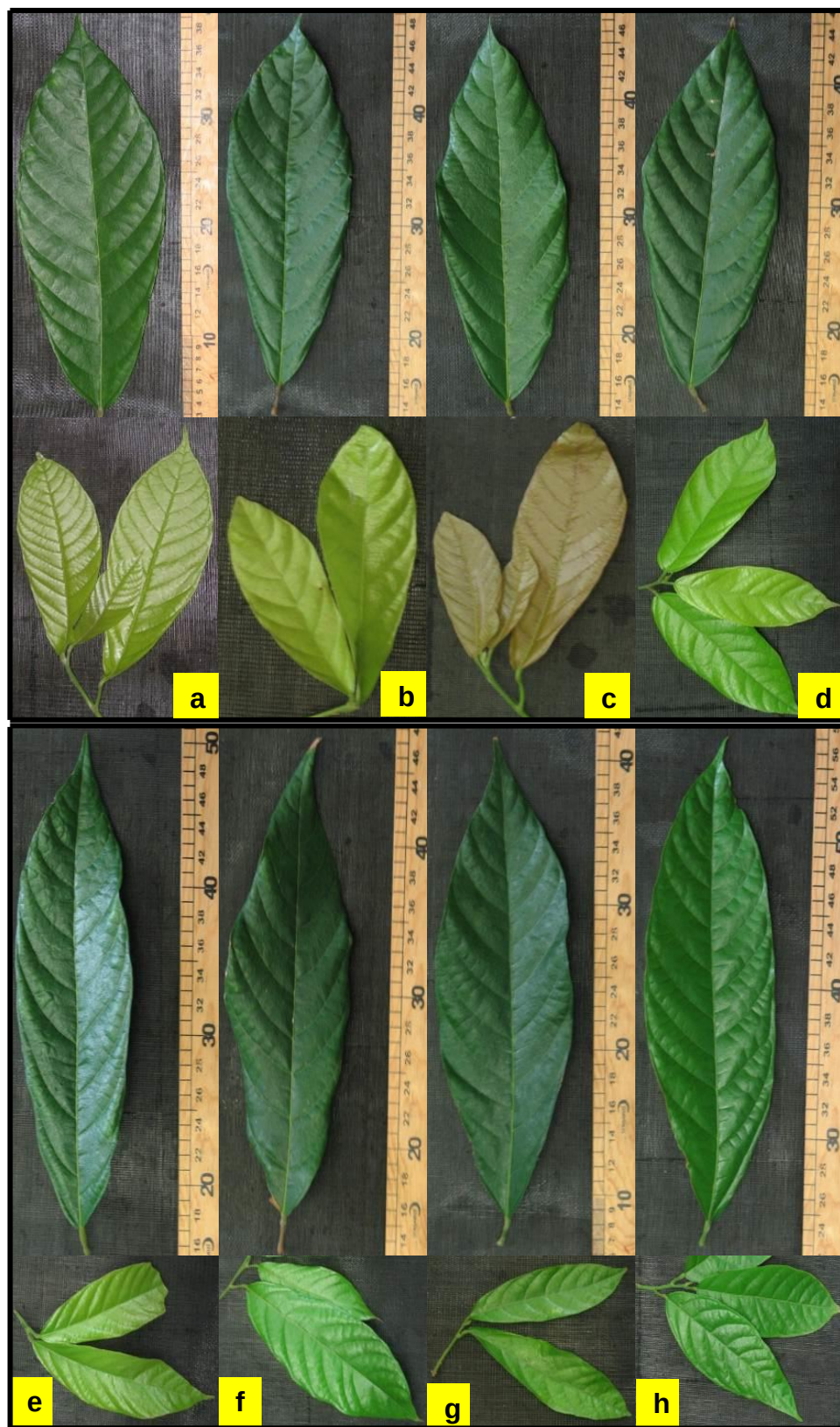


Figura 3. Hojas de *Theobroma cacao* L. a) criollo 1, b) criollo 2, c) criollo 3, d) criollo 4, e) criollo 5. f) criollo 6, g) criollo 7, h) criollo 8.

AGRADECIMIENTOS. Al CIAT, por su financiamiento parcial.

LITERATURA CITADA

- Álvarez C., Pérez E., Blanger R., Lares M., Ssemat A., Davrieux F. Cros E. 2012. Identificación de los compuestos aromáticos en el cacao criollo de Venezuela usando microextracción en fase sólida y cromatografía de gases. *Vitae* 19: 370-371.
- Angulo J., Graziani de Fariñas L., Ortiz de Bertorelli L. y Parra P. 2001. Caracterización física de la semilla de cacao Criollo, Forastero amazónico y Trinitario de la localidad de Cumbuto, estado Aragua. *Agronomía Tropical*. 51(2):203-219.
- Barrón, García Y. P., Alfonso Azpeitia Morales, Procopio Alejandro López Andrade, Felipe Mirafuentes-Hernández. 2014. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 765-777.
- Barrón, G. Y. P.; Azpeitia, M. A.; Mirafuentes, H. F.; Castillo, G. R. y López, A. P. A. 2011. Producción de híbridos interclonales de cacao para resistencia a "moniliasis". In: XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. 263- 266.
- Lerceteau, E. 1996. Diversité génétique, recherche de QTL et analyse des profils protéiques de fèves de *Theobroma cacao* L. pendant la fermentation. Conséquences sur la qualité. Thèse de Docteur en sciences. Université d'Orsay (Paris XI). 235p.
- López P.A. 1994. Colecta y descripción de germoplasma de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. Memoria de la séptima reunión científica forestal y agropecuaria, Villahermosa, Tabasco; México, 1-2.
- Nisao Ogata. 2007. El cacao. CONABIO. Biodiversitas. 72:1-5.
- Portillo-Páez E. y Portillo A. 2012. Características químicas del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) 12 p.
- Portillo E., Graziani de Farinas L. y Betancourt E. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del Lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.* 22:388-399.
- Phillips-Mora, W., Arciniegas- Leal, A., Mata-Quirós, A., & Motamayor-Arias, J. C. (2012). *Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales*. Costa Rica: CATIE. SIAP-SAGARPA. 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola. (En línea). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>. Revisado el 22 de abril de 2014.

FERTILIZACIÓN DEL AGUACATE 'CARMEN HASS' CON KNO_3 BAJO DOS CONDICIONES DE HUMEDAD.

FERTILIZATION OF 'CARMEN HASS' AVOCADO WITH KNO_3 UNDER TWO MOISTURE CONDITION.

¹Guerrero Polanco F, ¹Alejo Santiago G, ²Sánchez-Hernández R, ¹Aburto González CA, ¹Sánchez Monteon AL

¹Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km. 9. 63780 Xalisco, Nayarit.

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa Km. 25, Ranchería La huasteca, Municipio del Centro, Tabasco, C.P. 86280, México.

Autor para correspondencia: rusaher@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización con KNO_3 sobre la producción de fruto y concentración nutrimental del fruto a la cosecha del aguacate cv 'Carmen Hass' cultivado bajo condiciones de riego y temporal. Se evaluaron ocho tratamientos (dosis) con 5 repeticiones. El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo factorial 2×4 ; donde los factores fueron dos regímenes de humedad (riego y temporal) y cuatro niveles de fertilización con KNO_3 . Como unidad experimental se consideraron árboles en producción de entre 5-6 años. Los resultados indican que la mayor extracción nutrimental por el fruto, fue de 466.47 g de N, 26.83 g de P, 1021.80 g de K, 11.69 g de Ca y 3.05 g de Mg, registrada en la dosis de 690 g KNO_3 -árbol⁻¹ en condición de riego; este mismo tratamiento permitió obtener la mayor producción, la cual fue de 83.26 Kg-árbol⁻¹, por lo que se concluye que este tratamiento es recomendable para incrementar la producción de aguacate cv.Carmen Hass en la región productora de Nayarit, México.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., nutrición vegetal, fertilización sitio-específica.

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es uno de los frutales más importante en el rubro de exportaciones agroalimentarias de México; su cultivo se reporta en 13 estados de la república; siendo el Nayarit el cuarto lugar en superficie con 4 872 has, de las cuales el 65 cuentan con sistemas de riego. Los rendimientos de cosecha que se reportan son de 7.7 t ha⁻¹ en condiciones de temporal, mientras que con riego dichos rendimientos alcanzan las 11.14 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). De acuerdo con Salazar *et al.* (2009), una fertilización adecuada que considere el estatus nutrimental del suelo y del árbol del aguacate, así como una meta de rendimiento permite maximizar el tamaño y calidad del fruto, que se expresa en una mayor producción. La fertilización bajo el enfoque sitio-específica ha sido empleada exitosamente en diversos frutales; específicamente la fertilización potásica en el aguacate, ha permitido lograr rendimientos sobresalientes, debido a que el K es un catalizador del metabolismo del fruto en crecimiento (Sánchez y Ramírez, 1999), además de que niveles adecuados de este nutrimento, ayudan a reducir la presencia de la mancha gris de la pulpa (Du Plessis *et al.* 1995). La fertilización sitio-específica se sustenta en el balance entre la demanda del nutrimento por el cultivo y el suministro del nutrimento por el suelo, de tal manera, que cuando la demanda es mayor que el suministro, se producirá un déficit del nutrimento que es necesario suplir con fertilización (Rodríguez, 1990). Aguilera y Salazar (1996) evaluaron la respuesta de aguacate cv. Hass a la aplicación anual de 2 kg N, 2 kg P_2O_5 y 1 kg K_2O por árbol, obteniéndose un rendimiento de 16.7 t ha⁻¹, que equivale a un incremento del 44 % con respecto al rendimiento de árboles sin fertilización. Por su parte, Salazar *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la aplicación de 2.14 Kg N, 0.74 Kg P_2O_5 , 2.52 Kg K_2O , 810 g Zn y 94.3 g de B en arboles de aguacate cv. Hass bajo condiciones de temporal; reportaron que el rendimiento pasó de 15.60 t ha⁻¹ a 28.19 t ha⁻¹, además de que esta dosis permitió incrementar el rendimiento de fruta de primera, extra y súper extra, respecto a la calidad de fruta obtenida en el tratamiento control.

Pese a que el cultivo del Aguacate cv. Hass, ocupa un lugar muy importante en la economía del estado de Nayarit y de México, la información sobre el efecto de la fertilización potásica en este frutal

es escasa. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización potásica sobre la producción y concentración nutrimental del fruto bajo condiciones de riego y temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre los años 2014-2015, en la comunidad de la Fortuna, municipio de Tepic Nayarit ubicada en las coordenadas 21° 33' N y 104° 57' O, en un huerto comercial de Aguacate cv Carmen Hass, cultivados bajo condiciones de riego y sin riego. Según García (1998), el clima corresponde a un clima cálido subhúmedo con una precipitación promedio de 1300-1450 mm. El experimento se desarrolló completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 4 con cinco repeticiones, donde los factores fueron dos condiciones de cultivo (riego y temporal), así como cuatro niveles de KNO₃, resultando los siguientes tratamientos:

T1=0 g de KNO₃ con riego; T2=230 g de KNO₃ con riego; T3=460 g de KNO₃ con riego; T4=690 g de KNO₃ con riego; T5=0 g de KNO₃ en temporal; T6=230 g de KNO₃ en temporal; T7=460 g de KNO₃ en temporal; T8=690 g de KNO₃ en temporal.

En condiciones de temporal, se aplicó el 100 % del fertilizante en el mes de Julio de 2014; de forma manual, dirigiendo el fertilizante alrededor del árbol, en una banda de 50 cm de ancho y 10-15 cm de profundidad, en la zona de goteo. En la condición de riego, se aplicó el 30 % del fertilizante en el mes de Julio de 2014, el 70 % restante, se aplicó fraccionado vía fertirriego, en cuatro aplicaciones mensuales entre Febrero y Mayo del año 2015.

Se evaluó el rendimiento de dos cosechas en el año agrícola expresado en kg.árbol⁻¹. Los frutos se recolectaron en madurez fisiológica (materia seca 21.8 %). En cada una de las cosechas se eligió aleatoriamente un fruto de cada árbol, al cual se le determinó el peso fresco. Dichos frutos se seccionaron en sus componentes epidermis, pulpa y semilla y se determinó la materia seca (MS) por el método termo gravimétrico. A cada componente se le determinaron las variables N total por el método Kjeldahl; P por el método colorimétrico de molibdato de amonio; K por flamometría; Ca y Mg mediante espectrofotometría de absorción atómica, todos estos métodos son referidos por Alcántar y Sandoval (1999). Los datos recabados fueron procesados mediante análisis de varianzas y pruebas de Waller-Duncan (p= 0.05), a través del programa estadístico SAS para Windows versión (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor extracción nutrimental por el fruto, fue de 466.47 g de N, 26.83 g de P, 1021.80 g de K, 11.69 g de Ca y 3.05 g de Mg; dicha extracción fue lograda en el tratamiento 4 (690 g KNO₃ árbol⁻¹, con riego). Se observa una clara influencia del riego en el aprovechamiento de los nutrientes; por un lado, el riego confiere una mejor disolución de los fertilizantes, lo que hace que los pelos radiculares puedan obtener mejor dichos nutrientes a través de la solución del suelo; además de que el suministro gradual del fertilizante a través del fertirriego, reduce las pérdidas de los fertilizantes. Gracias a esta estrategia de fertilización, los nutrientes N, P, K, Ca y Mg se pudieron aprovechar en 160, 146, 159, 223 y 148 % más, con respecto al tratamiento de la misma dosis bajo condiciones de temporal. El tratamiento que recibió riego, aunque no recibió aplicaciones de fertilizantes (Tratamiento 1) alcanzó contenidos de N, P, K, Ca y Mg de más del doble con respecto a los registrados en el testigo absoluto (0 g KNO₃ árbol⁻¹, de temporal). Por lo anterior, la menor extracción nutrimental se registró en el tratamiento 5 (0 g KNO₃ árbol⁻¹ de temporal); dicha extracción fue de 187.29 g de N, 11.77 g de P, 416.30 g de K, 3.48 g de Ca y 1.06 g de Mg. Según Salgado y Cautín (2008) el suministro de riego en el aguacate, incrementa en 30% la cantidad de raíces, lo que contribuye a una mayor y mejor captación de nutrientes; sin embargo señalan que este incremento radicular depende de otros factores como la temperatura del suelo, tipo y uso del riego, así como la textura, siendo mayor en suelos de textura fina. Según Salazar-García *et al.* (2011) y Salazar-García *et al.* (2016) la condición de humedad del suelo no afecta el peso fresco o seco del fruto de aguacate 'Hass', tampoco la concentración de fotoquímicos en la piel del fruto; sin embargo señalan que sí hay un efecto sobre la época de floración, la cual afecta la composición nutrimental del fruto. Observaron además, que los frutos de huertos sin riego, presentan concentraciones más altas de Ca, S y Cu en la epidermis, de P, K, Mn, Ca y Cu en la pulpa, de K, Mn y Cu en la testa, y de P, K, Mn en el embrión, comparadas con la condición de riego; es probable que este fenómeno obedezca a un efecto de dilución provocado por un alto contenido de humedad. El orden de extracción nutrimental fue el siguiente: K, N, P, Ca y Mg (Cuadro 1).

Cuadro 1. Extracción nutrimental y producción en gramos bajo diferentes dosis de KNO₃ en árboles de aguacate cv. Carmen Hass.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	C1	C2	CT
o	gr. árbol ⁻¹					kg. árbol ⁻¹		
1	219.32 cd	13.54 b	478.60 b c	16.83 cd	4.08 b	0.7b	48.16bc	48.86 bcd
2	321.79 bc	19.66 a b	717.40 b	26.25 ab	7.06 b	2.9ab	62.03abc	64.93b
3	357.10 b	20.57 a b	695.80 b c	22.08 b c	7.25 b	9.37a	52.63bc	62bc
4	466.47 a	26.83 a	1021.80 a	32.51 a	10.50 a	8.39ab	74.87a	83.26 a
5	187.29 d	11.77 b	416.30 c	10.60 d	4.20 b	0.77b	40.59c	41.36d
6	205.38 d	13.08 b	433.00 b c	13.58 c d	4.57 b	6.29ab	43.7bc	49.99cd
7	227.73 cd	12.99 b	459.50 b c	12.53 d	4.60 b	2.6ab	42.13bc	44.73cd
8	290.90 bcd	18.35 a b	640.60 b c	14.58 c d	7.07 b	2.31ab	63.64ab	65.95b
Pr > F	<.0001*	0.0054*	0.0004*	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*
C.V.	26.98	35.61	32.80	32.02	33.12	32.10	27.65	25.86

Abreviaturas: Pr (probabilidad); C.V. (Coeficiente de variación); C1 (Primera Cosecha o floración loca); C2 (Segunda cosecha o floración normal); CT (Cosecha total).

En cuanto al rendimiento de fruto; el tratamiento 3 (460 g KNO₃, con riego) presentó la mayor producción de fruto (9.37 Kg.árbol⁻¹) en la primera cosecha denominada localmente como la floración loca; mientras que la mayor producción obtenida en la segunda cosecha, denominada localmente como floración normal fue de 74.87 Kg.árbol⁻¹, en el tratamiento 4 (690 g KNO₃, con riego); este mismo tratamiento registró la mayor producción total, la cual ascendió a 83.26 Kg.árbol⁻¹ (Cuadro 1). Como resultado de una mejor nutrición, la producción de frutos por árbol se triplicó en la primera cosecha cuando se aplicó la dosis de 690 g KNO₃, con riego (tratamiento 4); mientras que en la segunda cosecha el incremento fue del 117.6 % con respecto al testigo absoluto (tratamiento 5). La producción total tuvo un incremento de 126.2 % cuando se aplica la dosis alta de KNO₃ (tratamiento 4), con respecto al control (tratamiento 5).

CONCLUSIONES

La aplicación de 690 g.árbol⁻¹ de KNO₃ con riego, incrementó la producción de fruto de aguacate cv. Hass hasta en 126.2 %, con respecto al tratamiento control (0 g.árbol⁻¹ de KNO₃ en temporal).

La condición de humedad del suelo afectó la concentración nutrimental del fruto.

Los frutos obtenidos de árboles en condición de riego presentaron concentraciones más altas de N, P, K, Ca y Mg

LITERATURA CITADA

- Aguilera, L. y Salazar, S. 1996. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el rendimiento y tamaño del fruto de aguacate. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Uruapan. Michoacán México. 24 p.
- Alcántar, G. y Sandoval, V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo. Estado de México. Publicación especial. 156 p.
- Du Plessis, S. F., Koen, T. J., Abercrombie, R. A. (1998). Nutritional requirements of the Fuerte avocado: a summary of 21 years of research in South Africa. *Proc. World Avocado Congr. III*, 160-165.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Tercera edición. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F., México.
- Rodríguez S., J. 1990. La fertilización de los cultivos: un método racional. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica, Santiago, Chile.
- Salazar, S., Cossio, V. y González, D. 2009. La fertilización de sitio específico mejoró la productividad del aguacate 'Hass' en huertos sin riego. *Agricultura Técnica de México*. 439-448 p.
- Salazar, S; Durán, I, y Vargas L. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate "Hass" en Michoacán, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo México*. 17: 183-194 p.
- Salazar-García, Samuel., Medina-Carrillo RE., Álvarez-Bravo A. 2016. Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate 'Hass'. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 13: 2565-2575*

- Salgado, E. y Cautin, R. 2008. Avocado root distribution in fine and coarse-textured soils under drip and microsprinkler irrigation. *Agricultural water management* 95 (7): 817-824.
- Sánchez, P. y Ramírez, P. 1999. Fertilización y nutrición del aguacatero. In: *El aguacate y su Manejo Integrado*. Téliz, D; Mora, A. (Ed.). MundiPrensa. D.F., México. 113 p.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2002. SAS user's guide. User's Guide, Version 9, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Int., Cary, N.C. USA.

Referencias informáticas

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015). Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 11 de Marzo del 2015.

IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO ASOCIADO CON LA MANCHA FOLIAR EN *Oryza sativa*

PATHOGEN IDENTIFICATION ASSOCIATED WITH LEAF SPOT IN *Oryza sativa*

¹Ramírez-Guillermo MA, ¹Jiménez Chong JA, ²López Domínguez I, ³García Ramírez LM, ³De los Santos Ricardez BL

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86400.
²Estudiante de servicio social-Universidad Popular de la Chontalpa, Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km. 2, Ranchería Paso y Playa, 86500 Cárdenas, TAB.
³Laboratorio de Fitopatología, INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco.
Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa*) una planta autógama de la familia Poaceae, el segundo cereal más consumido en el mundo y el cuarto en México, después del maíz, el frijol y el trigo, con un consumo *per cápita* de 9 kg/habitante/año. México cuenta con 41,078.88 hectáreas, donde se producen 232,158.62 toneladas, valoradas en 921,243.59 pesos. En Tabasco hay 3,041.00 hectáreas cultivadas con arroz, bajo condiciones de temporales. Las plagas y enfermedades constituyen una de las principales limitantes del cultivo, causando pérdidas del 35% de la producción. El objetivo del trabajo fue identificar el patógeno asociado a la mancha foliar del arroz, el cual se presentó en la prueba preliminar de rendimiento establecido bajo condiciones de riego restringido, en el Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco. Se colectó material vegetal con presencia de manchas, que se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología en donde se les aplicó un tratamiento, seccionaron y se sembraron en medio de cultivo PDA bajo condiciones del laboratorio. Se obtuvo la cepa pura, el cual se describió macro y microscópicamente. La identificación indica que el patógeno responsable de causar la mancha foliar en *O. sativa* corresponde al género *Curvularia* especie *lunata*.

Palabras clave: *Curvularia lunata*, conidióforo septado, conidio curvado, arroz

INTRODUCCIÓN

Los cereales son una fuente importante de alimento en el mundo, tanto para el consumo humano, como para los insumos de la producción pecuaria. Por tanto, lo que ocurra en el sector de los cereales será crucial para los suministros mundiales de alimentos (Chaudhary et al 2003).

El arroz (*Oryza sativa*) comenzó a cultivarse hace unos 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez, sin embargo, el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China y de ahí se introdujeron a otras partes del mundo. El arroz es una planta autógama, diploide con 2n=24 cromosomas de la familia Poaceae (Acevedo et al., 2006). Actualmente *O. sativa* es el segundo cereal más consumido en el mundo, después del trigo y es la base de la dieta de aproximadamente la mitad de la población mundial. Es un alimento económico, energético, digerible, bajo en grasas y rico en almidón, vitamina B, calcio y fósforo (FAO 2002).

Para el periodo 2014-15 se estimó que la producción mundial de arroz fue de alrededor de 479.4 millones de toneladas, aumento que se atribuye al incremento de la superficie mundial cultivada, existiendo actualmente 161.5 millones de hectáreas a diferencia de las existentes en el periodo del 2013-14 en donde solo existían 160.6 millones de hectáreas. Como expectativa se esperó que el consumo mundial de arroz y el uso residual alcanzaran un nivel de 482.4 millones de toneladas, un aumento del 1% en comparación con los 477.4 millones del periodo 2013-14, este incremento se dio en Bangladesh, Birmania, China, India, Indonesia, Filipinas y EE. UU (ACA, 2014). Para el periodo 2016/17 se estima que la producción de arroz alcanzara los 481.23 millones de toneladas (USDA, 2016).

En México existen 41,078.88 hectáreas cultivadas de arroz Palay, en donde se producen 232,158.62 toneladas, con un valor de la producción de 921,243.59 pesos. El consumo de arroz en México ocupa el cuarto lugar, después del maíz, el frijol y el trigo, con un consumo *per cápita* de 9 kg/habitante/año.

En México existen 13 estados productores de arroz, destacando Nayarit, Campeche, Veracruz, Michoacán y Jalisco.

Tapia et al., (2013) indican que las plagas y enfermedades son las principales limitantes del cultivo, causan pérdidas del 35% de la producción, de ellas, (12%) por insectos, (12%) por patógenos, (10%) malezas y (1%) por vertebrados. Las enfermedades de importancia son: *Pyricularia oryzae* Sacc., *Cochliobolus miyabeanus* Ito & Kuribayashi, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Sarocladium oryzae* Sawada.

El estado de Tabasco cuenta con 3,041.00 hectáreas cultivadas con arroz, en donde se producen 12,575.23 toneladas, con un promedio de producción por hectárea de 5.71 ton/h. El valor de la producción asciende a 48,998.76 pesos (SIAP, 2016). En Tabasco el cultivo de arroz se realiza bajo condiciones de temporal (Jiménez et al., 2012), esto de acuerdo a las condiciones predominantes del estado, ya que se tiene un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) en la Región de la Chontalpa y el cálido húmedo con lluvias todo el año (Af) en la Región Sierra; el cual es dividido en tres épocas, seca: con altas temperaturas en los meses de marzo a mayo, con un brillo solar de hasta 594 horas totales y baja precipitación; *temporal*: de junio a septiembre con fuertes precipitaciones, con un periodo de sequía intraestival o “*canícula*”, los *nortes*: de octubre a febrero con lluvias menos intensas pero muy prolongadas, nublados permanentes y alta humedad relativa. La temperatura media anual en el estado es de 25°C, el mes más frío de 10°C y el más caluroso 42°C, precipitación promedio de 3437.0 mm (González y Campos, 1996). Las condiciones del Estado, favorecen el desarrollo de las enfermedades y las plagas de importancia en el cultivo. El objetivo del trabajo fue identificar al patógeno asociado a la macha foliar del arroz, presente en un ensayo de prueba preliminar de rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de muestreo. El presente trabajo se realizó en el mes de junio del 2016 en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo (CEHUI), localizado en el estado de Tabasco.

Colecta de la muestra. Se colectaron tallos, hojas y panícula de *O. sativa* con presencia de manchas, provenientes de la prueba preliminar de rendimiento del nuevo arroz de temporal. Las muestras se identificaron y se llevaron al Laboratorio de Fitopatología del CEHUI para continuar con su proceso.

Tratamiento de la muestra. El material vegetal con presencia de manchas foliares se diseccionó con un bisturí en fracciones de 0.5 cm, de la cual se tomó un área sana y otra enferma; las fracciones de hoja obtenidas se tomaron con pinzas y se colocaron en un vaso de precipitado con hipoclorito de sodio al 1%, en donde permanecieron durante un minuto, transcurrido el tiempo se realizaron tres enjuagues con agua destilada, dejando escurrir el exceso de agua sobre una toalla de papel.

Aislamiento del patógeno. Las muestras tratadas fueron sembradas en platos Petri con medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar) en una campana de flujo laminar esterilizada (BECOMAR CFLH-135), posteriormente los platos se colocaron en bolsa de polietileno y se dejaron bajo condiciones del laboratorio. A los siete días de crecimiento el patógeno fue re-aislado para obtener una cepa pura, registrando su crecimiento cada 24 horas.

Identificación del patógeno. Para la descripción e identificación morfológica del patógeno se realizaron preparaciones para tal fin, los resultados fueron comparados con claves taxonómicas (Barnett y Hunter, 1972).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas causados por el patógeno en lamina foliar de *O. sativa*. El síntoma que se presenta sobre la hoja es una mancha foliar, que a medida que transcurre el tiempo, aparecen una mayor cantidad de manchas. Inicialmente la mancha es pequeña de 0.73 mm de diámetro, ovalada o redonda de color marrón-café claro con presencia de anillos concéntricos y un halo externo de color naranja-amarillo claro (Figura 1a). A medida que la mancha se desarrolla en tamaño, el centro se torna color café claro-grisáceo (Figura 1b), seguido de un color café claro y el borde de color café oscuro-marrón con un halo externo amarillento (Figura 1c), cuando la mancha está completamente

desarrollada alcanza un diámetro de 3.67 mm, en promedio la mancha alcanzó un largo de 7.54 mm y un diámetro de 3.67 mm.



Figura 1. Síntomas de la mancha foliar sobre hojas de *Oryza sativa*.

Descripción macroscópica del patógeno. El crecimiento del patógeno en medio PDA, inició a las 24 horas, notándose un crecimiento circular de la colonia, el micelio sobre el medio es de color verdoso y el aéreo es denso de apariencia algodonosa de color blanco-grisáceo, que al transcurrir el tiempo se torna oscuro (Figura 2). El crecimiento se desarrolló bajo las condiciones del laboratorio, a una temperatura que osciló de 23°C a 34.9°C, durante el periodo del 23/06/2016 al 25/07/2016.

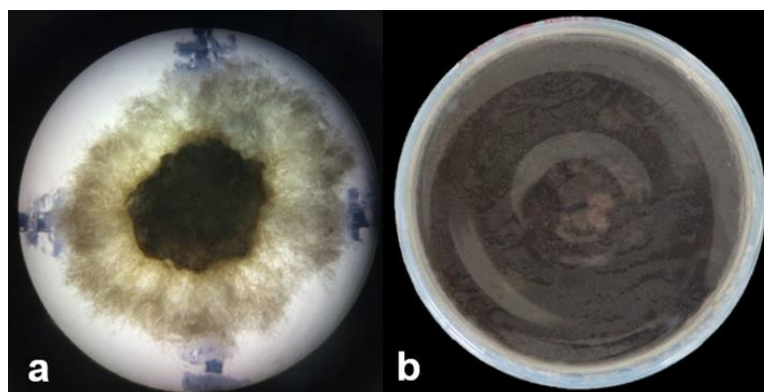


Figura 2. Crecimiento del patógeno en medio PDA, a) a los 7 días y b) 29 días.

Descripción e identificación microscópica del patógeno. Transcurridos 48 horas de crecimiento se realizaron preparaciones para observar las estructuras presentes y proceder a su identificación. Encontrándose estructuras de micelios ramificados hialinos y septados de color café claro (Figura 3c), conidióforos septados rectos o curvos con un solo conidio (Figura 3d-e) o simpodial (Figura 3f-h), con células conidiógenas que dan origen a los conidios alargados (Figura 3d, i-k). Los conidios son septados, de forma oblonga (Figura 3d), elíptica (Figura 3g, n) y con mayor frecuencia el tipo lunado o curvado (Figura 3e-f, l-m, o), el cual es dilatado en el septo intermedio. Por lo tanto, el patógeno identificado como el responsable de causar la mancha foliar en *O. sativa* corresponde al género *Curvularia* especie *lunata*, de acuerdo a la comparación de la descripción con lo reportado por Barnett y Hunter, (1972) y la especie corresponde *lunata* tal como lo indica Manamgoda et al., (2012), Piontelli, (2015).

C. lunata se ha identificado en granos de arroz, en Morelos, México (Hernández-Arenas et al., 2012) y los síntomas descritos coinciden con lo observado en el presente trabajo sobre el mismo hospedero (Hernández et al., 2013) y son similares a los reportados en Cuba (Estrada y Sandoval, 2004). Sin embargo, el síntoma causado por *C. lunata* es similar al producido por *Kabatiella* (CIMMYT, 2004).

CONCLUSIONES

La mancha foliar en plantas de arroz, de forma ovalada o redonda de color marrón-café claro y un halo externo de color naranja-amarillo claro son síntomas característicos causados por *Curvularia lunata*. Las estructuras morfológicas de *C. lunata*, desarrolladas bajo condiciones de laboratorio, permitieron su identificación taxonómica.

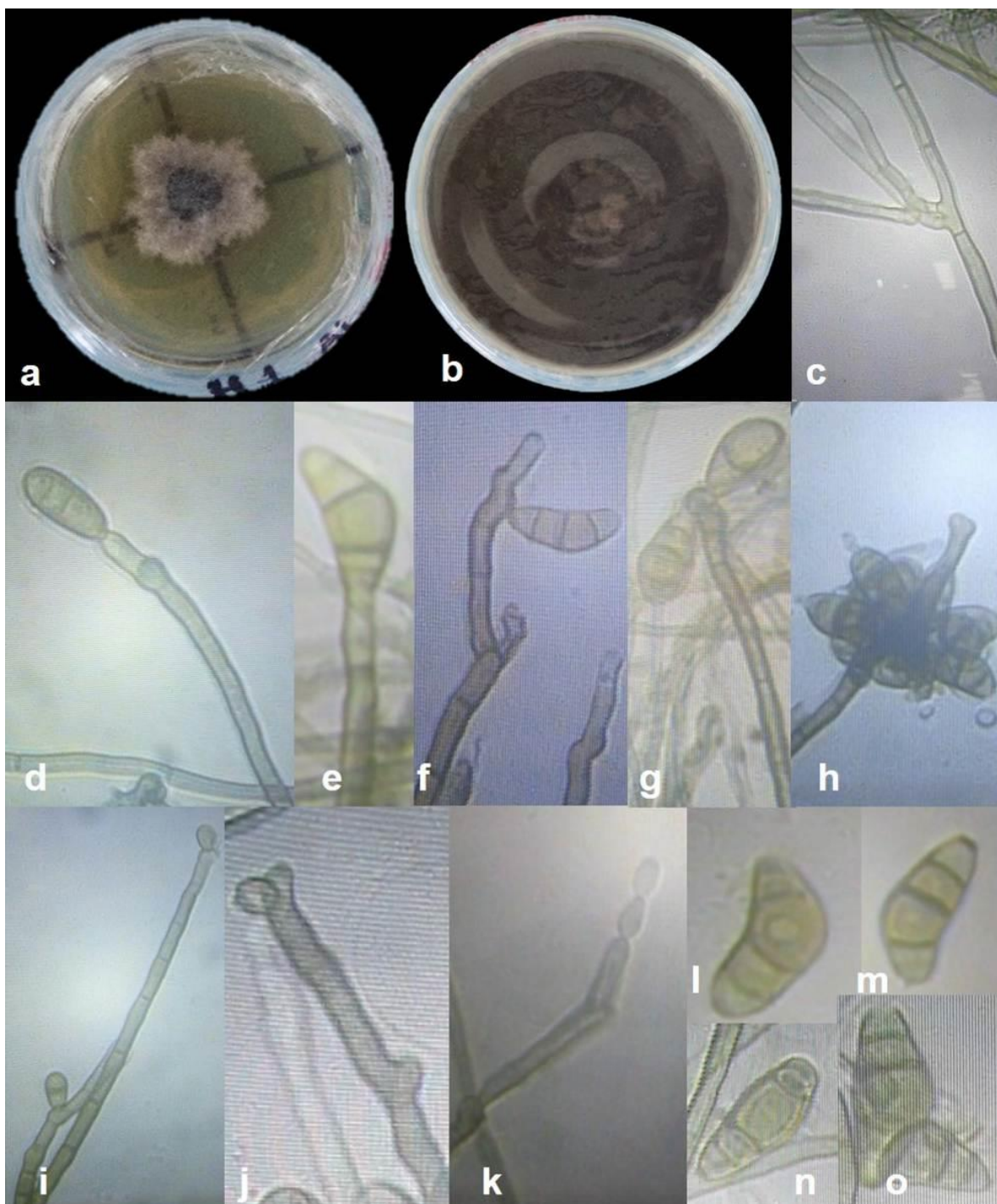


Figura 3. Morfología de *Curvularia lunata* (aislado en *Oryza sativa*). a-b. Colonia en PDA con crecimiento a temperatura ambiente del laboratorio (23°C a 34.9°C). c. micelio tabicado. d-h. conidióforo y conidio. i. conidióforo con hinchamiento terminal del conidiógenos. j. conidióforo de base bulbosa e hinchamiento terminal. k. proliferación del conidióforo. l-o. conidios.

LITERATURA CITADA.

- Acevedo, M.A., Castrillo, W.A. Y Belmonte, U.C. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop.* 56(2): 151-170.
- Barnett, H. y Hunter, B. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 3 ed. APS Press. V.3340. Mineapolis, USA. 237p

- CIMMYT. 2004. Programa de maíz, Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. 4 ed. México, D.F.
- Estrada, G. y Sandoval, I. 2004. Patogenicidad de especies de *Curvularia* en arroz. Fitosanidad 8(4): 23-26.
- González, P. E. y Campos, J. 1996. Tabasco: monografía estatal. 3ed. SEP. México. 287p.
- Hernández, A.M.G., Barrios, G.E.J., Hernández, A.L. y Berriozabal, O.A. 2013. Plagas y enfermedades de arroz cultivado en Morelos. Folleto Técnico: No. 70. 40p.
- Hernández-Arenas, M., Barrios-Gómez, E.J., Canul-Ku, J., Berriozabal-Onofre, A. y Rodríguez-Espinoza, J.J. 2012. Calidad fitosanitaria y tratamiento químico para control de patógenos en semillas de arroz tipo Morelos. Investigación Agropecuaria 9(2): 103-111.
- Jiménez Ch, J.A., Hernandez, A. L., Tavitas, F. L., Becerra L. E. N., Ayón, R. E.A. y Garcia, A. J.L. 2012. Choca A-05: variedad de arroz de temporal para la región central del Golfo de México. INIFAP. Folleto Técnico 68. 28p.
- Manamgoda, D.S., Cai, L., McKenzie, E.H.C. & Crous, P.W., Madrid, H., Chukeatirote, E., Shivas, R.G., Tan, Y.P. y Hyde, K.D. 2012. A phylogenetic and taxonomic re-evaluation of the *Bipolaris* -*Cochliobolus*- *Curvularia* complex. Fungal Diversity 56: 131-144.
- Piontelli, L. E. 2015. Especies oportunistas de importancia clínica de los géneros *Bipolaris* Shoemaker y *Curvularia* Boedijn: su caracterización bajo los nuevos criterios taxonómicos. Bol. Micol 30(2): 40-63.
- Tapia, V.L. M., Hernández, P.A., Larios, G.A. y Vidales, F.I. 2013. Producción de arroz Palay en la Región del Valle de Apatzingán. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAP-Campo Experimental Valle de Apatzingán, Michoacán. México. 64 p.

Referencias informáticas

- ACA (Asociación de cultivadores de arroz). 2014. http://www.aca.com.uy/el-usda-estima-que-la-produccion-mundial-de-arroz-elaborado-sera-de-479-4-millones-de-toneladas-en-la-campana-2014-15#.V63_I5jhCM8. (Consultado 03 de junio 2016).
- Chaudhary, R.C., Nanda J. S y Tran, D.V. 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Comisión Internacional del Arroz-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. *In*: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>. (Consultado 03 de junio 2016).
- FAO.2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>. (Consultado 03 de junio 2016).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. (Consultado el 01 de junio 2016).
- USDA. 2016. <http://www.ers.usda.gov/media/2116837/rice-outlook-july-2016.pdf>. (Consultado 03 de junio 2016).

EVALUACION DE XUTA (*Jatropha curcas* L.) ASOCIADA CON OTROS CULTIVOS

ASSESSMENT OF XUTA (*Jatropha curcas* L.) ASSOCIATED WITH OTHER CROPS

¹Martínez-Herrera J, ²Argüello-García E, ³Zavala-Gasca R

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 Carr. Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, C.P. 86400. ² Universidad Popular de la Chontalpa. Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km 2, Ranchería Paso y Playa, Cárdenas, Tabasco, C.P. 86500. ³Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan
Autor para correspondencia: martínez.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

La planta de *Jatropha curcas* L. (*J. curcas*), piñón mexicano, o Xuta en Totonaco, pertenece a la familia de las Euphorbiaceas, arbusto perenne caducifolio, puede llegar a vivir más de 40 años, originaria de México y Centroamérica. En México, como en otros países ha llamado la atención por su alto contenido de aceite (40-48%) y proteína (18-30%), sin embargo, es hasta el tercer año que se pueden tener rendimientos aceptables de 1.5 a 2 ton/ha, y para que el productor pueda tener ganancias en los primeros dos años, se ha recomendado la asociación con otros cultivos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento del cultivo del piñón asociado con Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y cacahuete (*Arachis hypogaea*), se diseñaron tres tratamientos T1 cultivo de piñón, el piñón asociado con cacahuete (T2) y piñón asociado con frijol (T3), se midió su crecimiento (altura y diámetro de tallo), análisis químico proximal del piñón y rendimiento de cultivos asociados. El crecimiento de piñón se midió a partir del primer mes, obteniéndose los siguientes resultados, el promedio de altura de piñón T1 de 58 cm; T2 de 53 cm; T3 de 66 cm; siendo el T3 el que obtuvo mayor altura, en la semana doce; respecto al diámetro el T1 tuvo 9.75 cm en el tercer mes; T2 de 9.5 cm y T3 de 10 cm. En cuanto, al análisis proximal, el contenido de proteína en T1 fue de 24.79%, T2 de 25.77% y T3 29.14%; aceite T1 de 59.16%, T2 de 58.12% y T3 de 59.39%, encontrándose diferencias significativas en el contenido proteico. El rendimiento obtenido de cacahuete fue de 52.34 kg y de frijol fue de 53.83 kg. La asociación de los cultivos evaluados con Xuta, no afectan su crecimiento-desarrollo al contrario lo benefician haciéndolo más rentable.

Palabras clave: *J. curcas*, proteína, crecimiento, piñón, cacahuete, frijol

INTRODUCCIÓN

El piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.), piñón o Xuta como se le conoce en el Totonacapan, pertenece a la familia de la Euphorbiaceae, nativa de México y Centroamérica. La planta de piñón es resistente a la sequía y crece en suelos pobres y altitudes que van desde los 0 a los 1600 msnm, se le utiliza como cerca viva y puede ser empleada para reforestar zonas erosionadas. El rendimiento de semilla de piñón varía de 0.5 a 6 ton/ha, dependiendo del tipo de suelo, fertilización y condiciones de riego. El arbusto de Xuta, puede presentar un periodo productivo de al menos 25 años. Además, que desde el primer año (nueve a diez meses) se puede tener rendimientos (Martínez et al., 2010). La importancia del piñón a nivel mundial y nacional, radica en su alto contenido de aceite (40-48%) para la obtención de biodiesel u otras aplicaciones y contenido proteico (18-30%). Es importante aclarar, que sólo en México, hay semillas no tóxicas o comestibles, en la región del Totonacapan, que han sido utilizadas por sus pobladores después de tostar o para preparar platillos tradicionales (Martínez et al, 2006). Para producir el piñón mexicano no es necesario sustituir los cultivos existentes en México por otros, pueden utilizarse todas aquellas tierras marginales, sin uso agrícola o no aptas para la agricultura, y de esta el productor pueda obtener un ingreso extra con la venta de la semilla, aceite, pasta residual. Por lo anterior, el piñón mexicano puede ser una excelente alternativa en las actividades agroforestales como es la Agrosilvicultura basada en el alternado de cultivos herbáceos con franjas de arbustos o árboles para reducir la erosión tanto hídrica como eólica, estabilizando física y químicamente el suelo. Esto también permite el aprovechamiento de algunas asociaciones simbióticas entre diferentes especies, como el caso de las leguminosas, las cuales son particularmente recomendables debido a su capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera en el suelo, permitiendo que otras plantas puedan aprovecharlo (Enkerlin, 1997).

El cultivo del piñón, es una actividad de gran importancia ya que permite el aprovechamiento de los suelos no aptos para la producción de alimentos y/o actividades agrícolas. El productor obtendría beneficios económicos al asociar el piñón con otros cultivos, antes de la primera producción de piñón. El cultivo asociado que se elija, dependerá de la región o estado, donde de manera natural o tradicional crezca, por ejemplo, en el estado de Morelos, el frijol y el cacahuete son cultivos muy característicos de los municipios de Anenecuilco, Axochiapan, Miacatlán, entre otros.

También en algunos estados, como Chiapas, Veracruz y Tabasco, se han intercalado con maíz, incluso en Morelos con plantas medicinales como la albahaca, incluso chía. Es muy importante considerar el tamaño de la planta antes de asociar el cultivo de interés, para que no tenga competencia

Mediante el desarrollo del presente trabajo se pretendió asociar el cultivo de Xuta con otros cultivos como el frijol y cacahuete para aprovechar de manera integral la tierra, así mismo evaluar el comportamiento y crecimiento de *J. curcas*, la composición química proximal de la semilla de piñón, y los efectos que ésta tiene en el suelo, tomando en cuenta que es una pieza importante para evitar la degradación del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de parcela de piñón y cultivos asociados. La parcela de 57 m x 39 m fue establecida en Anenecuilco, Morelos en agosto de 2013. El sistema de plantación fue en marco real con una separación de 3 m x 2 m. se formaron tres tratamientos T1 = cultivo de piñón, T2 = cultivo de piñón asociado con cacahuete y T3 = cultivo de piñón asociados con frijol. Cada tratamiento estuvo formado por cuatro líneas con 27 plantas, dando un total de 108 plantas de piñón. Las plántulas de tres meses de edad, fueron plantadas en cepas de 20 cm de profundidad por 20 cm de diámetro. Cada semana se constató la supervivencia al trasplante, con la finalidad de tener en total 324 plantas en todo el cultivo.

Evaluación y registro del crecimiento de piñón. Cada semana se registró la altura de la planta y una vez por mes el diámetro del tallo, de cada tratamiento. Se tomaron al azar 10 plantas de cada línea, haciendo un total de 40 plantas por tratamiento, esta actividad, se realizó a partir del primer mes de la plantación.

Análisis químico proximal de la semilla de *J. curcas* cosechada en cada tratamiento. Después de seis meses, de cada uno de los tratamientos se cosecho el fruto de piñón, liberando las semillas y secándolas a temperatura ambiente, para posteriormente determinar el contenido de proteína, lípidos, cenizas y humedad (AOAC, 1990), esto con la finalidad de determinar la influencia de cada cultivo en estos parámetros, comparado contra el testigo.

Análisis estadístico. Los resultados de crecimiento de altura y diámetro; y químico proximal, fueron analizados mediante un análisis de varianza SAS versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento de parcela de piñón y cultivos asociados.

El diseño de la plantación fue en forma rectangular (marco real) con una distancia de tres metros entre surcos y dos metros entre planta y planta (3 x 2 m). una vez establecida la plantación de *J. curcas* en los tres tratamientos, se realizaron tres deshierbes, cada uno con diferente fecha según fueran requeridos, para mantener libre de malezas el área de cultivo en lo que se realizaba la siembra de frijol y cacahuete en los tratamientos en los que se asociaría el piñón. También se aplicó foliar cada ocho días y la reposición de las plántulas que no se adaptaron o no crecieron a las condiciones del suelo o fueron comidas por algunos herbívoros.

Evaluación y registro del crecimiento de piñón.

La evaluación del crecimiento de piñón en cuanto a la altura y diámetro del tallo, se inició a partir del primer mes después del trasplante de las plántulas a campo, todas las plántulas utilizadas tenían tres meses de edad. La medición de la altura de *J. curcas* se tomó por línea y tratamiento, es decir 10 plantas por cada línea, teniendo muestras de 40 plantas por tratamiento. De este modo, se podrá obtener una altura promedio en la plantación, en ciertos intervalos de tiempo, contemplando las limitaciones y problemas que pueden presentarse en cuanto al desarrollo de la planta. Las mediciones y registros de

estas se llevaron a cabo cada semana, los resultados se presentan en las figuras 1, 2 y 3.

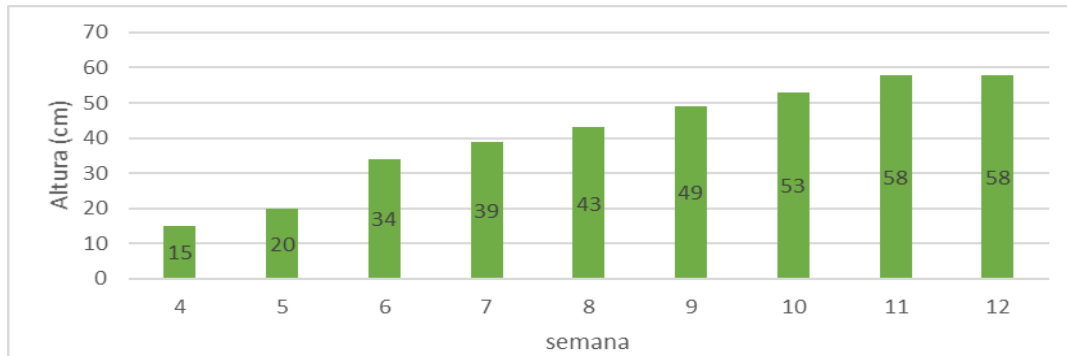


Figura 1. Promedio de altura de piñón del tratamiento T1 durante tres meses

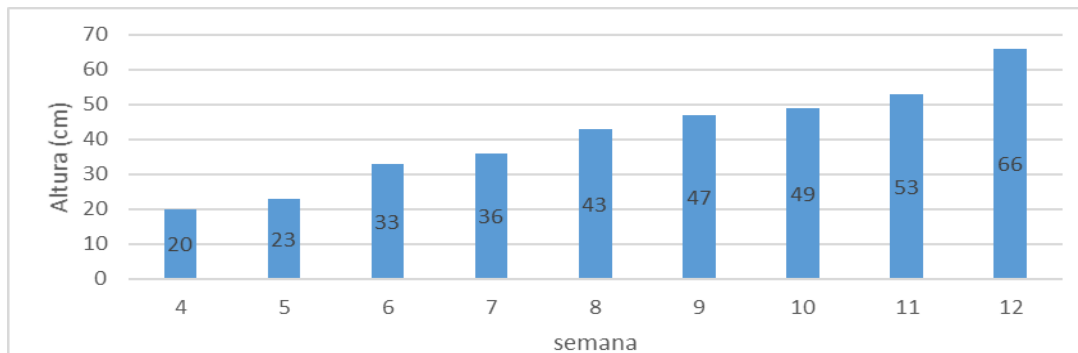


Figura 2. Promedio de altura de piñón del tratamiento T2, asociado con cacahuete

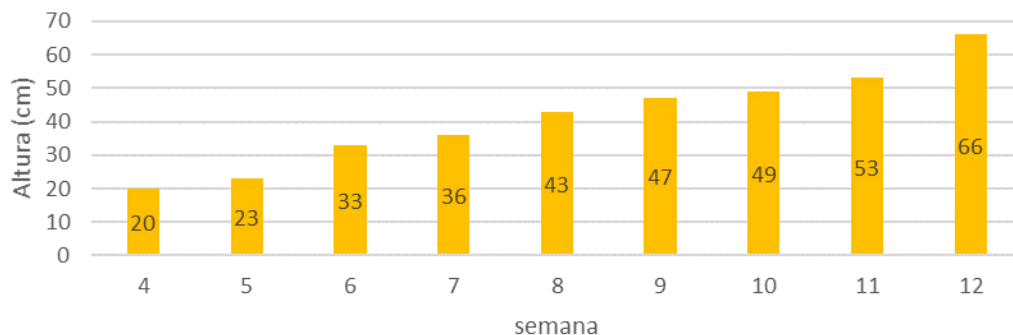


Figura 3. Promedio de altura de piñón del tratamiento T3, asociado con frijol

En cada uno de los tratamientos la altura se dio en un promedio de 4 a 7 cm por semana, en el T1 se obtuvo un incremento promedio 58 cm durante los tres meses, mientras que en el T2 fue de 53 cm y el T3 de 66 cm, así que la mayor altura se presentó en las plantas de piñón del T3.

La medición del diámetro del tallo principal de Xuta se llevó a cabo al igual que la medición de la altura, después de la cuarta semana de haber sido trasplantada en campo, pero la medición del diámetro se realizó cada mes, ya que se estima que el grosor del tallo se incrementa muy poco en comparación con la altura de la planta. El incremento del diámetro del tallo en T1 fue de 3 a 9.75 cm; T2 de 3 a 9.5 cm y T3 de 3 a 10 cm.

Algunas plantas presentaron poco crecimiento, siendo susceptibles a la humedad o acumulación de agua, ya que al inicio del cultivo, se presentaron lluvias consecutivas y el área donde se estableció el cultivo se concentró demasiada humedad por algunos días, y la planta de piñón es susceptible a la

acumulación de agua, Gimeno (2012), menciona que el agua estancada en las áreas del cultivo de piñón inhibe fuertemente su crecimiento hasta llegar a pudrir el tallo y mucha agua con el adecuado drenaje favorece su crecimiento. Además, que las plantas jóvenes son más propensas al ataque de plagas.

La evaluación del crecimiento en cuanto a la altura y diámetro del tallo de piñón, en los primeros tres meses en que fue establecido el cultivo; presenta una diferencia en los tres tratamientos y la diferencia entre el T1 y T3 fue de 8 cm. Considerando que el crecimiento de las plantas, se manifiesta de forma heterogénea, una de la otra, se realizó un registro de la aparición de primordios en la planta y número de ramificaciones que se desarrollaron de acuerdo al cuadro 1.

Cuadro 1. Ramificación y presencia de primordios en *J. curcas* en el cuarto mes de su desarrollo

Tratamiento	Planta con primordios	Plantas sin primordios	Ramificaciones No-
1	74	34	16
2	44	64	12
3	66	42	12

En el tratamiento T1, se manifestó un crecimiento lento en las plantas de piñón al inicio de la siembra, la cual se efectuó a principios del mes de agosto, presentándose aún lluvias frecuentes, también hubo presencia de conejos que trozaron y comieron el tallo de la planta de piñón. Esto se presentó en los tres tratamientos. La altura máxima alcanzada en este tratamiento durante el cuarto mes fue de 1.03 m y de 1.14 m en el sexto mes.

Mientras que en T2, cultivo de piñón asociado con cacahuate, el cual se sembró a mediados del mes de septiembre, iniciando su floración a los 35 días después de la siembra, en este tratamiento, se presentó la mosquita blanca, a causa de la cercanía del cultivo de frijol, pero no afectó al cultivo del cacahuate. En cuanto al piñón, al igual que en el T3, se manifestó la presencia de chicharrita que quema sus hojas. El rendimiento obtenido de cacahuate fue de 52.38 kg.

Finalmente, en el T3, la cantidad de semilla de frijol utilizada fue de 5 kg de frijol peruano. La siembra se realizó en el mes de septiembre, una vez ya establecido el cultivo de *J. curcas*, el inicio de la floración se presentó a los 38 días después de su siembra; mostrando un 75% en los primeros surcos que se sembraron. La presencia de la vaina se dio a los 19 días después de la floración, alcanzando un tamaño de 6 a 8 cm cada vaina y ejote. Algunos de los problemas que se presentaron en este tratamiento, fue la aparición de la mosquita blanca, que se controló con los productos como el Dimetri® 400, Deazinon® E25. A pesar de todos los productos utilizados para combatir la plaga, no pudo ser erradicada completamente. En cuanto a las plantas de xuta, se observaron dos plagas la chicharrita, y la araña roja, que también ataca a las hojas, tornándose amarillentas, se secan y luego se caen por completo, quedando solo el tallo. La planta puede recuperarse sin dificultad, una vez que el ácaro es eliminado, ciertamente no puede decirse que causó un daño considerable a las plantas, como para decirse que es una plaga. En este tratamiento el piñón alcanzó una altura mayor que en los otros tratamientos durante los cuatro meses de establecimiento oscilando en los 1.09 metros de altura. Al término del ciclo del frijol, se obtuvo un rendimiento de 53.83 kg de frijol.

Las pérdidas de plantas fueron de 4%, correspondiendo a 14 de 324 plantas (densidad inicial de plantación). En el tratamiento 1, se tuvo un 3.08% (pérdida de plantas), en el tratamiento 2 se presentó 1.23% (pérdida de 4 plantas); mientras que en el tratamiento 3 no se presentó pérdida alguna.

Los policultivos tienen ventajas sobre los monocultivos, ya que estos son más susceptibles o presentan mayor riesgo a las plagas y enfermedades provocadas por insectos y hongos. Por ello la idea de asociar el piñón con otros cultivos, ya que aún no ha sido domesticado, y presenta ligeros ataques de plagas, pero como cualquier cultivo en mayor densidad se vuelve susceptible a su ataque llegando a perjudicarla.

Análisis químico proximal.

En el cuadro 2, se presentan los resultados del análisis químico proximal realizado con la semilla del fruto de piñón cosechado en los tres tratamientos establecidos

Cuadro 2. Químico proximal en la semilla de *J. curcas* de cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
1	24.79 ^a	59.16 ^a	5.76 ^a	4.4 ^a
2	25.77 ^b	58.12 ^a	6.01 ^a	3.6 ^b
3	29.14 ^c	59.39 ^a	5.86 ^a	3.8 ^b

* promedio de tres repeticiones, letras diferentes tienen diferencias significativas ≥ 0.05

El T3 presentó el mayor contenido de proteína con un 29.14 y 59.39% de aceite; seguido del T2 con 25.77 de proteína y lípidos de 58.12; y T1 con 24.79% de proteína y lípidos de 59.16%; el contenido de lípidos está relacionado con una mayor disponibilidad de agua durante el desarrollo del fruto, y el contenido proteico por el nitrógeno disponible que puede absorber la planta traduciéndolo en proteína, en este caso tanto el frijol como el cacahuete, tienen la características de fijar nitrógeno atmosférico, mejorando las condiciones del suelo. Estudios realizados por Martínez et al., (2010), encontró que el contenido proteico y de aceite, en semillas colectadas en diferentes agroambientes de México, presentan un amplio rango de variación, de proteína (18-30%) y aceite de (38-63%) en almendra de piñón; esta variación está relacionada con las condiciones ambientales y dosis de fertilización; pues la mayoría de las accesiones analizadas, provienen de arbustos silvestres, en cambio, al porcentaje de lípidos, cenizas y humedad no se encontraron diferencias significativas, solamente en contenido proteico.

CONCLUSIONES

La asociación de cultivos de piñón con frijol y cacahuete, permitirán al productor obtener beneficios económicos adicionales, al menos durante los dos primeros años.

Respecto al análisis químico proximal de la semilla de piñón, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, solo en el contenido proteico donde mostró diferencias, tomando en cuenta que todas las semillas son de una sola procedencia (Veracruz) esto puede deberse a que en el tratamiento T3, el frijol, fijara más nitrógeno atmosférico beneficiando a la planta de piñón.

El tratamiento que alcanzo mayor altura fue el tres (T3), mientras que en el diámetro del tallo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Es recomendable utilizar leguminosas para la asociación con piñón, para beneficiar que haya fijación de nitrógeno y se enriquezca el suelo en beneficio de la planta.

LITERATURA CITADA

- Ernkerlin C.E. 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Enkerlin Hoefflich, E.C. (ed.) Internacional Thomson Editores, México.
- Gimeno V., Syvertsen J.P., Simón I., Nieves M., Díaz-López L., Martínez V., García-Sánchez F. 2012. Physiological and morphological responses to flooding with fresh or saline water in *Jatropha curcas*. Environ. Exp. Bot. 78, 47-55.
- Martínez-Herrera J., Martínez Ayala A.L., Makkar H., Francis G., Becker K. 2010. Agroclimatic Conditions, Chemical and Nutritional Characterization of Different Provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. European J. Scient.. Res. 39, 396-407.
- Martínez-Herrera J., Siddhuraju P., Francis G., Dávila O.G., Becker K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico, Food Chem. 96, 80-89
- Official Methods of Analysis of AOAC (1990). International; Association of Analytical Chemist: Washington, D.C., USA,

POLÍMEROS PARA ELABORAR LA SEMILLA ARTIFICIAL CP-54 DE CAÑA DE AZÚCAR

POLYMERS TO DEVELOP THE ARTIFICIAL SEED CP-54 SUGARCANE

¹Álvarez Sánchez GF, ²Salgado García S, ¹Córdova Sánchez S, ²Castelán Estrada M, ²García de la Cruz R.

¹División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AEES. ²Áreas de Ciencia Ambiental y Vegetal. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México. Grupo MASCAÑA-LPI-2: AEES. Autor para correspondencia: salgados@colpos.mx

RESUMEN

La siembra mecanizada de precisión de la caña de azúcar se ha visto retrasada debido a las fallas de germinación ocasionadas en el proceso de siembra. El objetivo del estudio fue evaluar diferentes polímeros y cultivares para elaborar la semilla artificial CP-54 de caña de azúcar, y determinar que tratamiento presenta las mejores propiedades de resistencia y protección. El experimento se estableció con un diseño factorial 3x4: tres cultivares (Méx 69-290, Méx 68-P-23 y CP 72-2086) y cuatro polímeros (almidón, grenetina, poliacrilato de sodio y alginato de sodio), generando 12 tratamientos que se realizaron con 50 repeticiones. Las yemas fueron extraídas manualmente de los tallos con una segueta, el tamaño de la yema fue de 55 mm para asegurar las reservas nutritivas para la plántula, fueron desinfectadas por inmersión. Cada cultivar se encapsuló con cada uno de los polímeros, y se dejaron secar durante 72 h a la sombra. Las variables de estudio fueron estado físico de la semilla, prueba de resistencia al movimiento y de resistencia reológica. Estado físico del encapsulado, Méx 68-P-23 y CP 72-2086 presentaron el mejor estado físico con 83 y 78%, y los encapsulados con almidón y alginato de sodio presentaron un estado físico > 94%. Resistencia al movimiento, Méx 68-P-23 presentó mejor resistencia en el encapsulado con 74%, en comparación con los cultivares Méx 69-290 y CP 72-2086, y los encapsulados con almidón y alginato de sodio presentaron una resistencia > 91%. Prueba reológica, Méx 68-P-23 y CP 72-2086, requieren de un esfuerzo > 3.43 kg/cm² para romper el encapsulado, y los encapsulados con almidón y alginato de sodio requieren de una fuerza > 3.98 kg/cm² para romperse. El almidón y el alginato de sodio permiten elaborar una semilla artificial de caña de azúcar con resistencia para ser depositada en el suelo con sembradora.

Palabras clave: *Saccharum officinarum* L, semilla artificial de caña de azúcar, siembra mecanizada de precisión.

INTRODUCCIÓN

En México la industria azucarera es históricamente una de las más importantes, debido a su relevancia económica y social en el campo (Salgado *et al.* 2013). Para el manejo agronómico y cosecha de la caña de azúcar, se requiere de maquinaria agrícola para cada propósito. Respecto a la siembra, ésta es una actividad semi-mecánica al combinar operaciones manuales y mecanizadas; el surcado, el tapado de las semillas, la aplicación de insecticidas y fertilizantes, se efectúan mecánicamente, mientras que el corte de la semilla, su distribución en el surco, y comúnmente el retape son tareas manuales (Viveros *et al.* 1995; Salgado *et al.* 2013).

Dicha mano de obra utilizada en el sistema semi-mecánico es cada vez más costosa y difícil de conseguir, lo que indica la necesidad de una operación totalmente mecánica cuya ventaja principal es la reducción de mano de obra y costos de operación. Sin embargo, con más de tres décadas de experiencia, aún no se ha logrado reducir la cantidad de yemas requeridas y lograr la eficiencia de una siembra mecanizada, que debido a un manejo deficiente de las sembradoras, las yemas sufren daños que afectan la germinación hasta 38%. (Salgado *et al.* 2009; Rípoli y Rípoli 2010).

La tecnología de las semillas artificiales ha demostrado su viabilidad en la conservación y propagación de semillas con fines comerciales. El término semilla artificial describe generalmente a un embrión somático, encapsulado con una cubierta sintética que lo protege del ambiente y daños mecánicos, además la cubierta debe aportar nutrientes y ser lo suficientemente blanda para permitir la germinación, y el intercambio gaseoso (Morales y Cano 2012). El objetivo de este trabajo fue elaborar

la semilla artificial CP-54 de caña de azúcar utilizando polímeros para proteger a la yema de los posibles daños mecánicos durante su manipulación, asumiendo que al menos uno de los polímeros presenta las características adecuadas de resistencia y protección a las yemas de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, la tercera semana de agosto de 2014. Las muestras de caña se tomaron en plantaciones de caña de azúcar de ocho meses de edad, localizadas en el poblado C-34 del municipio de Huimanguillo Tabasco, con coordenadas geográficas: 17° 58' 16" N, -93° 37' 30" W.

Para lograr la obtención de un encapsulado óptimo que le brinde resistencia a la yema sin afectar su germinación, se estableció un diseño factorial 3x4: tres cultivares (Méx 69-290, Méx 68-P-23 y CP 72-2086) y cuatro polímeros (almidón, grenetina, poliacrilato de sodio y alginato de sodio). La combinación de estos factores generó 12 tratamientos, que se evaluaron con un diseño completamente al azar con 50 repeticiones cada una.

Obtención de las yemas de caña de azúcar. Con el uso de un machete se cortaron los tallos de caña de azúcar de los tres cultivares ya mencionados. Con el uso de una segueta se cortaron trozos de tallos con yemas de 35 mm de longitud, que debían contar con 25 mm de reserva de la cicatriz hacia abajo y de 15 mm en la parte superior, para que la banda de raíces y la yema, no se dañaran.

Desinfección de trozos de tallos con yemas. Las yemas fueron desinfectadas en una solución de Malathión 50 EC (Agroquímica Tridente) al 0.1% (2 mL/L de agua) y Carbendazim (Prozycar® 500) al 0.1% (1 mL/L de agua). Se sumergieron las yemas en la solución durante 10 minutos y posteriormente se dejaron secar por 10 minutos.

Encapsulado de las yemas de caña de azúcar. Se realizó a partir de cuatro polímeros:

Almidón. Se utilizaron 100 g de fécula de maíz (Maizena®) y 1 L de agua. En una parrilla eléctrica (modelo Cimarec, Thermo scientific, USA) se colocó un vaso de precipitado (KIMAX®, USA) con 750 mL de agua para calentarla. La fécula de maíz se disolvió con 250 mL de agua en un vaso de precipitado, a esta mezcla se le agregaron los 750 mL de agua caliente, y se agitó hasta homogeneizarla. Se pesaron 400 g de paja molida seca, utilizando una balanza granataria (modelo TJ611, OHAUS®, México). Se colocó la paja molida en una bandeja de plástico y se le adicionó la mezcla de almidón para formar una pasta. Con la pasta se cubrieron las yemas manualmente hasta darles la forma de una cápsula y se colocaron en una bandeja de plástico para dejarlos secar durante 72 horas a la sombra. El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm.

Grenetina. Se mezclaron 250 g de grenetina (Duche®) con 1 L de agua en un vaso de precipitado. A esta mezcla se le aplicó calor utilizando una parrilla eléctrica para eliminar los grumos y homogeneizarla. Cuando la mezcla se homogeneizó, se retiró del calor para reducir su temperatura a 32°C, con la finalidad de evitar que el calor de la mezcla dañara la yema. En una bandeja de plástico se vertió la mezcla de grenetina y se le agregaron 100 g de paja molida seca para formar una pasta. Las yemas se sumergieron en la mezcla de grenetina con paja y se colocaron en una bandeja de plástico para cubrirlas con paja molida. Los encapsulados se dejaron secar en una bandeja de plástico durante 72 horas a la sombra. El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm.

Poliacrilato de sodio. Se mezclaron 400 mL de resistol blanco (Bully®) con 100 mL de agua en un vaso de precipitado, las yemas se cubrieron manualmente con esta mezcla y se colocaron en una bandeja de plástico para cubrirlas con poliacrilato de sodio (SIGMA-ALDRICH®). Los encapsulados se dejaron secar en una bandeja de plástico durante 72 horas a la sombra. El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm.

Alginato de sodio y cloruro de calcio. Se mezclaron 20 g de alginato de sodio (MEYER®) con 1 L de agua en un vaso de precipitado, agitando constantemente para evitar la formación de grumos. De igual manera se mezclaron 112 g de cloruro de calcio (J.T. Baker®) con 1 L de agua en un vaso de precipitado. En el vaso de precipitado que contenía la mezcla de alginato de sodio se agregaron 300 g de paja molida seca para formar una pasta. Con la pasta se cubrieron las yemas manualmente hasta

darles la forma de una cápsula. Las cápsulas se sumergieron en la solución de cloruro de calcio por 5 minutos, para la solidificación del polímero y posteriormente se colocaron en una bandeja de plástico para dejarlos secar durante 72 horas a la sombra. El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm.

Variables de estudio

Estado físico de la semilla artificial. Para su evaluación se realizó un análisis visual del estado físico de los encapsulados después de 72 horas de reposo, utilizando la siguiente escala; 1: Estado físico integro sin deformaciones ni alteraciones, 0: Encapsulado con desprendimiento de la cubierta, procesos de germinación o crecimiento de hongos. Solo los encapsulados en buen estado fueron aptos para realizarles la prueba de resistencia al movimiento y la prueba de resistencia reológica.

Prueba de resistencia al movimiento. Los encapsulados se colocaron en una charola de plástico, la cual se movió de un lugar a otro en 10 ocasiones, simulando el movimiento que se lleva a cabo durante el proceso de siembra. Se realizó la evaluación con la siguiente escala; 1: Encapsulados en buen estado, 0: Encapsulados que sufrieron pérdida parcial o total de su recubrimiento.

Prueba de resistencia reológica. Con un penetrómetro de bolsillo (modelo E-280, AMS®, USA) se ejerció fuerza sobre el centro de los encapsulados hasta romperlos o deformarlos y se registró el dato del esfuerzo necesario (kg/cm^2) para romper o deformar cada encapsulado.

Análisis estadístico. Para todas las variables se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, usando el paquete SAS versión 9.3.

Resultados y discusión

Estado físico de la semilla artificial. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, con respecto al factor cultivar se encontró que los cultivares Méx 68-P-23 y CP 72-2086 presentaron mejor estado físico del encapsulado (83 y 78% respectivamente), que el cultivar Méx 69-290 que obtuvo una media de 76% (Cuadro I).

En cuanto al factor polímero se observó que los encapsulados con almidón, alginato de sodio y poliácrlato de sodio presentaron mejor estado físico (95, 94 y 100% respectivamente) en comparación con el encapsulado de grenetina (26%) (Cuadro I).

La interacción cultivar-polímero (C-P), nos indica que el mejor estado físico se observó en los encapsulados de almidón, poliácrlato de sodio y alginato de sodio (Figura I), corroborando lo encontrado por Salgado *et al.* (2009) para el encapsulado con almidón.

Resistencia al movimiento. Para el factor cultivar se encontró que la Méx 68-P-23 presentó mejor resistencia en el encapsulado (74%) en comparación con los cultivares Méx 69-290 y CP 72-2086 (71%) (Cuadro II). El efecto polímero indica que los encapsulados con almidón, poliácrlato de sodio y alginato de sodio presentaron la mayor resistencia al movimiento (91, 100 y 89% respectivamente), en comparación con el encapsulado con grenetina (Cuadro II), ya que este último resultó frágil y sin consistencia, corroborando lo observado en el estado físico. No se encontró artículos sobre la evaluación de la resistencia al movimiento de semillas artificiales de caña de azúcar, por lo que este trabajo puede considerarse pionero en su tipo.

Prueba de resistencia reológica. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, con respecto al factor cultivar se encontró que los cultivares Méx 68-P-23 y CP 72-2086, requieren de un esfuerzo mayor de 3.48 kg/cm^2 y 3.43 kg/cm^2 respectivamente, en comparación al cultivar Méx 69-290 que mostró una de resistencia de 3.28 kg/cm^2 (Cuadro III).

En cuanto al factor polímero se observó que los encapsulados con almidón, poliácrlato de sodio y alginato de sodio presentaron una mayor resistencia reológica (3.98 , 4.5 y 4.27 kg/cm^2 respectivamente), en comparación al encapsulado con grenetina que mostró una resistencia de 0.84 kg/cm^2 , este último resultó un encapsulado frágil, por lo cual se descarta para este propósito (Cuadro III).

Cuadro I. Estado físico de la semilla artificial CP-54 de caña de azúcar.

Polímeros	Méx 69-290	Méx 68-P-23	CP 72-2086	Media del polímero (%)
Almidón	1.00	0.96	0.90	0.95 a [†]
Poliacrilato de sodio	1.00	1.00	1.00	1.00a
Alginato de sodio	0.94	0.96	0.94	0.94 ^a
Grenetina	0.12	0.40	0.28	0.26b
Media del cultivar (%)	0.76 b [‡]	0.83 a	0.78 ab	0.79%
CV (%)	33.4			
Prob. F				
Cultivar (C)	0.03*			
Polímero (P)	0.01**			
Int (C-P)	0.01**			
DSM (C)	0.06 NS			
DSM (P)	0.07 NS			

*Efecto significativo, ** Efecto altamente significativo, NS: no significativo. [†]Medias con la misma literal en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$). [‡]Medias con la misma literal en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro II. Prueba de resistencia al movimiento.

Polímeros	Méx 69-290	Méx 68-P-23	CP 72-2086	Media del polímero (%)
Almidón	1	0.95	0.8	0.91 a [†]
Poliacrilato de sodio	1	1	1	1 a
Alginato de sodio	0.84	0.92	0.92	0.89 a
Grenetina	0	0.12	0.12	0.08 b
Media del cultivar (%)	0.71 a [‡]	0.74 a	0.71 a	0.72%
CV (%)	35.8			
Prob. F				
Cultivar (C)	0.5 NS			
Polímero (P)	0.01**			
Int (C-P)	0.06 NS			
DSM (C)	0.08			
DSM (P)	0.1			

*Efecto significativo. **Efecto altamente significativo. NS no significativo. [†]Medias con la misma literal en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$). [‡]Medias con la misma literal en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro III. Prueba de resistencia reológica

	Méx 69-290	Méx 68-P-23	CP 72-2086	Media del polímero (kg/cm ²)
Almidón	4.16	3.78	4.00	3.98b [†]
Poliacrilato de sodio	4.50	4.50	4.50	4.50a
Alginato de sodio	4.24	4.32	4.26	4.27ab
Grenetina	0.22	1.32	0.98	0.84c
Media del cultivar (kg/cm ²)	3.28 a [‡]	3.48 a	3.43 a	3.39%
CV (%)	30.06			
Prob. F				
Cultivar (C)	0.34*			
Polímero (P)	0.01**			
Int (C-P)	0.02*			
DSM (C)	0.34			
DSM (P)	0.433			

*Efecto significativo, **Efecto altamente significativo, NS no significativo

[†]Medias con la misma literal en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$).

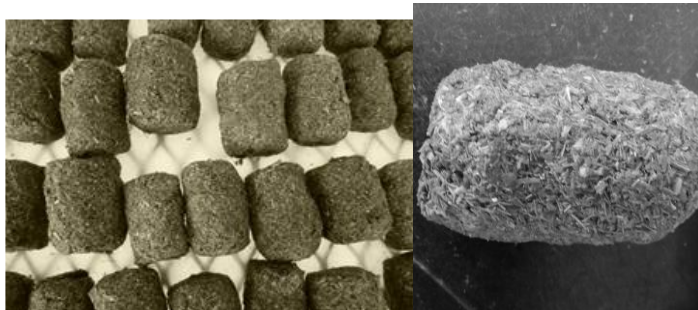
[‡]Medias con la misma literal en la columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$).



a) Encapsulados con almidón



b) Encapsulados con poliacrilato de sodio



c) Encapsulados con alginato de sodio



d) Encapsulados con grenetina

Figura I. Semilla artificial CP-54 de caña de azúcar después de 72 horas de reposo.

CONCLUSIONES

El mejor estado físico de la semilla artificial se obtuvo en los cultivares Méx 68-P-23 y CP 72-2086 encapsulados con los polímeros almidón, alginato de sodio y poliacrilato de sodio.

La prueba de resistencia al movimiento mostró que los cultivares Méx 68-P-23 y CP 72-2086 encapsulados con almidón, poliacrilato de sodio y alginato de sodio presentaron mayor resistencia, una característica deseable para la protección de las yemas durante la siembra mecanizada.

La prueba de resistencia reológica, indicó que los cultivares Méx 68-P-23 y CP 72-2086 encapsulados con almidón, alginato de sodio y poliacrilato de sodio, presentaron mayor resistencia, lo que permite mantener su propiedad de protección. El poliacrilato de sodio, a pesar de tener una excelente resistencia reológica, generó apelmazamiento, lo cual impediría la distribución de las semillas durante la siembra mecanizada por lo que se descarta para dicho propósito. En el caso de la grenetina, este resultó frágil y sin consistencia, por lo cual se descarta como material encapsulante.

La mejor semilla artificial CP-54 de caña de azúcar se obtuvo con los cultivares Méx 68-P-23 y CP 72-2086 encapsulados con almidón y alginato de sodio, los cuales, otorgan las características adecuadas de resistencia y protección a las yemas de caña de azúcar.

LITERATURA CITADA

- Morales, M.E.J. y Cano, S.J.S. 2012. Semillas sintéticas. El campo del futuro. *Revista Ciencia y Desarrollo*. CONACYT. Edición Marzo-Abril 2012. México. 16-21.
- Rípoli, M.C.L. y Rípoli, C.C.T. 2010. Evaluation of five sugarcane planters. *Eng. Agríc. Jaboticabal*, 30(6): 1110-1022.
- Salgado, G.S., Ortiz, L.H., Castelán, E.M., Córdova, S.S, Álvarez, S.G.F., y Arias, C.H.L. 2015. Semilla artificial de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco Solicitud MX/E/2015/049475.
- Salgado, G.S., Lagunes, E.L.C., Núñez, E.R., Ortiz, G.C.F., Bucio, A.L., y Aranda, I.E.M. 2013. *Caña de azúcar: Producción sustentable*. BBA, Colegio de Postgraduados-Mundi Prensa. México, D.F.
- Salgado, G.S., Pons, M., Salaya, J., Villegas, M., Ramos, E., y Alejo, E. 2009. Evaluación preliminar de la capacidad de sobrevivencia de las plántulas de caña de azúcar. In: *Memorias de la XXXII Convención de la ATAM*. Jalapa, Veracruz. 1-6.
- Viveros, C.A. y Calderón, H. 1995. Siembra. En *Cenicaña*. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali. Cenicaña. 131-139.

Sección Tercera:

Ganadería

NIVELES DE IgA EN CORDEROS DE PELO EN SU PRIMERA INFECCION NATURAL CON NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN TABASCO.

IgA LEVELS IN HAIR LAMBS IN THEIR FIRST NATURAL INFECTION WITH GASTROINTESTINAL NEMATODES IN TABASCO, MEXICO.

¹González Garduño R, ²Zaragoza Vera M, ²Zaragoza Vera CV, ²Arjona Jiménez G, ¹Navarro Martínez F

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE). Universidad Autónoma Chapingo (UACH), km 7.5 Carretera Teapa-Vicente Guerrero, Teapa, Tabasco, México.

²División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: robgardu@hotmail.com

RESUMEN

El desarrollo de inmunidad en los ovinos es una alternativa de control contra nematodos gastrointestinales (NGI), por lo que el objetivo del estudio fue determinar la respuesta inmune de corderos medida a través de la producción de IgA durante la primera infección natural de corderos de pelo en condiciones de trópico húmedo en México. Se utilizaron 72 corderos de tres meses de edad. Cada mes se adquirieron seis corderos que fungieron como animales rastreadores. Los corderos salieron a pastoreo durante un mes y posteriormente se estabularon durante 30 días. Los muestreos se realizaron al finalizar el pastoreo (día 30), a los quince días (día 45) y al final del periodo de estabulación (día 60). Se determinó el número de huevos de NGI por gramo de heces (HPG), de la sangre se obtuvo suero para determinar IgA mediante una ELISA indirecta contra antígenos de nematodos adultos de *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* y *Cooperia curticei*. También se obtuvo saliva que se analizó con una ELISA utilizando un antígeno de extracto larval. Los datos fueron analizados con un modelo de medidas repetidas en el tiempo. Las mayores infecciones ocurrieron durante la época de nortes (octubre, noviembre y diciembre) con conteos de 7933, 7890 y 13983 HPG, mientras que durante la época de secas (febrero a abril) los conteos oscilaron entre 2300 a 2600HPG. A los 60 días, los corderos Pelibuey presentaron mayor HPG que las razas Katahdin y Blackbelly. Los niveles de IgA mostraron diferencias entre meses, entre periodos de muestreo (30, 45 y 60 días postinfección) y entre municipios, pero los niveles fueron menores al 5% respecto al estándar positivo. Se concluye que los parámetros inmunológicos en los corderos primo-infectados se encuentran deprimidos durante la primera infección.

Palabras clave: *inmunidad, nematodos parásitos, Haemonchus contortus, Trichostrongylus colubriformis, Cooperia curticei.*

INTRODUCCIÓN

La producción de ovinos en pastoreo en climas cálidos se encuentra fuertemente limitada por los parásitos gastrointestinales debido a que éstos afectan el comportamiento productivo y reproductivo de los animales (Biffa et al., 2006). Las razas de pelo como la Pelibuey (González et al., 2008), Blackbelly (Gruner et al., 2003) y Katahdin (Burke y Miller, 2004) se han destacado por presentar un mayor grado de resistencia que las razas de lana al ataque de los nematodos gastrointestinales (Alba-Hurtado et al., 2010; MacKinnon et al., 2010) y se ha indicado que cerca del 10% de los animales contemporáneos presentan algún grado de resistencia natural a los NGI y por lo tanto excretan huevos de nematodos por debajo del promedio de la población (González-Garduño et al., 2013). En los programas de mejoramiento genético es importante seleccionar a los animales durante la primera etapa de su vida, porque se incrementa el avance en la selección y de esta manera se transmiten los genes más rápidamente a las futuras generaciones, por lo que la hipótesis que se planteó fue que en la primera infección con NGI los corderos de pelo no presenta índices inmunológicos por lo que la baja resistencia del huésped originará alta infección. Dado lo anterior se propuso como objetivo evaluar los niveles de IgA durante la primera infección natural de corderos de pelo en condiciones de trópico húmedo de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se desarrolló en tres municipios de la sierra del estado de Tabasco (Teapa, Tacotalpa y Jalapa). Los municipios se encuentran ubicados entre los 17°34' N y 92°29' W a 85. El clima de la región corresponde al de bosque lluvioso de acuerdo a Kottek et al. (2006), esto es cálido húmedo con lluvias todo el año. La temperatura promedio es de 26.6 °C y la precipitación media de los tres municipios es de 3289 mm (CONAGUA 2014).

Los análisis de las muestras coproparasitoscópicas se realizaron en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACA-UJAT) y las muestras de sangre se procesaron en el laboratorio de la Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), ubicado en el Municipio de Teapa, Tabasco.

Cada mes se adquirieron seis corderos predestete de tres meses de edad, para prevenir que estuvieran infectados con PGI. Estos corderos servirían como animales rastreadores y por lo tanto se buscaron corderos sin infecciones parasitarias evidentes. Los corderos salieron a pastoreo durante un mes y posteriormente se estabularon durante 30 días para determinar los conteos fecales de huevos y los valores celulares periféricos. Se hicieron muestreos en diferentes periodos, antes del pastoreo (día -5), posteriormente un muestreo al final el pastoreo (día 30), un muestreo intermedio (día 45) y al final de la etapa de estabulación (día 60).

La determinación de la carga parasitaria se realizó mediante la técnica de McMaster, la cual es usada para obtener una estimación del número de huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces (Thienpont et al. 1986).

Se tomaron muestras de sangre en tubos vacutainer de 5 ml (Becton Dickinson, USA). El suero sanguíneo se envasó y se almacenó a -20°C para los análisis de inmunoglobulinas que se realizaron posteriormente.

Determinación de IgA mediante ELISA. Para determinar los niveles de IgA en suero y saliva se realizó una ELISA indirecta utilizando antígeno de extracto crudo de nematodos adultos de *H. contortus*, *T. colubriformis* y *C. curticei* de acuerdo a la metodología descrita por Bowdridge et al. (2013). Después se fijaron los antígenos en placas de poliestireno (Nunc MaxiSorb, 96- pozos) a una concentración de 2.5 µg por ml en 100 microlitros de tampón carbonato (30 mM)-bicarbonato (80 mM) a pH 9.6 y se almacenaron toda la noche a 4°C. Las placas se lavaron tres veces durante 5 minutos con PBST (PBS-Tween 20 al 0.05% a pH 7.2). Después se procedió a bloquear los lugares libres de las placas con una solución de leche descremada al 5% en PBST, incubándolas a 37°C durante 1 hora. Las placas se lavaron tres veces de la misma forma y posteriormente se aplicaron por triplicado 100 µl por pocillo de los sueros diluidos 1:100 (saliva 1:20) en una solución de PBST y se incubó durante 1 hora a 37°C. El revelado de la reacción se llevó a cabo mediante la adición de 100 µl por pocillo de una solución de conjugado (rabbit anti-sheep horse radish peroxidase IgG, Bethyl Laboratories, Montgomery, AL, USA) a una dilución de 1:5000 en PBST incubándose 45 minutos a 37°C. Después de nuevos lavados se aplicó el sustrato (tetramethyl benzidine (TMB) substrate, Sigma Aldrich, USA) por 15 min a temperatura ambiente. Finalmente, la reacción se frenó mediante la adición de 50 µl por pocillo de una solución de ácido sulfúrico 1M, llevándose a cabo la determinación de la densidad óptica mediante un lector de placa de ELISA a una longitud de onda de 450 nm. El valor final se obtuvo restando a cada pozo los valores de los pozos sin suero lo que representó la unión inespecífica del conjugado (Andronicos et al., 2010).

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados con un modelo de medidas repetidas en el tiempo usando el paquete estadístico SAS (SAS 2004) donde los efectos fijos fueron los distintos factores estudiados y los efectos aleatorios fueron los animales.

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \rho_j + \gamma_k + \zeta_l + \psi_m + \tau^*\zeta_{il} + \gamma^*\zeta_{kl} + \rho^*\zeta_{jl} + \psi^*\zeta_{lm} + \delta_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Observancia de IgA, HPG. μ = Media general, τ_i = Efecto fijo de género del animal. ρ_j = Efecto del municipio. γ_k = Efecto del mes de muestreo. ζ_l = Efecto del periodo de muestreo. ψ_m = Efecto de la raza. $\tau^*\zeta_{il}$ = Efecto conjunto del género por el periodo. $\gamma^*\zeta_{kl}$ = Efecto conjunto de mes por el periodo. $\rho^*\zeta_{jl}$ = Efecto conjunto del municipio por el periodo. $\psi^*\zeta_{lm}$ = Efecto conjunto de la raza por el periodo. δ_k = Efecto aleatorio del cordero. ε_{ijkl} = Error residual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices parasitológicos. Las mayores infecciones con NGI ocurrieron durante la época de nortes que comprende los meses de octubre, noviembre y diciembre, esto se reflejó en los conteos fecales de huevos de nematodos registrados en noviembre, diciembre y enero, cuando los corderos aumentaron a los valores máximos registrados de 7933, 7890 y 13983 HPG, respectivamente (Figura 1). Mientras que durante el pastoreo en la época de secas (febrero a abril) los conteos oscilaron entre 2300 a 2600HPG y se incrementaron en junio a 4100 HPG (pastoreo de mayo) (Figura 1).

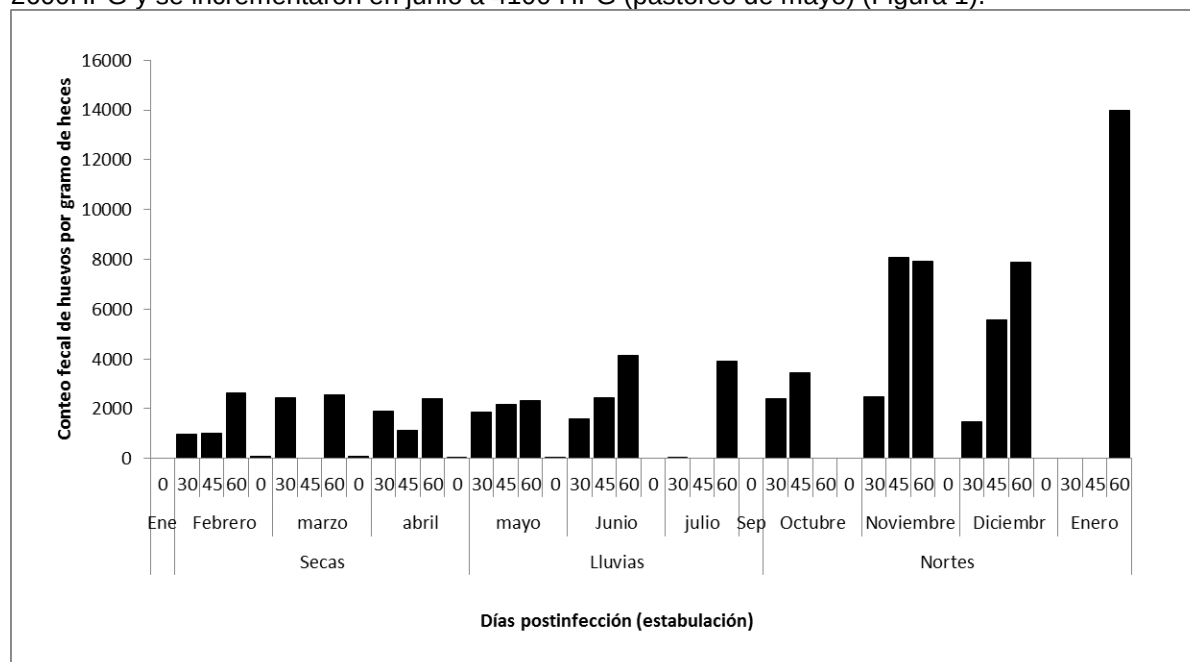


Figura 1. Conteos fecales de huevos de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo rastreadores en el estado de Tabasco. El día cero indica el mes de pastoreo y del 30 al 60 el mes durante la estabulación.

La diferencia en la excreción fecal de huevos de nematodos en los ovinos rastreadores a través del año se asocia a las diferencias en infección originadas por que las etapas de vida libre de los nematodos gastrointestinales se ven fuertemente afectadas por el clima. Se necesita humedad para el desarrollo y la transmisión de las larvas de las heces a los pastos, y por lo tanto la precipitación es un factor limitante. En conjunto, estos factores originan los patrones estacionales de la infección, así como la variación geográfica de las diferentes especies de nematodos. Sin embargo, el manejo de los rebaños también tiene un papel importante en la determinación de los patrones de infección, y está a su vez influenciada por el clima (Morgan y Van Dijk, 2012). En otros estudios ya se ha indicado que la época de lluvias es en la que se presentan los mayores conteos fecales de huevos de nematodos (Sissay et al., 2007), y también las fluctuaciones de las diferentes especies que predominan dependen de las condiciones ambientales (Nwosu et al., 2007)

Tal como era de esperarse los máximos conteos ocurrieron 60 días posteriores de iniciado el pastoreo con un promedio cercano a los 5000 HPG. Los municipio en los que los corderos excretaron mayor número de HPG fue en Tacotalpa (3109 HPG) y Teapa (2091 HPG), mientras que en la raza Pelibuey se observaron los mayores CFH de nematodos (Cuadro 1). Los mayores conteos de huevos se observaron a los 60 días de iniciada la infección, lo cual es lógico dado que después de un mes de estabulación los animales alojaban especímenes de nematodos adultos y por lo tanto las correlaciones de huevos y total de parásitos adultos tienen los mayores valores (Datos no presentados). Esto coincide con lo indicado en un estudio previo en la zona en la que la mayor correlación entre los conteos fecales de huevos y el número de parásitos adultos fue a los 45 días después de la infección (González et al., 2013), especialmente cuando abundó *Haemonchus contortus* los coeficientes de correlación fueron altos. Como se ha señalado anteriormente, esta situación estuvo asociada a las condiciones ambientales ya que la mayor prevalencia de esta especie ocurre en la

época de nortes y por lo tanto los conteos fecales en los meses de octubre a enero son los mayores del año.

Las principales especies de nematodos observadas fueron: *Haemonchus contortus*, *Cooperia curticei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Oesophagostomum colombianum*, *Trichuris ovis*. También se observó el cestodo *Moniezia expansa* y el trematodo *Paramphistomum*.

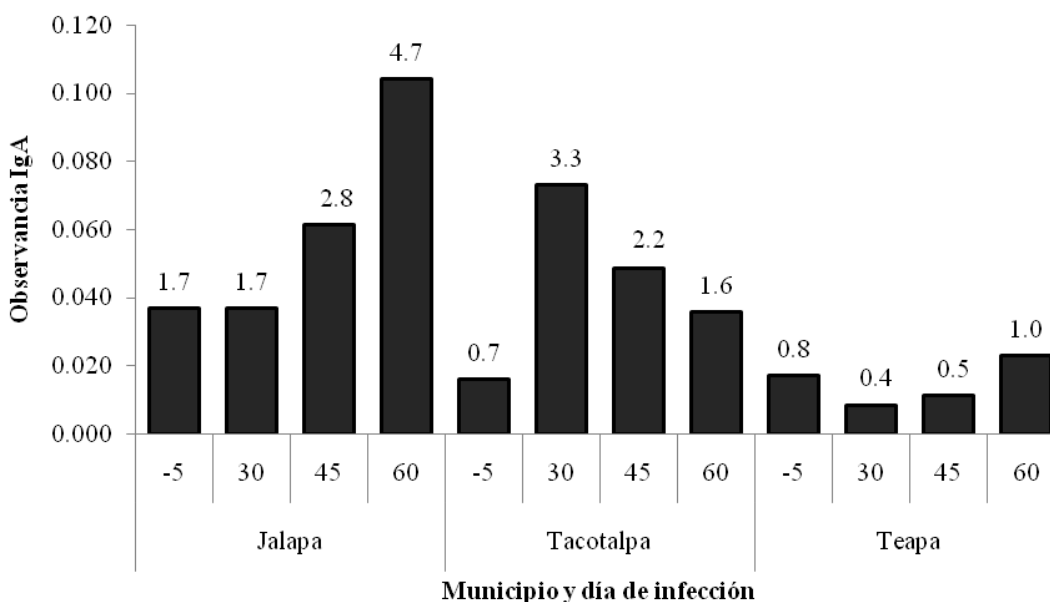
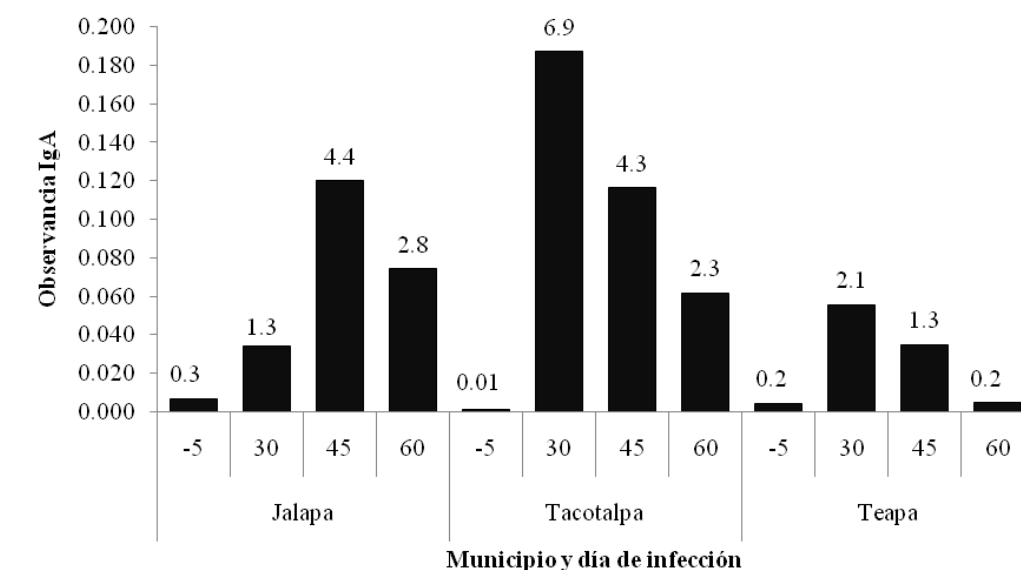
Inmunoglobulina A. Sólo se obtuvieron diferencias en los factores estudiados (municipio, mes, periodo y raza) con los antígenos adultos de *H. contortus*, *T. colubriformis* y *C. curticei*, mientras que no hubo respuesta en saliva al utilizar antígeno de extracto larval. A pesar de encontrarse diferencias entre los factores de estudio, los valores de la IgA durante la primera infección de los corderos fueron sumamente bajos respecto a los estándares utilizados y el porcentaje observado fue menor a 4.4% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia y promedios de los efectos simples de la respuesta inmune (IgA) con cuatro antígenos de nematodos gastrointestinales.

Carga antigénica de nematodos gastrointestinales.									
		<i>Haemonchus</i>		<i>Trichostrongylus</i>		<i>Cooperia</i>		Extracto Larval	
Variable	N	OD	%	OD	%	OD	%	OD	%
Municipio									
		**		**		*		ns	
Jalapa	41	0.054 ^a	2.0	0.061 ^a	2.8	0.034 ^a	1.5	0.065	2.1
Tacotalpa	46	0.077 ^a	2.9	0.039 ^{ab}	1.8	0.043 ^a	1.9	0.081	2.6
Teapa	53	0.023 ^b	0.8	0.015 ^b	0.7	0.012 ^b	0.5	0.099	3.2
Mes									
		**		**		ns		ns	
Diciembre	17	0.070 ^{ab}	2.6	0.024 ^b	1.1	0.034	1.5	0.018	0.6
Enero	8	0.035 ^{bc}	1.3	0.016 ^b	0.7	0.027	1.2	0.041	1.3
Febrero	14	0.075 ^{ab}	2.8	0.055 ^{ab}	2.5	0.041	1.9	0.128	4.1
Marzo	8	0.068 ^{ab}	2.5	0.015 ^b	0.7	0.014	0.6	0.162	5.2
Abril	16	0.014 ^{bc}	0.5	0.041 ^{ab}	1.9	0.028	1.3	0.217	7.0
Mayo	21	0.000 ^c	0.0	0.066 ^{ab}	3.0	0.043	2.0	0.092	3.0
Junio	24	0.021 ^{bc}	0.8	0.012 ^b	0.6	0.007	0.3	0.058	1.9
Julio	9	0.107 ^a	4.0	0.086 ^a	3.9	0.007	0.3	0.080	2.6
Octubre	8	0.055 ^{abc}	2.0	0.014 ^b	0.6	0.024	1.1	0.025	0.8
Noviembre	15	0.119 ^a	4.4	0.032 ^{ab}	1.5	0.050	2.3	0.019	0.6
Periodo (días pre y postinfección).									
		*		ns		ns		ns	
-5	43	0.004 ^c	0.1	0.021	1.0	0.017	0.8	0.092	3.0
30	27	0.084 ^a	3.1	0.036	1.6	0.032	1.5	0.059	1.9
45	23	0.089 ^a	3.3	0.040	1.8	0.037	1.7	0.087	2.8
60	37	0.046 ^b	1.7	0.054	2.4	0.034	1.5	0.096	3.1
Raza									
		ns		ns		ns		ns	
Blackbelly	75	0.045	1.7	0.045	2.1	0.039	1.8	0.115	3.7
Katahdin	39	0.037	1.4	0.028	1.3	0.007	0.3	0.059	1.9
Pelibuey	26	0.081	3.0	0.024	1.1	0.030	1.4	0.027	0.9
Desviación estándar		0.073	2.7	0.061	2.8	0.039	1.8	0.113	3.6

De las interacciones estudiadas el mes y el periodo de muestreo (-5, 30, 45 y 60 días post-infección) fueron significativas para los antígenos de *H. contortus* y *C. curticei*, mientras que en la interacción del municipio con el periodo de muestreo todos los antígenos adultos (*H. contortus*, *T. colubriformis* y *C. curticei*) fueron significativos. Con el antígeno de *H. contortus* los niveles de IgA fueron superiores al terminar el pastoreo (30 días) y posteriormente durante la etapa de estabulación se redujeron los niveles hasta el día 60 (Figura 2a). Sin embargo, en Jalapa la respuesta fue diferente para *T. colubriformis*, cuyo valor de IgA se incremento paulatinamente hasta los 60 días de iniciado el experimento (Figura 2b).

a) *H. contortus*



b) *T. colubriformis*

Figura 2. Observancia (OD) y valor respecto a un estándar positivo (%) de la IgA en suero contra un antígeno crudo de adultos de a) *H. contortus* y b) *T. colubriformis*, en corderos infectados naturalmente en pastoreo

CONCLUSIONES

Se concluye que las condiciones ambientales en la región de la Sierra del estado de Tabasco originan una mayor prevalencia de nematodos gastrointestinales en la época de nortes (octubre a enero) con mayores consecuencias para los ovinos ya que no se observa una respuesta inmunológica importante en los niveles de IgA por efecto de la infección.

LITERATURA CITADA

- Alba-Hurtado, F., Romero-Escobedo, E., Muñoz-Guzmán, M. A., Torres-Hernández, G., and Becerril-Pérez, C. M. 2010. Comparison of parasitological and productive traits of Criollo lambs native to the central Mexican Plateau and Suffolk lambs experimentally infected with *Haemonchus contortus*. *Veterinary parasitology*, 172(3), 277-282.
- Andronicos, N., Hunt, P., and Windon, R. 2010. Expression of genes in gastrointestinal and lymphatic tissues during parasite infection in sheep genetically resistant or susceptible to *Trichostrongylus colubriformis* and *Haemonchus contortus*. *International journal for parasitology*, 40(4), 417-429.
- Biffa, D., Jobre, Y., and Chakka, H. 2006. Ovine helminthosis, a major health constraint to productivity of sheep in Ethiopia. *Animal Health Research Reviews*, 7(1-2), 107-118.
- Bowdridge S, MacKinnon K, McCann JC, Zajac AM, and Notter DR. 2013. Hair-type sheep generate an accelerated and longer-lived humoral immune response to *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology* 196: 172-178.
- Burke, J. M., and Miller, J. E. 2004. Relative resistance to gastrointestinal nematode parasites in Dorper, Katahdin, and St. Croix lambs under conditions encountered in the southeastern region of the United States. *Small Ruminant Research*, 54(1), 43-51.
- Gonzalez, J.L., López-Arellano, M.E., Olazaran-Jenkins, S., Liébano-Hernandez, E., Gives, D., Mendoza, P., and Calderon, R. 2008. Phenotype characterization of Pelibuey native lambs resistant to *Haemonchus contortus*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1149(1), 177-179.
- González-Garduño, R., Mendoza-de Gives, P., and Torres-Hernández, G. 2013. Variability in the fecal egg count and the parasitic burden of hair sheep after grazing in nematode infected paddocks. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 33(4), 469-475.
- Gruner, L., Aumont, G., Getachew, T., Brunel, J. C., Pery, C., Cognie, Y., and Guerin, Y. 2003. Experimental infection of Black Belly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites. *Veterinary Parasitology*, 116(3), 239-249.
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., and Rubel F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15(3): 259-63.
- MacKinnon, K.M., Zajac, A.M., Kooyman, F.N.J., and Notter, D.R. 2010. Differences in immune parameters are associated with resistance to *Haemonchus contortus* in Caribbean hair sheep. *Parasite immunology*, 32(7), 484-493.
- Morgan, E.R., and Van Dijk, J. 2012. Climate and the epidemiology of gastrointestinal nematode infections of sheep in Europe. *Veterinary parasitology*, 189(1), 8-14.
- Nwosu, C.O., Madu, P.P., and Richards, W.S. 2007. Prevalence and seasonal changes in the population of gastrointestinal nematodes of small ruminants in the semi-arid zone of north-eastern Nigeria. *Veterinary parasitology*, 144(1), 118-124.
- SAS Institute Inc (2004) SAS/STAT® User's Guide, Version 9.2, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sissay, M.M., Uggla, A., and Waller, P.J. 2007. Epidemiology and seasonal dynamics of gastrointestinal nematode infections of sheep in a semi-arid region of eastern Ethiopia. *Veterinary Parasitology*, 143(3), 311-321.
- Thienpont D, Rochette F, Vanparijs OFJ. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. Janssen Research Foundation, Beerse, Bélgica.

Referencias informáticas.

CONAGUA. 2015. Servicio Meteorológico Nacional. México.
<http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL07196.TXT>. Consultado 15 de noviembre de 2015.

FRACCIONAMIENTO DEL EXTRACTO HIDRO-ALCOHÓLICO DE *Acacia cochliacantha* Y SU EFECTO CONTRA HUEVOS DEL PARÁSITO NEMATODO *Haemonchus contortus*

HIDRO-ALCOHOLIC EXTRACT FRACTION FROM *Acacia cochliacantha* AND ITS EFFECT AGAINST NEMATODE PARASITE *Haemonchus contortus* EGGS

²Castillo Mitre GF, ³Zamilpa A, ²Rojo Rubio R, ³Cortázar González M, ¹Reyes Guerrero DE, ¹Mendoza de Gíves P, ¹López Arellano ME, ¹Ramírez Vargas G, ¹Olmedo Juárez A

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria (CENID PAVET). Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla No. 8534 / Col. Progreso. C.P. 62550 Jiutepec, Morelos / A.P. 206-CIVAC.

²Gastón Federico Castillo Mitre. Centro Universitario UAEM-Temasaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México, km 67.5. Carr. Fed. Toluca-Tejupilco, Temascaltepec, Estado de México, CP 51300.

³Centro de Investigación Biomédica del Sur, Instituto Mexicano del Seguro Social. Argentina No. 1. Col. Centro. CP 62790 Xochitepec, Morelos, México.
Autor para correspondencia: aolmedoj@gmail.com.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue fraccionar un extracto hidro- alcohólico de *Acacia cochliacantha*, para evaluar su efecto sobre la inhibición de eclosión de huevos (IEH), del nematodo *Haemonchus contortus*. Las fracciones fueron obtenidas a partir del extracto integro mediante una bipartición con acetato de etilo, con la finalidad de separar por polaridad los compuestos bio-activos e identificarlos cualitativamente mediante cromatografía de capa fina. Tanto al extracto integro, como a las fracciones se les determino un tamizaje fitoquímico cualitativo, para revelar la presencia de flavonoides o terpenos. Los tratamientos fueron: fracción acuosa (FAq) y fracción orgánica (FACet) a concentraciones de 50, 25, 12.5, 6.2 y 3.1 mg/ ml. Se utilizó ivermectina al 0.05% como control positivo (C⁺), agua destilada y dimetilsulfoxido al 2.5% como controles negativos (C⁻). Los huevos de *H. contortus* fueron expuestos con las fracciones y los controles en placas de 96 pozos durante 48 horas. Los datos de la prueba de IEH, fueron analizados mediante un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar y la comparación de medias se determinó por la prueba de Tukey al 0.05 de significancia. Los resultados del análisis fitoquímico revelan la presencia de flavonoides en la FACet. En la prueba de IEH se observó que la actividad ovicida de la FACet, fue contundente en todas las concentraciones, inhibiendo la eclosión al 100 %. Mientras que en la FAq solo se alcanzó a obtener un 40% de IEH en su máxima concentración (50 mg/ ml). Se concluye que la leguminosa *A. cochliacantha* tiene propiedades nemátocidas y podría utilizarse en futuros experimentos para ser evaluada bajo un modelo *in vivo* con ovinos experimentales y su posible validación en una prueba de campo. Asimismo, se sugiere someter la FACet a cromatografía de alta resolución (HPLC) para identificar de forma cuantitativa los compuestos o flavonoides involucrados en la actividad ovicida contra el nematodo *H. contortus*.

Palabras clave: Leguminosa, flavonoides, actividad antihelmíntica

INTRODUCCIÓN

Debido a la resistencia generada de algunos nematodos gastrointestinales (NGI) hacia diferentes familias de antiparasitarios químicos, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas para el control de estos nematodos. Actualmente, existen estudios sobre metabolitos secundarios de algunas leguminosas arbóreas que tienen propiedades antihelmínticas (von Son-de Fernex et al., 2012; Olmedo-Juárez et al., 2014). Las plantas producen muchos compuestos secundarios que utilizan para defenderse contra algunos agentes Fitopatógenos. Dentro de dichos compuestos se tienen a los taninos condensados, terpenos, saponinas y flavonoides (Williams et al., 2014). Algunos trabajos de investigación han demostrado que los flavonoides presentan actividad nemátocida y que en conjunto con otros compuestos (taninos), tienen un sinergismo que potencializa su efecto contra NGI (Klongsiriwet et al., 2015). Las hojas y frutos de la leguminosa *A. cochliacantha* son una fuente de proteína para los rumiantes (Rojas-Hernández et al., 2016), que son aprovechadas como parte de su dieta en condiciones de pastoreo. El objetivo de este trabajo fue obtener dos fracciones del extracto

hidro-alcohólico de *A. cochliacantha* y evaluarlas sobre la inhibición de la eclosión de huevo del parásito nematodo *Haemonchus contortus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio. Este trabajo fue llevado a cabo en las instalaciones del departamento de Helmintología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria (CENID-PAVET), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Jiutepec, Morelos, México.

Material vegetal. Las hojas de *A. cochliacantha* fueron colectadas en la comunidad de el Salitre Palmarillos municipio de Amatepec, Estado de México con una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar. Se colectaron hojas frescas (jóvenes y maduras) considerando árboles con una edad aproximada de tres años. Se almacenaron y trasladaron en termos a una temperatura de 4°C. Posteriormente se sometieron a un proceso de secado bajo la sombra durante una semana y finalmente las hojas fueron separadas con tamiz de número 14.

Obtención del extracto hidro-alcohólico (HA). Se utilizaron 200 g de hojas secas y se sometieron a un proceso de maceración con una mezcla de agua y metanol (70:30 v/v) durante 24 horas, en seguida se filtró la solución mediante diferentes filtros (gasa, algodón y papel filtro) con la finalidad de obtener un extracto libre de material vegetal.

Obtención de fracciones. Se hizo una bipartición, a partir de 150 ml de extracto Hidro-alcohólico, se adicionaron 150 ml de acetato de etilo y ambos fueron colocados en un embudo de separación; y por polaridad se obtuvieron dos fracciones: una acuosa (FAq) y una orgánica (FAcEt). Ambas fracciones fueron concentradas en un rotoevaporador (50°C, R-3 Heidolph, Alemania) y finalmente fueron llevadas a sequedad total mediante un proceso de liofilización.

Identificación cualitativa de compuestos. Tanto al extracto y sus fracciones fueron sometidos a un tamizaje cualitativo, mediante cromatografía de capa fina usando cromatoplasmas de sílica gel fase reversa (60 F254). En estas placas se utilizaron dos reveladores, uno para flavonoides (polietilenglicol) y otro para terpenoides (anisaldehído-sulfúrico). Se utilizó al flavonoide rutina como patrón de referencia en la identificación de flavonoides. La determinación de los compuestos se realizó según el procedimiento de Wagner y Bladt (1996).

Material biológico

Obtención de huevos de *Haemonchus contortus*. Se utilizaron huevos de *H. contortus* obtenidos a partir de un ovino infectado de manera artificial. Los huevos de *H. contortus* fueron concentrados mediante el paso de diferentes tamices (200, 100, 75 y 37 mm de diámetro) y fueron lavados con sacarosa al 40 %, para su posterior uso.

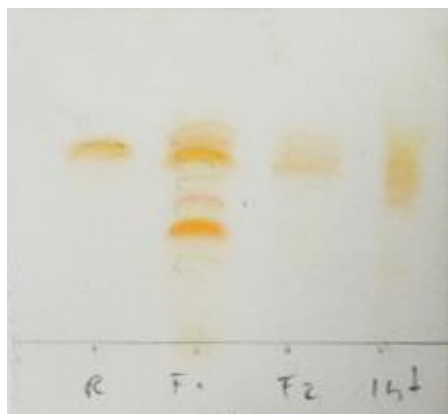
Procedimiento experimental. Se utilizaron placas de micro-titulación de 96 pozos, con cuatro repeticiones (n=4). Los tratamientos fueron las concentraciones de las fracciones del extracto hidro-alcohólico de *A. cochliacantha* (FAq y FAcEt, 50, 25, 12.5, 6.15, y 3.12 mg/ ml), ivermectina al 0.5 % control positivo (C⁺), agua y Dimetilsulfóxido (DMSO 2.5%) como control negativo (C⁻). A cada pozo se le depositaron 100 ± 10 huevos/ 50 µL y 50 µL de los tratamientos, según corresponda, utilizando un volumen total de 100 µL. Posteriormente, las placas fueron incubadas a 28 °C, durante 48 horas y en seguida se procedió a contar cada pozo tomando 10 alícuotas de 5 µL vistas en un microscopio óptico. El porcentaje de inhibición de huevos fue calculado mediante la siguiente fórmula: ((número de larvas/ (número de larvas + número de huevos)) *100).

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar por el procedimiento GLM. Finalmente se determinó la comparación de medias con el procedimiento Tukey a un nivel de confianza del 95 %. Se usó el paquete estadístico SAS 9.0 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de compuestos. La producción de metabolitos secundarios por parte de las plantas es un sistema complejo que depende de múltiples factores, tales como la familia a la que pertenece la planta, época del año y edad. Las plantas que se encuentran en la familia Leguminosae, regularmente producen gran cantidad de metabolitos con propiedades medicinales (Olmedo-Juárez et al., 2014; Sibaja-Hernández et al., 2015). En la figura 1, se observa la identificación de flavonoides en el extracto integro (Int) y en la fracción orgánica (F1, FAcEt), mientras que la fracción acuosa (F2, FAq) no reveló la presencia de flavonoides. En este estudio se identificó la presencia de flavonoides en la leguminosa

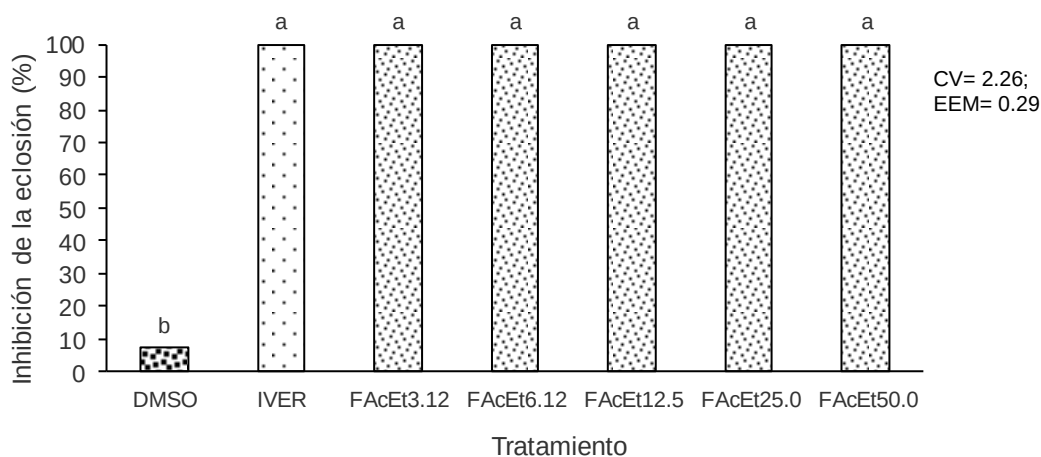
Acacia cochliacantha mediante la bipartición se aislaron estos compuestos (Figura 2), comprobando que la fracción FAcEt, tuvo los mejores efectos ovicidas en todas las concentraciones utilizadas. En la literatura se ha encontrado que *A. cochliachanta* contiene metabolitos secundarios como taninos y algunos flavonoides (quercetina y kaempferol) (Olivares-Pérez et al., 2013; Sibaja-Hernández et al., 2015)



R= Rutina, F1= Fracción orgánica (FAcEt), F2= Fracción acuosa (FAq), Int= Extracto integro

Figura 1. Identificación de flavonoides del extracto hidro- alcohólico y fracciones de la leguminosa *Acacia cochliacantha*, mediante cromatografía de capa fina.

Confrontación de las fracciones contra huevos de *H. contortus*. En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos de la FAcEt, todas las concentraciones evaluadas inhibieron la eclosión de huevos al 100% ($P < 0.05$) y fueron similares al control positivo (Ivermectina). Para el caso de la FAq (figura 3), solo se logró inhibir la eclosión de huevos hasta en un 40 % con la máxima concentración utilizada (50 mg/ ml).



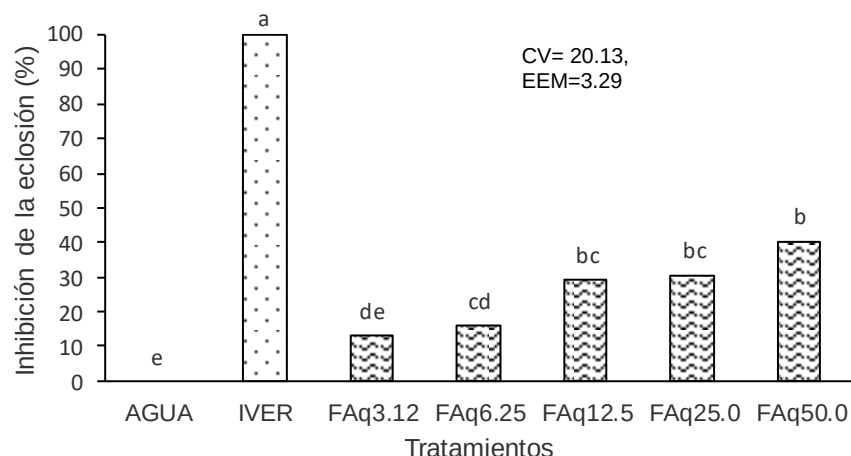
CV= coeficiente de variación; EEM= error estándar de la media; IVER= ivermectina; FAcEt= fracción orgánica.

Medias en la misma figura con distinta literal estadísticamente difieren ($P < 0.05$)

Figura 2. Porcentajes de inhibición de la eclosión de huevos de *H. contortus* confrontados con la fracción orgánica (FAcEt), a partir del extracto hidro-alcohólico de la leguminosa *A. cochliacantha*

De acuerdo a la identificación realizada en la fracción AcEt, la actividad ovicida podría estar relacionada con los flavonoides. Cabe mencionar que al momento de observar los huevos de *H. contortus* en el microscopio que estuvieron expuestos a la FAcEt; tuvieron un daño en el interior de su estructura, afectando el desarrollo embrionario y por consecuencia su eclosión. Un posible mecanismo de acción que ejercen los flavonoides con otros compuestos (taninos), sobre la inhibición de la eclosión de huevos, es su afinidad de adherirse a la cutícula que es rica en glicoproteína. Los resultados del presente estudio se relacionan con lo encontrado por Von Son-de Fernex et al., (2015), quienes aislaron algunos flavonoides (ejemplo, quercertina) a partir de fraccionamientos de la leguminosa *Leucaena leucocephala*, demostrando que la quercertina (1.1 mg/ ml de fracción orgánica), tuvo hasta 90.49 % $\pm$ 2.85 de inhibición de la eclosión de huevos del nematodo *Cooperia* spp. En el presente estudio similares fraccionamientos se hicieron para obtener la fracción acuosa y la fracción orgánica, demostrando que la FAcEt, contiene los metabolitos activos en contra de los huevos de *H. contortus*.

Este tipo de estudios bio-dirigidos podría ser una herramienta importante para el descubrimiento de moléculas activas que se encuentran en las plantas ricas en metabolitos secundarios (leguminosas arbóreas). Es importante señalar que este estudio es derivado de ensayos previos evaluando al extracto integro de *A. cochliacantha*, en contra de huevos de *H. contortus* y se obtuvo el 100% de inhibición de la eclosión de huevos con una concentración de 100 mg/ mL [Rodríguez-Gómez et al., (2016) datos no publicados]. En este bioensayo, mediante la bipartición realizada con acetato de etilo; se potencializo el efecto ovicida con la fracción AcEt; inhibiendo la eclosión huevos en un 100% con la concentración de 3.12 mg/ mL (figura 2). Los compuestos secundarios con actividad antihelmíntica de las leguminosas arbóreas han sido aislados de diversas formas con el objeto de identificar su actividad en contra de algunos nematodos gastrointestinales de los rumiantes (Vargas-Magaña et al., 2014; Marie-de Magdeleine et al., 2014). Recientemente un grupo de investigadores franceses han demostrado que existe un sinergismo entre compuestos, por ejemplo: en un estudio realizado por Klongsiriwet et al., (2015), demostraron que los taninos condensados tienen mejor efecto antihelmíntico cuando están adicionados con flavonoides como la luteolina y quercertina. Con respecto a estos antecedentes, la FAcEt, además de flavonoides podría contener otros compuestos fenólicos que probablemente tengan un efecto sinérgico en contra de los huevos de *H. contortus*. Por lo tanto, es necesario realizar una identificación cuantitativa de las moléculas para conocer el tipo de compuestos o flavonoides que tienen la fracción orgánica (FAcEt), para poder elucidar si existe un efecto sinérgico entre los compuestos de dicha fracción o comprobar si hay un efecto nemátocida independiente de los flavonoides.



CV= coeficiente de variación; EEM= error estándar de la media; IVER= ivermectina; FAq= fracción acuosa

Medias en la misma figura con distinta literal estadísticamente difieren (P<0.05)

Figura 3. Porcentajes de inhibición de la eclosión de huevos de *H. contortus* confrontados con una fracción acuosa (Fq) a partir del extracto hidro-alcohólico de la leguminosa *A. cochliacantha*

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que la leguminosa *Acacia cochliacantha* tiene propiedades nematocidas. Asimismo, mediante el fraccionamiento a partir de una bipartición del extracto hidro- alcohólico se pueden aislar los metabolitos que tienen la actividad antihelmíntica. Esta leguminosa podría utilizarse en futuros experimentos para ser evaluada bajo un modelo *in vivo* con ovinos experimentales y su posible validación en una prueba de campo. Se sugiere, someter la fracción AcEt en cromatografía de alta resolución para identificar de forma cuantitativa los compuestos o flavonoides involucrados en la actividad ovicida contra el nematodo *H. contortus*.

LITERATURA CITADA

- Klongsiriwet, C., Quijada, J., Williams, A. R., Mueller-Harvey, I., Williamson, E. M., Hoste, H. 2015. Synergistic inhibition of *Haemonchus contortus* exsheathment by flavonoid monomers and condensed tannins. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 5, 17-134.
- Marie-Magdeleine, C., Udino, L., Philbert, L., Bocage, B., Archimede, H. 2014. *In vitro* effects of *Musa x paradisiaca* extracts on four developmental stages of *Haemonchus contortus*. *Research in Veterinary Science*. 96, 127-132.
- Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Arece, G.J., Mohamed, A. Z. S., Kholif, E. A., Morales, A.E. 2014. *In vitro* of *Pithecellobium dulce* and *Lysiloma acapulcensis* on the exogenous development of gastrointestinal strongyles in sheep. *Italian Journal of Animal Science*. 13, 303-307.
- Olivares-Pérez, J., Avilés-Nova, F., Albarran-Portillo, B., Catelan-Ortega, O., Rojas-Hernández, S. 2013. Nutritional quality of *Pithecellobium dulce* and *Acacia cochliacantha* fruits, and its evaluation in goats. *Livestock Production Science*. 154, 74-81.
- Rojas-Hernández, S., Olivares-Pérez, J., Quiroz-Cardoso, F., Villa-Mancera, A., Cipriano-Salazar, M., Camacho-Díaz, L.M., Reynoso-Palomar, A. 2016. Diagnosis of the palatability of fruits of three fodder trees in ruminants. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3 (7), 121-127.
- Sibaja-Hernández, R., Román-Guerrero, A., Sepúlveda-Jiménez, G., Rodríguez-Monroya, M. 2015. Physicochemical, shear flow behaviour and emulsifying properties of *Acacia cochliacantha* and *Acacia farnesiana* gums. *Industrial Crops and Products*. 67, 161–168.
- Vargas-Magaña, J.J., Torres-Acosta, J.F., Aguilar-Caballero, A.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Chan-Perez, J.I. 2014. Anthelmintic activity of acetone-water extracts against *Haemonchus contortus* eggs: interactions between tannins and other plant secondary compounds. *Veterinary Parasitology*. 206, 322–327.
- von Son-de Fernex, E., Alonso, D.M.A., Valles, M.B., Capetillo, L.C.M. 2012. *In vitro* anthelmintic activity of five tropical legumes on exsheathment and motility of *Haemonchus contortus* infective larvae. *Experimental Parasitology*. 131, 413-418.
- von Son-de Fernex, E., Alonso-Díaz, M.A., Mendoza-de-Gives, P., Valles-de la Mora, B., González-Cortazar, M., Zamilpa, A., Castillo-Gallegos, E. 2015. Elucidation of *Leucaena leucocephala* anthelmintic-like phytochemicals and the ultrastructural damage generated to eggs of *Cooperia* spp. *Veterinary Parasitology*. 214, 89-95.
- Wagner, H., Bladt, S. 1996. Plant drug analysis. In: *A Thin Layer Chromatography Atlas*, 2nd edn. Springer, Germany. 352 p.
- Williams, A.R., Ropiak, H.M., Fryganas, C., Desrues, O., Mueller-Harvey, I., Thamsborg, S.M., 2014. Assessment of the anthelmintic activity of medicinal plant extracts and purified condensed tannins against free-living and parasitic stages of *Oesophagostomum dentatum*. *Parasitology Vectors*. 7, 518-527.
- SAS Institute, 2006. *SAS User's Guide: Statistics*. Ver 9.0. SAS Institute. Cary, N.C. USA. 956 p.

CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTORES DE GANADO BOVINO EN EL CONTROL DE BABESIOSIS Y ANAPLASMOSIS EN EL MUNICIPIO DE RÍO LAGARTOS, YUCATÁN

KNOWLEDGE OF PRODUCERS OF CATTLE IN THE CONTROL OF BABESIOSIS AND ANAPLASMOSIS IN THE MUNICIPALITY OF RIO LAGARTOS, YUCATAN

¹* Solís Calderón JJ

¹ Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Mocochoá del INIFAP. Km 25 Antigua Carretera Mérida – Motul. CP 97454. Mocochoá, Yucatán.
Autor para correspondencia: solis.jose@inifap.gob.mx

RESUMEN

En América Latina y el Caribe, así como en otras regiones del mundo, casos clínicos de enfermedades provocadas por babesiosis y anaplasmosis se presentan en los bovinos, produciendo pérdidas económicas en la disminución de la producción de carne y leche. En el estado de Yucatán se ha observado una prevalencia de anticuerpos de 44%, 60% y 67% a **Babesia bovis**, **B. bigemina** y **Anaplasma marginale**, reportándose casos clínicos. En el municipio de Río Lagartos, Yucatán, su principal actividad económica es la pesca y la ganadería se realiza como una actividad secundaria. El objetivo del trabajo fue conocer los métodos de control de la babesiosis y anaplasmosis, utilizados por pequeños y medianos productores de bovinos, en una zona contigua a la costa de Yucatán y obtener información para elaborar un programa de capacitación para los productores de la zona. Se realizó un diagnóstico de situación a 20 explotaciones productoras de bovinos de carne, ubicadas en el municipio de Río Lagartos, Yucatán. Se utilizó un cuestionario, abarcando aspectos de manejo general del hato, problemática y medidas de control de las garrapatas y enfermedades que transmiten. El 85% de los productores no cuenta con asistencia técnica para la prevención y control de enfermedades. El 35% de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de babesiosis y el 20% de anaplasmosis. El 50% y el 70% no tienen conocimiento que la garrapata transmiten estas enfermedades. El 100% de los productores desconocen alguna prueba de laboratorio para el diagnóstico de estas enfermedades. La mayoría de los productores desconocen la forma de presentación de estas enfermedades, su diagnóstico clínico y laboratorio y las medidas de prevención y control que se pueden utilizar. Debido a estos resultados se impartió un curso de capacitación a los productores de la Asociación Ganadera Local de Río Lagartos.

Palabras clave: bovinos, babesiosis, anaplasmosis, control, capacitación.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe, así como en otras regiones del mundo, casos clínicos de enfermedades provocadas por hemoparásitos se presentan en los bovinos. La babesiosis y la anaplasmosis bovina producen pérdidas económicas provocadas por la disminución en la producción de carne y leche. En México las regiones tropicales ofrecen un potencial para la producción ganadera, por lo que es necesario la realización de estudios orientados a proponer medidas de prevención y control que mejoren, mantengan e impulsen la producción animal de estas zonas. La babesiosis y anaplasmosis son consideradas enfermedades endémicas en las áreas tropicales de México, existiendo zonas consideradas de estabilidad enzoótica a estas enfermedades. En el estado de Yucatán se ha observado una prevalencia de anticuerpos de 44%, 60% y 67% a **Babesia bovis**, **B. bigemina** y **Anaplasma marginale** en bovinos (Ramos et al., 1992), reportándose casos clínicos de ambas enfermedades (Rodríguez et al., 2000). Es necesario conocer la forma como identifican y tratan estas enfermedades por parte de los productores, para capacitarlos en las medidas de prevención y control de estos padecimientos y disminuir los daños que ocasionan la babesiosis y anaplasmosis. El objetivo del trabajo fue conocer los métodos de control de la babesiosis y anaplasmosis, utilizados por pequeños y medianos productores de bovinos, en una zona contigua a la costa de Yucatán y obtener información para elaborar un programa de capacitación dirigido a los productores de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diagnóstico de situación a 20 explotaciones productoras de bovinos de carne, ubicadas en el municipio de Río Lagartos, Yucatán. Se utilizó un cuestionario dirigido a propietarios y encargados, abarcando aspectos de manejo general, problemática y medidas de control de las garrapatas y enfermedades que transmiten. La información obtenida fue analizada por medio de estadísticas descriptivas, utilizando el programa computacional Epi Info 7. Los sistemas de producción estudiados fue: vaca –cría (60%) y engorda (40%) en forma extensiva y con pastoreo nocturno. Las razas manejadas son Cebú (30%) y cruza de Cebú x Europeo (70%). En relación al tamaño del hato el 50% tiene una población > a 50 bovinos, el 45% de 51 a 100 y el 5% $\geq$ 101 bovinos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 85% de los productores no cuenta con asistencia técnica para la prevención y control de enfermedades, 10% la obtiene por un técnico agropecuario y 5% por un MVZ. Realizando la introducción de bovinos comprados al rancho (25%), principalmente del mismo municipio (20%) y estado (5%). El 100% de los productores utiliza el método químico para el control de las garrapatas, empleando el método de aspersión manual. El 35% de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de babesiosis (Figura 1) y el 50% no tiene conocimiento que la garrapata transmite esta enfermedad (Figura 2). El 30% de los productores no conocen los signos clínicos que ocasiona la babesiosis y el 70% indica que los bovinos manifiestan enflaquecimiento y mucosas pálidas de los párpados. El 100% de los productores desconocen la prueba de laboratorio (frotis sanguíneo) para el diagnóstico de la enfermedad y el tratamiento correcto a base de aceturato de diminaceno o imidocarb para su control. El 20% de los productores desconoce que los bovinos se pueden enfermar de anaplasmosis (Figura 1) y el 70% no tiene conocimiento que la garrapata transmite esta enfermedad (Figura 2).

El 15% de los productores no conoce los signos clínicos que ocasiona la anaplasmosis y el 85% indica que los bovinos manifiestan enflaquecimiento, debilidad, fiebre y mucosas pálidas de los párpados. El 100% de los productores desconocen la prueba de laboratorio (frotis sanguíneo) para el diagnóstico de la enfermedad y el tratamiento correcto a base del antibiótico oxitetraciclina para su control. Ningún productor conoce la existencia de vacunas para prevenir estas enfermedades. El 100% de los productores respondió por indiferencia que no ha tenido mortalidad de bovinos por hemoparasitos en su rancho. La mayoría de estos productores al no recibir asistencia técnica y auxiliarse de pruebas de laboratorio para el diagnóstico de las enfermedades, desconocen si sus bovinos se han enfermado o muertos de hemoparásitos no teniendo la oportunidad de proporcionarles tratamiento médico al no estar familiarizado con los productos para su control. Estudio efectuado en explotaciones ganaderas del oriente de Yucatán, indica que el 92% de los productores no tiene asistencia técnica para el control de las garrapatas y enfermedades que transmiten y el 8% la recibe por medio de los agentes de venta de productos veterinarios (Solís y Hernández, 2014). Hace falta MVZ que dominen de manera integral las estrategias para el control de las garrapatas y las enfermedades que transmiten y puedan asesorar adecuadamente a los productores (Grapain, 2010). Aunque el 100% de los productores respondió que no ha tenido bovinos enfermos de hemoparasitos, en la zona oriente de Yucatán se reportan casos clínicos de babesiosis y anaplasmosis. Rodríguez et al., (2000) al realizar el diagnóstico de laboratorio en muestras sanguíneas de bovinos clínicamente enfermos de hemoparasitos, observaron una frecuencia de 2.7% para *B. bovis*, 1.2% *B. bigemina* y 15.7% *A. marginale*. Concluyendo estos investigadores que los bovinos del estado de Yucatán pueden ser infectados por hemoparásitos, afectando la salud y producción animal. El 100% de los productores desconocen que se puede realizar la vacunación contra babesiosis y anaplasmosis. En México el INIFAP ha desarrollado inmunológicos para la prevención de estas enfermedades, reportando buenos resultados para su utilización en los bovinos (Mosqueda, 2004; Vega et al., 2010). El Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria dentro de sus productos que ofrece esta las vacunas inactivas y atenuadas para el control de la anaplasmosis y una vacuna bivalente para la prevención de babesiosis.

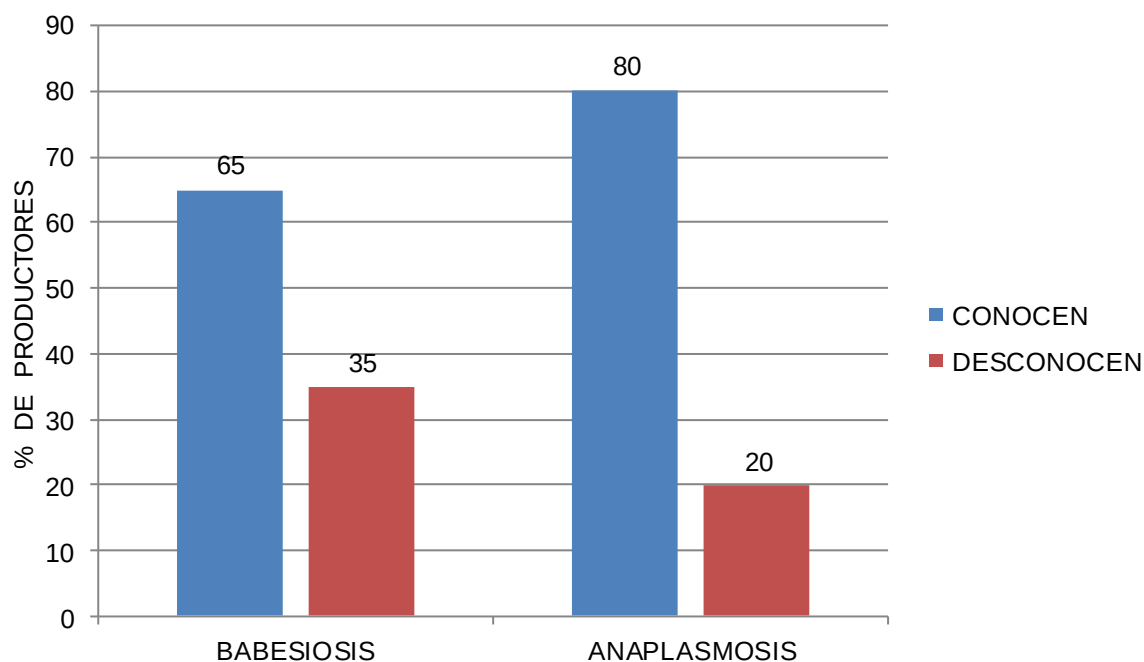


Figura 1. Porcentaje de productores de que conocen que los bovinos se enferman de babesiosis y anaplasmosis.

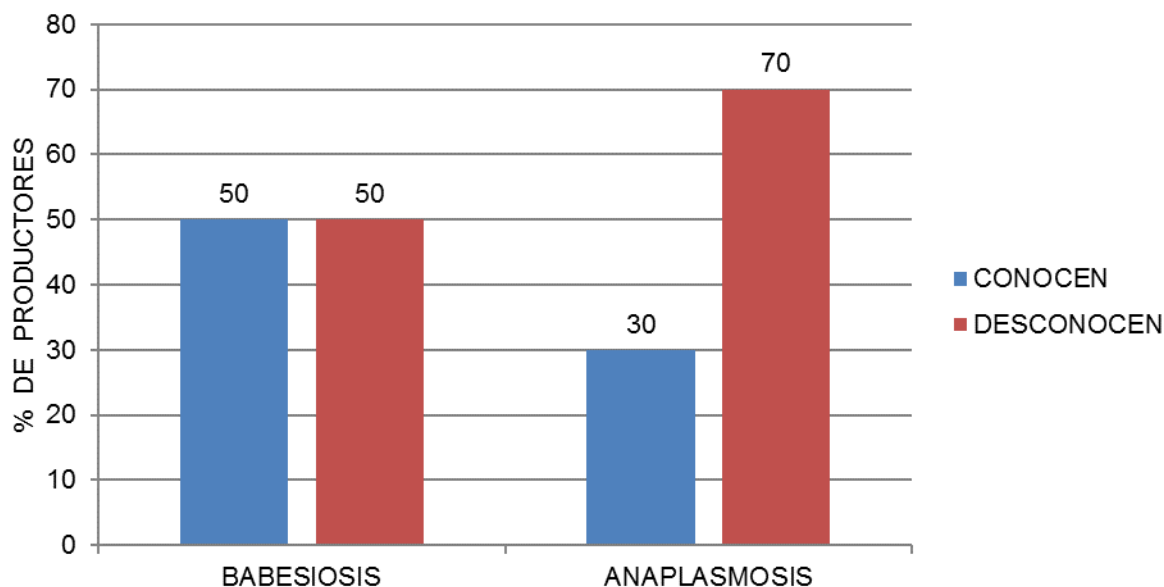


Figura 1. Porcentaje de productores que conocen que la garrapata es el vector que transmite a los bovinos la babesiosis y anaplasmosis.

CONCLUSIONES.

La mayoría de los productores encuestados desconocen la forma de presentación de estas enfermedades, su diagnóstico clínico y laboratorio y las medidas de prevención y control que se pueden utilizar en el tratamiento de los casos clínicos de babesiosis y anaplasmosis. Es necesario implementar cursos de capacitación encaminados a productores y MVZ, para transferir tecnología en el diagnóstico de las enfermedades, control de vectores, empleo de medicamentos para su

tratamiento, quimioprofilaxis y vacunación de los bovinos. Debido a estos resultados se impartió un curso de capacitación a los productores de la Asociación Ganadera Local de Río Lagartos, con los temas indicados.

LITERATURA CITADA

- Grapain CJ. Resistencia de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* a ixodicidas en México. Estudio recapitulativo. Monografía. FMVZ. Universidad Veracruzana. 2010.
- Mosqueda GJ. Vacunas contra hemoparásitos bovinos: Avances y perspectivas. Perspectivas de control de parásitos de importancia veterinaria. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria. INIFAP. Publicación técnica No. 2. Octubre 2004.
- Ramos JA, Álvarez MA, Rodríguez IR, Solís CJ, Buening GM, Vega MC. Epidemiología de la anaplasmosis y babesiosis bovina en el estado de Yucatán. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Chihuahua 1992. INIFAP, SARH, FMVZ - UNAM. Chihuahua, México, 1992: 271.
- Rodríguez VRI, Cob GL, Domínguez AJ. Hemoparásitos en bovinos, caninos y equinos diagnosticados en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán (1984-1999). Rev. Biomed. 2000; 11:277-282. Mérida, Yucatán, México.
- Solís CJ, Hernández OR. Método de control de las garrapatas y manejo de la resistencia a los ixodicidas por productores de bovinos de Yucatán. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco. 2014. 279 – 284.

FERTILIZACIÓN Y FRECUENCIAS DE CORTE EN LA PRODUCCIÓN DEL CLON CUBANO OM-22 EN QUINTANA ROO, MÉXICO.

CUT OFF FREQUENCIES AND FERTILIZATION IN PRODUCTION THE CUBAN CLONE OM-22 IN QUINTANA ROO, MÉXICO.

¹⁺Sosa Rubio EE, ¹Pérez Rodríguez JD, Cabrera Torres JE

¹Campo Experimental Chetumal, (CIRSE) del INIFAP. Km 3.5 carretera Chetumal - Bacalar, Chetumal, Quintana Roo, México.

Autor para correspondencia: sosa.edgar@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la productividad del forraje del clon cubano OM-22 (*Pennisetum purpureum*), con fertilización orgánica e inorgánica y tres frecuencias de corte. El experimento se realizó en el Campo Experimental Chetumal del INIFAP en Quintana Roo, con clima subtropical húmedo Aw1, a 10 msnm, con temperatura promedio de 27.6° C y una precipitación media anual de 1300 mm. El período de mayor precipitación comprende los meses de junio a noviembre, donde se registra el 70% de la misma. Los suelos del área de estudio son los denominados luvisoles crómicos, caracterizados por tener buen contenido de materia orgánica. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo factorial 3 x 3, con tres repeticiones, siendo el primer factor el tipo de fertilización (0 testigo, biofertilizante y fertilización inorgánica 150 kg/N/ha) y el segundo factor las frecuencias de corte (60, 90 y 120 días). La siembra se realizó con material vegetativo en parcelas de 2.5 x 3 m, los muestreos se realizaron de acuerdo a la fecha de corte cortando a una altura de 15 cm del suelo. Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento ANOVA del sistema SAS y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tuckey. Las variables medidas fueron: altura de planta (AP), circunferencia de la planta (CP), número de hijatos (NH), número de yemas (NY), largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH) y producción de materia seca (MS). Los resultados indican diferencias ($p < 0.01$) para frecuencias de corte (60, 90 y 120) en las variables: AP con 116, 132 y 148 cm respectivamente; para CP con 124.5, 138.5 y 144.6 cm; para LH con 58.7, 62.1 y 66.7 cm; NY con 6.1, 6.9 y 8.0 respectivamente. Para fertilización los resultados indican diferencias ($p < 0.01$) para las variables AP y NY. Para NY no se encontró diferencia ($p > 0.01$) para fertilización y frecuencia de corte con valores de 21.4, 24.4 y 29.4. Para la interacción solo se observó diferencia ($p < 0.01$) para la variable producción de MS obteniéndose el mayor promedio con el tratamiento biofertilizante + corte a 60 días con 55 t/MS/ha y el menor el no fertilizado + corte a 120 días con un promedio de 40 t/MS/ha.

Palabras clave: fertilización, clon, frecuencia de corte, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que enfrenta la ganadería regional es la producción y calidad del forraje, ya que el suelo se desgasta, debido al uso del monocultivo año tras año provocando el agotamiento de ciertos nutrientes empobreciéndolo (Fonseca, 2007). Una forma de contrarrestar la degradación del suelo es la aplicación de fertilizantes inorgánicos como fuentes de nutrientes adicionales en formas asimilables por las plantas e incrementar los rendimientos de los cultivos. Los fertilizantes orgánicos son importantes ya que actúan sobre la estructura del suelo, ayudan en el enraizamiento y retención de agua. Un ejemplo claro son las bacterias del género *Azospirillum*, ya que se asocian simbióticamente y por lo tanto son capaces de llevar a cabo la fijación de nitrógeno atmosférico en lugares donde la concentración de oxígeno es muy baja. Por otra parte existen ciertos hongos llamados micorrizas que forman una asociación o simbiosis con las raíces de las plantas. Estos hongos actúan en el sistema radicular aportando una mejor absorción de fósforo que está en el suelo. El uso de la micorriza tiene sus ventajas en todos los cultivos, especialmente para aquellos que presentan un sistema radicular pobre. Este tipo de fertilizante orgánico es uno de los más utilizados para la agricultura sobre todo en aquellas tierras con poca fertilidad, (González, 2009). Son importantes ya que pueden encargarse de nutrir a la planta de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre extrayéndolos del suelo. El uso de estos, ayudan a retener los nutrientes del suelo y poder mantener la humedad necesaria que cada tipo de suelo necesita para el desarrollo adecuado de los cultivos, es así que estos restituyen los niveles de materia orgánica del suelo y con esto incrementan la capacidad para retener los nutrientes minerales que se aplican en los suelos.

Entre los microorganismos más utilizados se encuentran él: *Azospirillum* brasilienses, *Rhizobium etli* y los hongos micorrizógenos, (Hernández, 2003). Debido a esto la fertilización orgánica es una opción que podría ser utilizada, ya que es una técnica que se emplea para nutrir tanto a la planta como al suelo que la sustenta, para mantener y fomentar la fertilidad de este conjunto. Otro aspecto importante que tiene un efecto sobre la producción de forraje es la altura y el momento de la cosecha ya que constituyen elementos básicos en su manejo, por la influencia que estos ejercen en su comportamiento morfo fisiológico y productivo. En especies del género *Pennisetum*, Argenti (2001) informó que éstas manifiestan un crecimiento rápido desde edades muy tempranas, alcanzando su máxima velocidad a las 4 semanas y su rendimiento máximo a las 20 semanas, con valores de 23 a 30 t MS/ha, dependiendo de la variedad. El aumento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y la digestibilidad de los pastos, lo cual hace que su valor nutritivo disminuya con el avance de la edad, cuya tasa de reducción es mayor en las gramíneas que en las leguminosas. Herrera, et al, (1990) al estudiar el rendimiento del pasto King grass (*Pennisetum purpureum*), demostraron que alcanzó un rendimiento anual de materia seca que oscilan entre los 20 a 28 t/ha/año en comparación con otras variedades como el napier, que van de los 14 a 16 t/ha/año. Por otra parte Argenti, (2001) al evaluar las frecuencias de corte con respecto al rendimiento del pasto *Pennisetum purpureum* determinó que el mejor aprovechamiento alcanzando de materia seca fue de 58 ton/ha/año aproximadamente.

Es por ello que dada la importancia, de la reciente introducción de pastos de corte en suelos vertisoles de Quintana Roo, se realizó la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar la productividad del forraje del Clon Cubano OM-22 (*Pennisetum purpureum*), con fertilización orgánica e inorgánica y tres frecuencias de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en terrenos y laboratorio del Campo Experimental Chetumal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Quintana Roo, ubicado en el Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo Km. 25 carretera Chetumal Cancún, con 21°30' latitud norte y 89°29' longitud oeste, a 3.5 km de la comunidad de Xul - Ha a 10 msnm, con una temperatura promedio de 27.6° y una precipitación media anual de 1300 mm. Las parcelas experimentales se establecieron en un tipo de suelo predominantemente vertisol, los cuales son ricos en arcillas como montmorillonita que forman grieta durante la estación seca. Los vertisoles se forman típicamente de rocas tales como el basalto en climas estacionalmente húmedos o sujetos a sequías y a inundación. El color que alberga en el área es de color grisáceo. Para el trabajo se utilizó el pasto *Pennisetum purpureum* Clon cubano OM-22 con una edad de 18 meses, ubicado en un área de 7 x 30 m, con un diseño de bloques completos aleatorios, en un arreglo factorial de 3x3x3, siendo el primer factor las frecuencias de corte (60, 90 y 120 días), el segundo los tratamientos de fertilización (T1: Testigo, T2: Biofertilizante Micorriza + *Azospirillum* y T3: 150 kg/N/H), con 3 repeticiones cada uno. Este diseño de bloques se utilizó para eliminar el efecto del suelo y la pendiente sobre los tratamientos. El área total del trabajo fue de 54m², haciendo un corte de uniformidad a 30 centímetros aproximadamente. Una vez realizado el corte las variables morfológicas se evaluaron cada quince días, éstas fueron: altura, circunferencia de la planta, número de hijatos, número de yemas, largo y ancho de hoja del pasto y producción de materia seca (MS). Una vez pesados el forraje cosechado de cada parcela y de haber obtenido la producción de forraje verde (peso fresco), se tomaron tres muestras que fueron trasladados al laboratorio del instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en donde las muestras fueron introducidas en una estufa de aire forzado dejando secar durante tres días a una temperatura de 66° C. Después de los tres días, las muestras se volvieron a pesar obteniendo la producción de materia seca (MS). Para el porcentaje de proteína se tomó las muestras de la producción de materia seca, estas mismas fueron molidas por separado en un molino tipo willey con criba* de 3mm, embolsadas y etiquetadas. Para el análisis de datos se utilizó análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, utilizando el paquete SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para frecuencias de corte y fertilización los resultados indicaron que se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos para estas variables, no así para la interacción ($P > 0.05$). Para el factor cortes se pudo observar que las mayores alturas promedio del pasto se observaron con cortes cada 120 días en

comparación a los de 90 y 60 días con valores de 146.48, 133.27 y 117.46 cm respectivamente. Para fertilización los promedios fueron de 148,132 y 116 cm de altura.

La altura promedio observada a 60 y 90 días (117.46 y 133.7 cm) es mayor a la encontrada en otros estudios de variedades de *Pennisetum purpureum*, donde se reportan alturas de hasta 37 y 93 cm a 60 y 90 días respectivamente (Fonseca, 2007). Para circunferencia de cepa los resultados indicaron que no se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre los tratamientos para fertilización con promedios de 148.6, 134.5 y 128.5 cm para T1, T2 y T3 respectivamente, solo se observaron diferencias para cortes ($P<0.05$) donde la mayor circunferencia fue a 60 días seguida de 120 y 90 con promedios de 160, 134 y 112 cm respectivamente. Para la interacción no se observó diferencia.

La circunferencia promedio de la cepa observada a 60, 90 y 120 días es similar a los datos encontrados por Fonseca, (2007) estudiando variedades de *Pennisetum*, encontró circunferencias de alrededor de 200 cm a diferentes frecuencias de corte con fertilizaciones orgánicas e inorgánicas. Para largo de hoja los resultados indicaron que para esta variable hubo diferencias ($P<0.05$) entre los tratamientos solo para frecuencias de corte con promedios de 67.36, 63.61 y 56.61 cm para 120, 90 y 60 días respectivamente. Para la interacción no se observaron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$). Estos datos concuerdan con lo obtenido por Argenti (2001) que al estudiar una variedad de *Pennisetum purpureum* encontró valores de 68.97 cm a 60 días, 69.63 cm a 90 días y 83.40 cm a 120 días.

Para ancho de hoja no se encontraron diferencias entre tratamientos de fertilización, cortes y la interacción ($P>0.05$). Los valores promedio para los tratamientos de fertilización fueron de 3.60, 3.35 y 3.25 cm para T1, T2 y T3 respectivamente. Para frecuencias de corte los valores fueron de 3.48, 3.44 y 3.27 para cortes a 120, 90 y 60 días. En este sentido los datos obtenidos en este estudio no concuerdan con lo obtenido por Argenti, (2001) que al estudiar una variedad de *Pennisetum purpureum*, encontró valores de 1.23, 1.57, 1.52 cm de anchura de hoja a frecuencias de 60, 90 y 120 días respectivamente. En la variable número de hijatos no se encontraron diferencias entre tratamientos de fertilización, cortes y la interacción ($P>0.05$). Los valores promedio para los tratamientos de fertilización fueron de 29.43, 24.41 y 21.48 hijatos/cepa para T2, T3 y T1 respectivamente. Para frecuencias de corte los valores fueron de 28.6, 24.45 y 22.27 para cortes a 60, 120 y 90 días. En este sentido estudios realizados por Argenti, (2001) con variedades de *Pennisetum purpureum* encontró valores similares de número de hijatos de 23.62 a 60 días, 38.23 a 90 días y 30.60 a 120 días, mostrando una disminución al aumentar la frecuencia de corte. Para número de yemas por planta en esta variable los resultados indicaron que se encontraron diferencias ($P<0.05$) entre los tratamientos para los factores frecuencias de corte y fertilización, no así para la interacción ($P>0.05$). Para fertilización los valores promedio fueron de 8.0, 6.9 y 6.1 yemas/planta para los tratamientos T3, T2 y T1 respectivamente, no encontrándose diferencia entre los tratamientos T3 y T2 pero si con T1. Para cortes la tendencia fue la misma ya que los valores fueron de 8.1, 7.4 y 5.4 yemas/planta para 120, 90 y 60 días. Estos datos son similares a los reportados por (Espinoza, 2009) al estudiar variedades de *Pennisetum* y su respuesta a la fertilización orgánica e inorgánica, encontrando valores de hasta 8 yemas por cada planta a diferentes frecuencias de corte.

Para producción de materia seca (MS) los resultados indicaron que no se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre los tratamientos para fertilización con promedios de 47, 47 y 42 ton/ms para T2, T1 y T3 respectivamente, solo se observaron diferencias para cortes ($P<0.05$) donde la mayor producción de MS fue a 90 días seguida de 120 y 60 con promedios de 52, 51 y 42 ton/ms respectivamente. Para la interacción el mayor promedio fue con el tratamiento biofertilizante + corte a 60 días con 55 t/ms/ha y el menor el no fertilizado + corte a 120 días con un promedio de 40 t/ms/ha. El promedio de producción de materia seca a 60, 90 y 120 días son similares a los datos obtenidos por Hernández et al, (2003) al estudiar la producción de materia seca a una variedad de *Pennisetum purpureum* encontrando valores de 50 t/ms/ha de MS; a las mismas frecuencias de corte, observando un aumento al incrementar la edad del forraje.

CONCLUSIONES

Dado lo anterior, se puede concluir que de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo: la dosis de fertilización orgánica e inorgánica utilizada no tuvo efecto sobre el rendimiento de materia seca del pasto clon cubano OM-22, por lo que se deberán evaluar dosis mayores. Las frecuencias de corte evaluadas indicaron una mayor producción de materia seca realizando los cortes cada 90 días; ya que cortes a 120 días disminuye el número de hijatos afectando el rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Anffe. 2008. La importancia de los fertilizantes en una agricultura actual productiva y sostenible. Asociación nacional de fabricantes de fertilizantes. Madrid, España.
- Argenti P, Gil JL., León L., Perdomo E. 2001. Evaluación del pasto King grass (*Pennisetum purpureum* CV. King Grass) En asociación con leguminosas forrajeras. Instituto de investigaciones zootécnicas. Maracay, Venezuela.
- Espinoza D. 2009. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variedades del género *Pennisetum* bajo diferentes frecuencias de corte. Universidad de matanzas "Camilo Ciénegas" Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.
- Fonseca D. 2007. Evolución agronómica de nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía el valle del Cauto. Universidad de matanzas "Camilo Ciénegas" Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.
- González R. 2009. Uso de fertilizantes orgánicos para la reducción del Salta hojas del frijol. Agricultura y ganadería. México, DF.
- Hernández A, Ferrera C, Rodríguez V. 2003. Bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno atmosférico en rizosfera de frijol contaminada con queroseno. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Jaquenod S., 2002. Derecho Ambiental. Ira Ed. Madrid, España.; 2002.

EVALUACIÓN FISCOQUÍMICA DE 20 MATERIALES DE *Moringa oleífera*, CULTIVADOS EN SUELO LUVISOL.

20 PHYSIOCHEMICAL ASSESSMENT MATERIALS *Moringa oleífera*, GROWN IN SOIL LUVISOL.

¹López Herrera MA, ¹Basulto Graniel J, ¹Lozano Contreras MG

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochoá, Km 25 Carretera Mérida-Motul, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: lopez.aurelia@inifap.gob.mx

RESUMEN

La *Moringa oleífera* presenta características nutricionales y de adaptabilidad importante, se ha establecido en la mayor parte de los países tropicales, ya que tolera un amplio rango de condiciones climáticas y de suelo. El objetivo del trabajo fue determinar la calidad fisicoquímica de 20 materiales de *Moringa* cultivados en suelo Luvisol. Las muestras se colectaron con cuatro replicas, en el sitio experimental Uxmal del INIFAP. Para determinar la materia seca (MS) se pesó 100g y se secó, sacando por diferencia el porcentaje. Para la calidad fisicoquímica las muestras se secaron en una estufa de aire forzado y se molió; se realizaron los análisis de cenizas (Cen), proteína cruda (PC), fracciones de fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND). No hubo diferencias significativas ($P>0.05$) para ninguno de los parámetros evaluados. Los contenidos de PC encontrados en los 20 materiales (21.3 a 29.9%) se encuentran en los rangos reportados en la literatura. Para la FAD y FND se obtuvieron rangos que van de 16.7 a 26.4% y para FND de 20.3 a 30.4%. Los valores obtenidos de PC, FAD y FND indican que la moringa varía ligeramente la concentración de sus nutrientes dependiendo del tipo de suelo en el que se cultiva.

Palabras clave: *Moringa oleífera*, calidad, fisicoquímica, evaluación, materiales.

INTRODUCCIÓN

El árbol de *Moringa oleífera* es una especie originaria del sur del Himalaya, el noreste de la India, Afganistán, Bangladesh y Pakistán (Pérez, 2010), se ha establecido en la mayor parte de los países tropicales, debido a que presenta buenas características de adaptabilidad, crece en suelos con rangos de pH entre 4.5 a 8 (Reyes, 2006). En Centroamérica se introdujo en 1920 para uso ornamental, como cerca viva y cortinas rompavientos (Foidl *et al.*, 1999). Aunado a esto, la moringa presenta características nutricionales importantes y buen rendimiento en producción de biomasa fresca en hojas y tallos tiernos (Reyes, 2006; Pérez *et al.*, 2010), por lo que su empleo resulta beneficioso tanto para la alimentación de animales, así como para la humana. Este árbol tiene un gran potencial para su cultivo en México así como en muchas partes de América tropical por su combinación singular de propiedades. Las hojas son comestibles y ricas en proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales muy balanceado. Al mismo tiempo, contiene vitaminas, principalmente A y C, en altas cantidades, así como antioxidantes potentes (Olson y Fahey, 2011). Los frutos jóvenes son comestibles y las semillas producen un aceite comestible y lubricante de altísima calidad. Los desechos del prensado de las semillas para obtener el aceite contienen uno de los floculantes o aglutinantes vegetales más potentes que se conocen y pueden eliminar la turbidez del agua. Sus hojas ofrecen un forraje nutritivo para los animales, así como también los residuos de las semillas después de la extracción de aceite y aun las ramas molidas (Martínez, 1959; Reyes *et al.*, 2006). Estos son sólo algunos de los usos de este árbol, que además crece con suma rapidez, tolera el calor y es resistente a las sequías (Olson y Fahey, 2011).

Debido a sus óptimas características nutricionales y a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca, se han realizado estudios para determinar la producción de materia seca (MS). El estado de Yucatán, presenta condiciones edafoclimáticas favorables para su establecimiento, por lo que se requiere generar información en el trópico sobre la calidad fisicoquímica de esta planta que pueda utilizarse en la elaboración de dietas de suplementación en los sistemas de explotación pecuaria sobre todo en la época de seca. El objetivo del estudio fue realizar la evaluación fisicoquímica de 20 materiales de *Moringa* cultivados en suelo Luvisol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de suelo y clima del cultivo. El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con tipo de suelo Luvisol según la clasificación WRB (1999), con clima AW₀, ubicado en las coordenadas con latitud norte 20° 24' a una longitud oeste de 89° 45' y altura de 41 msnm, con temperatura media anual de 24.2°C, con Humedad relativa promedio: de mayo a octubre 78% y de noviembre a abril 73%. Con una precipitación media anual entre 900 y 1000 mm.

Colectas. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron 20 materiales de Moringa procedentes del Campo Experimental Rosario Izapa en el Estado de Chiapas del INIFAP.

Manejo agronómico. La siembra se realizó bajo temporal en el año 2013, a espeque depositando tres semillas por piquete. Se empleó una distancia de siembra de 1.5 m entre plantas y 3 m entre hileras. La parcela experimental consistió de 6 plantas y la parcela útil en 4 plantas con competencia completa.

Muestreo. A los dos años de siembra de las 20 colectas de moringa, se recolectaron al azar, muestras de hojas y tallos tiernos de aproximadamente un kilogramo por cada planta para cada uno de los materiales con sus respectivas repeticiones, en la época de lluvia; posteriormente, se pesó 100 g para determinar la materia seca del forraje; el porcentaje de materia seca (MS) se calculó dividiendo peso seco entre peso fresco multiplicando por 100. La muestra restante se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de ± 55 °C, por un período de 48 horas, el material seco se molió con molino tipo Willey con criba de 1 mm. Para conocer la calidad fisicoquímica de los materiales, se realizaron los análisis de cenizas (Cen), de proteína cruda (PC), siguiendo los métodos oficiales de la AOAC (2005). Aunado a lo anterior se efectuaron las determinaciones de fracciones de fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND) con el método de digestión con detergente ácido y neutro, con filtración subsecuente (Van Soest *et al.*, 1978).

Análisis de los datos. El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS (ver. 9.0) y la comparación de medias con Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca. Los resultados de la producción de materia seca del forraje de los materiales, se presentan en el cuadro 1. El rango que se obtuvo de materia seca fue de 16.9 a 20.4%, siendo las colectas 4 y 19 las que presentaron mayor porcentaje de materia seca. No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las colectas. Relacionado a este componente, Foidl *et al.* (1999); Alfaro y Martínez (2008), reportaron valores similares a lo encontrado en el presente trabajo (18% y 20.3% respectivamente), de la misma manera, Del Toro *et al.* (2011), encontraron un valor ligeramente más elevado (22.4%) de MS en la moringa; las diferencias en este componente puede ser debido a la época y al estado de madurez en que fue colectado el forraje (Whiteman, 1980).

Análisis fisicoquímicos de la moringa. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los materiales en los análisis fisicoquímicos de la Moringa. En el cuadro 2, se observan los promedios de los análisis fisicoquímicos:

Cen y PC. Para las Cen, se obtuvieron valores de 8.0 a 10.8%; los porcentajes de PC determinados fueron de 21.3 a 29.9 %; en la literatura, Reyes *et al.* (2006); Pérez *et al.* (2010); Padilla *et al.* (2014), reportan para Moringa contenidos de Cen que van de 8.9 a 10.4% y PC de 17 a 26.8%, por otro lado, Alfaro y Martínez (2008); Del Toro *et al.* (2011), encontraron 27.7% y 26.9 % de PC respectivamente; los rangos obtenidos en el presente trabajo, fueron similares a los publicados por dichos autores, sin embargo, resultan ser superiores, si se compara con lo reportado en arbóreas nativas con porcentajes que van de 12.6 a 23.8% (Solís, 2002; López, 2003), lo cual indica el gran contenido de este nutriente en la moringa y su potencial.

Cuadro 1. Materia seca del forraje de Moringa (%)

COLECTA	MS
1	19.4
2	17.7
3	19.8
4	20.3
5	18.9
6	19.2
7	17.9
8	17.2
9	17.4
10	19.8
11	17.0
12	17.2
13	18.6
14	18.5
15	16.9
16	19.1
17	18.4
18	18.0
19	20.4
20	17.8

FAD y FND. Para FAD se obtuvo rangos que van de 16.7 a 26.4% y para la FND de 20.3 a 30.4%; de manera contraria Reyes *et al.* (2006); Pérez *et al.* (2010); Padilla *et al.* (2014), reportaron datos más elevados (36.1 a 45.9% y 32.1 a 60.8% para FAD y FND respectivamente), sin embargo estos resultados, pueden ser debido al estado de madurez en el que se colectó la planta; al respecto López (1994), menciona que la FND y la FAD es afectada por el estado de madurez de la planta, observando que a mayor madurez es más la FND y la FAD y viceversa. Las diferencias en las concentraciones de FAD y FND se debe a que los nutrientes de los forrajes varía no solamente en y entre especies, ya que también es afectada por factores ontogénicos y ambientales (luz, temperatura y estrés por agua), el estado de maduración y fertilizantes (Whiteman, 1980).

Cuadro 2. Calidad fisicoquímica del forraje de Moringa Oleífera (%)

COLECTA	MS	Cen	PC	FAD	FND
1	93.4	9.1	26.0	21.5	25.0
2	93.8	9.7	27.4	20.9	23.5
3	90.5	9.8	22.5	26.4	30.4
4	93.3	10.8	22.7	24.8	27.8
5	93.0	10.3	21.3	23.4	29.7
6	92.8	9.7	23.8	22.7	28.2
7	92.6	9.9	24.2	21.0	25.0
8	92.8	9.3	27.8	19.1	21.4
9	92.6	9.0	28.6	17.5	20.3
10	92.5	8.9	28.6	17.3	22.7
11	93.1	9.2	28.7	18.5	22.6
12	92.7	9.2	26.7	19.2	22.1
13	92.1	8.0	25.8	17.1	21.3
14	92.6	9.1	26.4	16.7	20.3
15	92.7	9.1	28.1	20.7	23.9
16	87.7	8.0	29.9	18.9	23.8
17	92.2	8.8	23.2	19.2	23.9
18	93.4	9.1	24.2	22.0	27.4
19	92.1	8.8	26.7	18.0	20.3
20	90.9	9.7	25.6	19.2	22.5

MS: Materia seca, Cen: cenizas, PC: proteína cruda, FAD: fibra ácido detergente, FND: fibra neutro detergente

CONCLUSIONES

Por su contenido de proteína cruda, las colectas 9, 10, 11, 15 y 16 fueron las mejores.

Las fracciones de fibra (FAD y FND) obtenidos en la Moringa, son mínimos si se compara con los reportados en especies arbóreas convencionales y en gramíneas, por lo que puede utilizarse como fuente proteica principalmente.

La información generada sobre la composición química de la Moringa, podrá utilizarse como referencia en la elaboración de dietas de suplementación en los sistemas de explotación pecuaria (rumiantes y monogástricos).

Se recomienda complementar la información generada en este trabajo, con estudios de digestibilidad de la materia seca para tener mayor información del forraje de la moringa.

Literatura citada

- Alfaro, V. N. y Martínez, W. 2008. Uso potencial de la Moringa (*Moringa oleífera* L.) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. CONCYT, SENACYT, FONACYT, INCAP. Guatemala. p.30
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. 18 th ed. AOAC International. Gaithersburg, MD, EEUU. Consulta junio de 2016. Disponible en: www.aoac.org
- Del Toro, M. J., Carballo H A., Rocha R. L. 2011. Valoración de las propiedades nutricionales de *Moringa oleífera* en el departamento de Bolívar. Universidad Cartagena, p. 23.
- Foidl, N., Mayorga, L., y Vásquez, W. 1999. Utilización del marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. En: Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal No. 143, p. 341.
- López, H. M. 2003. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán, México pp 106.
- López, R. R. 1994. Efecto de la madurez del *Penisetum purpureum* (var Taiwan 144A) sobre el ambiente ruminal, su consumo, digestibilidad y degradabilidad. Tesis de Maestría en producción Animal Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México pp.36-76.
- Martínez, M. 1959. Plantas útiles de la flora mexicana. Botas, México, D. F. 621 p.
- Olson, M. E., & Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleífera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1071-1082.
- Padilla, C., Fraga N., Scull I., Tuero R., y Sarduy L. 2014. Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleífera* Vc. Plan. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 48. Num. 4. Pag. 208.
- Pérez, A., Sánchez, T., Sanchez, N., Amerangal, N. & Reyes, F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleífera* Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes 33:4
- Reyes, S.N. 2006. *Moringa oleífera* and *Cratylia argentea*: Potential fodder species for ruminantes in Nicaragua. Doctoral Tesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Solis, P. G. 2002. Evaluación de especies arbóreas con potencial forrajero. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán, México pp64.
- Van Soest, P.J., Mertens DR., Deinum B. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47: 712-720.
- Whiteman, P.C. 1980. Tropical Pasture Science. Oxford University Press. New. Pág. 23-30
- WRB. 1999. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.

EFFECTO DEL ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO Y ÁCIDO PALMÍTICO SOBRE EL CONSUMO DE FORRAJE DE VACAS EN LACTACIÓN

EFFECT OF CONJUGATED LINOLEIC ACID AND PALMITIC ACID ON INTAKE OF FORAGE DURING THE LACTATION OF COWS

¹de la Cruz-Velázquez S, ³Granados-Rivera LD, ²Granados-Zurita L, ²Oliva-Hernández J, López-Noverola I, ²Quiroz-Valiente J

¹Universidad Popular de la Chontalpa, carretera Cárdenas-Huimanguillo km 2, ranchería Paso y Playa, C.P. 86500. Cárdenas, Tabasco, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias km. 1 carretera Huimanguillo– Cárdenas, C. P. 86400. Huimanguillo, Tabasco, México.

³Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera Federal México–Texcoco, CP. 56230. Estado de México, México.

³Autor para correspondencia: granados.lorenzo@colpos.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la influencia de la inclusión de ácido linoleico conjugado (ALC) y ácido palmítico en la dieta de vacas en lactación sobre el consumo de materia seca. El estudio se realizó en Huimanguillo, Tabasco. Se utilizaron seis vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú en lactancia, con uno a cuatro partos, distribuidas en tres grupos de dos animales cada uno. Los tratamientos fueron T₁) dieta base (pastoreo + concentrado + ensilado); T₂) dieta base + 50 g de ALC (mezcla de ácidos grasos microencapsulados, que aportaron 6 g de cis-9, trans-11 y 6 g de trans-10, cis-12 ALC, Lutrell Pure®, BASF, Alemania); T₃) dieta base + 50 g de ALC + 412 g de ácido palmítico (mezcla de ácidos grasos microencapsulados con 85 % de ácido palmítico, Jefe Dairy Fat 99%®, JEFO, Canadá). Se utilizó un diseño cruzado y los datos se analizaron utilizando un modelo mixto. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tres grupos. Las vacas tuvieron un periodo de adaptación de 14 días y tres periodos experimentales de 21 días. Las variables de respuesta fueron: consumo de materia seca (MS) proporcionada por el forraje, concentrado y ensilado de sorgo (kg d⁻¹), producción de leche (kg d⁻¹), producción de leche corregida por energía (kg d⁻¹) y eficiencia alimenticia (kg de leche producida/ kg de materia seca consumida). Los tratamientos estudiados no afectaron ($p > 0.05$) el consumo de MS proporcionada por el forraje, concentrado y ensilado de sorgo. La producción de leche fue mayor ($p \leq 0.05$) en el T₃ con respecto a T₁ y T₂. Se concluye que la inclusión de ácido palmítico y ácido linoleico conjugado en la dieta de vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú en lactación no afecta el consumo de MS total y la proporcionada por el forraje. Sin embargo, la producción de leche fue mayor cuando se incluye en la dieta ALC y ácido palmítico.

Palabras clave: Consumo voluntario, ácido linoleico conjugado, ácido palmítico, forraje, materia seca.

INTRODUCCIÓN

En la región tropical húmeda de México existen condiciones climáticas que limitan la eficiencia de producción del ganado bovino lechero (Carvajal-Hernández *et al.*, 2002; Zarate-Martínez *et al.*, 2010). Además de lo anterior, un mal manejo del pastoreo, ocasiona cambios negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que ocasionan una reducción en la fertilidad del mismo, y en consecuencia se disminuye la productividad de las praderas afectando negativamente la calidad y cantidad de biomasa disponible para las vacas en pastoreo. La producción de leche es baja (3 a 4 kg d⁻¹) en la región tropical (Dios-Vallejo, 2001), debido en parte, a la baja calidad físico química de los forrajes tropicales, los cuales se caracterizan por tener baja digestibilidad de la materia seca, reducido contenido de proteína cruda y contenido celular, lo cual limita la actividad microbiana en el rumen y el consumo voluntario. No obstante, la degradación de los forrajes tropicales puede incrementarse por los microorganismos del rumen, si la dieta que consumen los bovinos se complementa con energía, proteína, amoníaco y minerales (Dávila *et al.*, 2006). Específicamente, la inclusión de lípidos en las raciones de vacas lecheras mejora el metabolismo energético, incrementa la densidad energética de la ración y aportar ácidos grasos preformados que pasan a la leche, favoreciendo con esto el balance

energético de la vaca (Alvarado *et al.*, 2009). Actualmente, la investigación respecto a la inclusión de lípidos en la dieta de vacas lecheras, está orientada al uso de ácidos grasos libres, los cuales mejoran el metabolismo energético de la vaca, incrementan la producción de leche, mejoran el perfil lipídico de la leche y ayudan a que la remoción de reservas corporales en la primera fase de la lactancia sea mínima (Rico *et al.*, 2014ab). El ácido linoleico conjugado (ALC) hace referencia a un conjunto de al menos 28 isómeros geométricos y posicionales del ácido linoleico con enlaces dobles en posición conjugada (Bauman *et al.*, 2003), y es producido en el rumen como intermediario en el proceso de biohidrogenación del ácido linoleico catalizada por la enzima linoleato isomerasa de bacterias como *Butirivibrio fibrisolvens* y *Megasphaera elsdenii* (Griinari *et al.*, 2000; Ramírez-Mella *et al.*, 2013). El ALC también puede ser sintetizado de forma endógena en los tejidos de la glándula mamaria de rumiantes a partir de ácido vaccénico (C18: 1 trans-11), por acción de la esteril-CoA desaturasa (Griinari *et al.*, 2000).

La importancia de incrementar el contenido de ALC en la leche, radica las propiedades potencialmente benéficas en la salud humana que se le atribuyen al ALC, destacando entre ellas la reducción de grasa en tejidos, prevención de aterosclerosis y cáncer, y reducción de hipertensión arterial (Khanal y Dhiman, 2004; Yang *et al.*, 2015). Otro ácido graso que ha despertado gran interés en la nutrición de vacas lecheras es el ácido palmítico, este ácido graso es el de mayor concentración (25 a 40%) en la grasa de la leche. El uso de fuentes purificadas de este ácido en las dietas de vacas lecheras, ha probado incrementar la producción de leche y el rendimiento de grasa en la misma (Piantoni *et al.*, 2013), además ayuda en la reposición de la pérdida de peso corporal durante los períodos de balance negativo de energía (Loften *et al.*, 2014). No obstante, un aspecto poco estudiado en dietas de vacas lecheras, es la influencia del ALC y del ácido palmítico sobre el consumo voluntario de forraje, aspecto altamente importante debido a que el consumo voluntario es determinante para incrementar la productividad del ganado lechero. Por lo anterior, generamos la hipótesis que complementar la dieta de vacas en pastoreo con ALC y ácido palmítico reduce el consumo de forraje. Mientras que el objetivo de la presente investigación, consiste en determinar la influencia de la inclusión de ALC y ácido palmítico en dietas de vacas en producción láctea sobre el consumo de materia seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se realizó en una finca comercial, ubicada en Huimanguillo, Tabasco durante el periodo comprendido entre septiembre y diciembre de 2014 (20 msnm, temperatura media anual de 26.1 °C, precipitación pluvial anual de 2,220 mm, humedad relativa media mensual superior al 80 %).

Animales, diseño experimental y tratamientos. Se utilizaron seis vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú en lactación, con uno a cuatro partos, distribuidas en tres grupos de dos animales cada uno. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tres grupos, usando un diseño cruzado. Los tratamientos fueron T₁) dieta base (pastoreo + concentrado + ensilado); T₂) dieta base + 50 g de ALC (mezcla de ácidos grasos microencapsulados, que aportaron 6 g de cis-9, trans-11 y 6 g de trans-10, cis-12 ALC, Lutrell Pure ®, BASF, Alemania); T₃) dieta base + 50 g de ALC + 412 g de ácido palmítico (mezcla de ácidos grasos microencapsulados con 85% de ácido palmítico, Jefe Dairy Fat 99% ®, JEFO, Canadá).

Alimentación. Las vacas se alimentaron con base al pastoreo y una complementación alimenticia. El pastoreo fue de tipo rotacional, en praderas mixtas con Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) e Insurgente (*Brachiaria brizantha*). La complementación alimenticia consistió en alimento comercial (10% de PC) y ensilado de sorgo. Las vacas recibieron cuatro kg de alimento comercial vaca⁻¹ día⁻¹ (con dos kg alimento vaca⁻¹ en cada ordeño; 05:00 y 16:00 h). Los tratamientos motivo de la investigación se ofrecieron simultáneamente con el alimento comercial. Posterior a la ordeña, las vacas se alojaron en un corral donde se les ofreció individualmente cuatro kg de ensilado de sorgo d⁻¹.

Producción de leche: La producción de leche, se registró individualmente durante las dos ordeñas en los últimos cuatro días de cada periodo experimental. La producción de leche se corrigió por energía (PLCE, kg d⁻¹), utilizando la ecuación propuesta por el NRC (2001). $PLCE = [0.327 \times \text{producción de leche (kg d}^{-1})] + [12.95 \times \text{grasa (kg d}^{-1})] + [7.65 \times \text{proteína (kg d}^{-1})]$.

Consumo de forraje. Para determinar el consumo de forraje se utilizó óxido de cromo (Cr₂O₃) como marcador externo y cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). Las heces se obtuvieron directamente del recto del animal durante los últimos cuatro días de cada periodo experimental y se mantuvieron en congelación hasta su análisis en el laboratorio. Las

muestras de heces se descongelaron a 24 °C y se procedió a mezclar las cuatro muestras de cada vaca y de cada periodo, para formar una muestra compuesta. A las muestras de heces y a cada uno de los componentes de la dieta total se les determinó cenizas insolubles en ácido, y la determinación de cromo se realizó únicamente en las muestras de heces; ambas determinaciones se realizaron por absorción atómica en el laboratorio de nutrición animal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. La producción diaria de materia fecal se calculó aplicando la fórmula descrita por Church (1988). Posterior a esto, con los datos de la producción de materia fecal, se estimó el consumo de forraje de la pradera (g MS d⁻¹) de cada vaca de acuerdo a la formula descrita por Geerken *et al.* (1987). El consumo total de MS se determinó sumando la cantidad de MS en el forraje de la pradera, ensilado de sorgo y alimento comercial consumido por vaca⁻¹ d⁻¹.

Dosis de Cr₂O₃ (g d⁻¹)

Producción fecal, MS (g d⁻¹) =-----

Concentración de Cr₂O₃ en heces (g⁻¹ MS)

Se estimó el consumo de forraje de la pradera (g MS d⁻¹) de cada vaca según la fórmula que proponen Geerken *et al.* (1987):

$\{(CIA)H \times PTH\} - \{[(CIA)C \times CTC] - [(CIA)M \times CTM]\}$

Consumo MS pradera (g d⁻¹) = -----
(CIA)P

Dónde:

(CIA)H= Concentración de cenizas insolubles en ácido (CIA) en heces (g kg⁻¹ MS).

PTH= Producción total de heces, usando Cr₂O₃ como marcador externo (g d⁻¹).

(CIA)C= Concentración de CIA del concentrado (g kg⁻¹ MS).

CTC= Consumo total del concentrado (g).

(CIA)M= Concentración de CIA en el ensilado de sorgo (g kg⁻¹ MS).

CTM= Consumo total de ensilado de sorgo (g d⁻¹).

(CIA)P= Concentración de CIA en el forraje de la pradera (g⁻¹ MS).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño cruzado y los datos se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS (2002). El modelo estadístico fue:

$Y_{ijk} = \mu + P_i + T_j + (P \times T)_{ij} + E_{ijk}$

Dónde: Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general

P_i = Efecto fijo del i-esimo período (i = 3)

T_j = Efecto fijo del j-esimo tratamiento (j = 3)

$(P \times T)_{ij}$ = Efecto conjunto de la interacción del i-esimo nivel del factor período y del j-esimo nivel del tratamiento

E_{ijk} = Error experimental (NID) (0, σ^2)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo de materia seca. Los tratamientos estudiados no afectaron ($p > 0.05$) el consumo de MS proporcionada por el forraje, alimento comercial y ensilado de sorgo (Cuadro 1). De acuerdo con el NRC (2001), las vacas lecheras con un peso vivo promedio de 450 kg, y una producción de 20 kg de leche d⁻¹, requieren consumir 16.5 kg de MS. En el presente estudio, las vacas consumieron el 93% de la materia seca requerida para producir 20 kg de leche d⁻¹. En adición, el nivel de consumo de materia seca alcanzado permitió producir el 79% de los 20 kg de leche d⁻¹. El nivel de producción de leche d⁻¹ registrado por las vacas en el estudio, se explica en parte por el consumo de MS registrado. Sin embargo, es posible que otros factores no evaluados en el presente estudio, tales como, condiciones de calor y humedad, peso vivo de las vacas, digestibilidad y valor nutricional de la dieta hayan ejercido influencia sobre el consumo de MS. Al respecto, algunos estudios, (Hodgson y Jamieson, 2006; Holechek *et al.*, 1995; Forbes, 1998; Mejía, 2002; Mellado *et al.*, 2004; Morales-Martínez, 2013; Bargo *et al.*, 2002), mencionan que la composición, química de la dieta de rumiantes en pastoreo, con un alto

contenido de fibra y baja energía digestible, reduce el consumo voluntario del animal. Otros factores que afectan el consumo voluntario de alimento, son la especie o variedad de planta, estado de maduración al momento del pastoreo, fertilidad del suelo y fertilización. Adicionalmente, las fluctuaciones en las condiciones climáticas a través del año, provocan variación en la composición química del forraje a lo largo del año y por consiguiente el aporte de nutrimentos procedentes del pasto no es constante.

Cuadro 1. Consumo de materia seca y producción de leche de vacas en pastoreo complementadas con ácido linoleico conjugado y ácido palmítico

	Tratamientos			EEM ³
	Testigo	ALC	ALC + palmítico	
Consumo de materia seca (kg d ⁻¹)				
Concentrado	4.00	4.00	4.00	-
Ensilado	8.00	8.00	8.00	-
Forraje	3.13	3.37	3.49	0.34
Total	15.13	15.37	15.49	0.46
Producción de leche (kg d ⁻¹)	15.47 ^b	15.21 ^b	16.38 ^a	0.37
PLCE (kg d ⁻¹) ¹	16.94 ^a	14.43 ^b	17.70 ^a	0.65
Eficiencia alimenticia ²	1.15 ^a	0.95 ^b	1.18 ^a	0.06

¹PLCE = Producción de leche corregida por energía; ²Eficiencia alimenticia= PLCE /consumo de materia seca total; ³Error estándar de la media; abc, valores con distinta literal en la misma fila son diferentes ($p \leq 0.05$).

Producción de leche. Los tratamientos estudiados afectaron ($p \leq 0.05$) la producción de leche y la PLCE (Cuadro 1). El T₃ permitió incrementar la producción de leche en un 5.8 y 7.7% con relación al T₁ y T₂ respectivamente. La mayor producción de leche registrada en el T₃ puede atribuirse a un mayor consumo de energía en la dieta, debido a la adición de ácido palmítico. A este respecto, Warntjes *et al.* (2008) reportan que los microorganismos del rumen no son afectados por altos niveles de ácidos grasos saturados en la dieta, lo que favorece que el ácido palmítico escape del rumen como un ácido graso inerte y pueda ser absorbido en el intestino delgado, aumentando de esta forma la cantidad de energía neta para lactación (EN_L). En adición, Piantoni *et al.* (2013) y Mosley *et al.* (2007) observaron, que la adición de 384 y 545 g ácido palmítico d⁻¹ en la dieta de vacas permitió incrementar la producción diaria de leche en 1.1 y 3.1 kg respectivamente, *versus* una dieta sin ácido palmítico. Por su parte, Magaña-Monforte *et al.* (2006) indican que las vacas que consumen forrajes tropicales en monocultivo pueden mantener un nivel de producción entre 7 y 9 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹ y entre 1000 y 2000 kg de leche hectárea⁻¹ año⁻¹ bajo condiciones de pastoreo sin suplementación alimenticia. Sin embargo, el suministro de un complemento alimenticio a vacas en pastoreo, permite aumentar la carga animal e incrementar la producción de leche entre 6 y 12 kg d⁻¹ y entre 2500 a 17000 kg de leche hectárea⁻¹ año⁻¹.

Eficiencia alimenticia (EA). La EA nos indica la cantidad de leche producida por unidad de materia seca consumida. Los tratamientos estudiados afectaron ($p \leq 0.05$) la EA de las vacas. En T₁ y T₃ se registró una mayor EA con respecto a T₂ (Cuadro 1). En T₂ se detectó una menor ECM con relación a T₁ y T₃, lo que contribuye a explicar la menor EA detectada. En adición, en T₃ se registró una mayor producción de leche con respecto a T₂.

CONCLUSIONES

En vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú en lactación alimentadas con base en pastoreo y una complementación alimenticia, la inclusión de ácido linoleico conjugado o ácido linoleico conjugado más ácido palmítico en la dieta no afectaron el consumo de materia seca proporcionada por el forraje ni el consumo de materia seca total. No obstante, la inclusión de ácido linoleico conjugado más ácido palmítico en la dieta permitió aumentar el nivel de producción de leche con relación a un tratamiento control e incremento la eficiencia alimenticia con respecto a un tratamiento con ácido linoleico sin ácido palmítico.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, K., Romero J.J. y Valverde E. 2009. Caracterización de la detección de celos en fincas lecheras especializadas de Costa Rica. *Ciencia Veterinaria*. 24, 167-184.
- Bargo, F., Muller L.D., Delahoy J.E. and Cassidy T.W. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*. 85, 1777-1792.
- Bauman, E., Corl A. and Peterson G. 2003. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. 2, 146-173.
- Carvajal-Hernández, M., Valencia-Heredia E.R. y Segura-Correa J.C. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán México. *Revista Biomédica*. 13, 25-31.
- Church, D.C. 1988. Fecal composition, mathematics of digestion balances and markers. p. 39-57. In D.C. Church (ed) *The Ruminant Animal Digestive: Physiology and Nutrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Dávila, C., Urbano U. y Moreno P. 2006. Producción de leche según el tipo de leguminosa arbórea asociada y el nivel de concentrado, en el trópico húmedo. *BIOTAM. Nueva Serie. Edición Especial Tomo I*. Pp. 677-680.
- Dios-Vallejo, O.O. 2001. *Ecofisiología de los bovinos en sistemas de producción del trópico húmedo*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.
- Forbes, J.M. 1998. *Voluntary Food Intake of Farm Animals*. Butterworth's. 2nd ed. London, Great Britain. 205 p.
- Geerken, C.M., Calzadilla D. y González R. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes*. 10, 266-273.
- Griinari, J.M., Corl A., Lacy S.H., Chouinard P.Y., Nurmela K.V.V. and Bauman E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. *The Journal of Nutrition*. 130, 2285-2291.
- Hodgson, J. and Jamieson W.S. 2006. Variations in herbage mass and digestibility, and the grazing behaviour and herbage intake of adult cattle and weaned calves. *Grass and Forage Science*. 36, 139-48.
- Holechek, J.L., Pieper R. D. and Herbel C.H. 1995. *Range management principles and practices*. 2nd ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall. NJ, USA. Pp. 177-214.
- Khanal, R.C. and Dhiman T.R. 2004. Biosynthesis of conjugated linoleic acid (CLA): A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*. 3, 72-81.
- Loften, J.R., Linn J.G., Drackley J.K., Jenkins T.C., Soderholm C.G. and Kertz A.F. 2014. Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97, 1-14.
- Magaña-Monforte, J.G., Ríos-Arjona G. y Martínez-González J.C. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 14, 105-114.
- Mejía, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*. 12, 56-63.
- Mellado, M., Olvera A., Dueñez J. y Rodríguez A. 2004. Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. *Journal of Applied Animal Research*. 26, 93-100.
- Morales-Martínez, O.I. 2013. Variación en el consumo de FDN en vacas lactando en el trópico. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Mosley, S.A., Mosley E. E., Hatch B., Szasz J.I., Corato A., Zacharias N., Howes D. and McGuire M.A. 2007. Effect of Varying Levels of Fatty Acids from Palm Oil on Feed Intake and Milk Production in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*. 90, 987-993.
- NRC. 2001. *Nutritional Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, USA.
- Piantoni, P., Lock A.L. and Allen M.S. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 96, 7143-7154.
- Ramírez-Mella, M., Hernández-Mendo O., Ramírez-Briebesca E.J., Améndola-Massiotti R.D., Crosby-Galván M.M. and Burguño-Ferreira J.A. 2013. Effect of vitamin E on milk composition of grazing dairy cows supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid. *Tropical Animal. Health and Production*. 45, 1783-1788.
- Rico, J.E., Allen M.S., and Lock A.L. 2014a. Compared with stearic acid, palmitic acid increased the yield of milk fat and improved feed efficiency across production level of cows. *Journal of Dairy Science*. 97, 1057-1066.

- Rico, D.E., Ying Y. and Harvatine K.J. 2014b. Effect of a high-palmitic acid fat supplement on milk production and apparent total-tract digestibility in high- and low-milk yield dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97, 3739–3751.
- SAS, (Statistical Analysis System). 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.) Cary, N.C. USA: SAS Inst. Inc.
- Warntjes, J.L., Robinson P.H., Galo E., DePeters E. J. and Howes D. 2008. Effects of feeding supplemental palmitic acid (C16:0) on performance and milk fatty acid profile of lactating dairy cows under summer heat. *Animal Feed Science and Technology*. 140, 241–257.
- Yang, B., Chen H., Stanton C., Ross R.P., Zhang H., Chen Y.Q. and Chen W. 2015. Review of the roles of conjugated linoleic acid in health and disease. *Journal of Functional Foods*. 15, 314–325.
- Zárate-Martínez, J.P., Esqueda-Esquivel V.A., Vinay-Vadillo J.C. y Jácome-Maldonado S.M. 2010. Evaluación económica-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía Mesoamericana*. 21, 255-265.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LOS PASTOS ESTRELLA Y DICTYONEURA CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO VS MANEJO TRADICIONAL, EN VERACRUZ

FORAGE PRODUCTION OF ESTRELLA AND DICTYONEURA GRASSES WITH FERTILIZATION AND IRRIGATION VS TRADITIONAL MANAGEMENT, IN VERACRUZ

Enríquez Quiroz JF¹, Villanueva Avalos JF², Cab Jiménez FE³ y Montero Lagunes M¹.

¹ C. E. La Posta, CIRGOC, INIFAP, ² C. E. El Verdineño, CIRPAS-INIFAP.

³ Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV).

Autor para correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo fue comparar el efecto de la fertilización + riego vs manejo tradicional, de los pastos Estrella (*Cynodon plectostachyus*) y Dictyoneura (*Brachiaria humidicola*), 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 tres repeticiones. Los resultados indican diferencias entre tratamientos ($P>0.05$) para los dos pastos evaluados, en la que Dictyoneura resultó superior a estrella en la producción anual de forraje con valores de 19066 y 13308 kg ha⁻¹, respectivamente. La producción registrada para las parcelas que recibieron fertilización y riego fue de: 9041, 6025 y 11409 kg /ha, para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente, mientras que los tratamientos sin fertilización y riego la producción de forraje fue de: 4076, 802y 1021, kg ha⁻¹ para lluvias, nortes y secas, respectivamente, y un incremento anual de 20576 kg ha⁻¹, obtenidos por efecto de la fertilización y el riego, lo cual es una ventaja palpable del uso de la tecnología para incrementar la producción de biomasa forrajera y alimentar un mayor número de animales por hectárea.

Palabras clave: Fertilización, riego, materia seca.

INTRODUCCIÓN

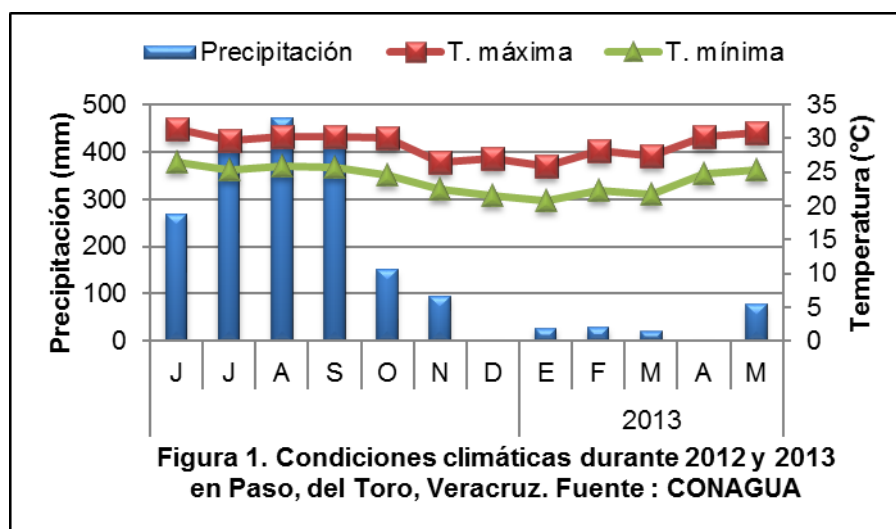
En el trópico mexicano, uno de los principales problemas del ganado en pastoreo es la subalimentación. La producción de leche y carne de bovino en trópico se basa fundamentalmente en el pastoreo y por lo mismo la producción y calidad del forraje tiene un efecto directo sobre la producción animal ya que 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 la región central del estado de Veracruz, en los últimos años se ha incrementado la oferta de pastos tradicionales y nuevas especies y cultivares de pastos, de algunos de ellos incluidos el Estrella (*Cynodon plectostachyus*) y Dictyoneura (*Brachiaria humidicola*), se dispone de poca información técnica 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 Estrella y Dictyoneura con fertilización + riego y sin fertilización ni riego 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 (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 %. Se evaluó el pasto Estrella *Cynodon plectostachyus* y *Dictyonera Brachiaria humidicola*. La cosecha se realizó cada 35 días. 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 aplicaron 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 altura de corte fue de 15 cm. Variables medidas: Producción de materia seca por corte, estacional y anual de los pastos Estrella y Dictyoneura. 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. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la especie forrajera y la subparcela el manejo (tradicional vs fertilización + riego). La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS 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 2012 y 2013, durante el periodo experimental, se muestran en la Figura 1. Durante el año se registró una precipitación de 2002 mm, de los cuales en la época de lluvias se acumularon 1753 mm, en nortes 152 mm y en la época seca 97 mm, ocurridos en un periodo de 145 (junio a octubre), 105 (noviembre a febrero) y 105 días (marzo a mayo), 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 en promedio mensual con 20.8 °C que ocurrieron en enero y promedio mensual de temperaturas máximas de 31.4 registrados en junio, las cuales influyen de manera positiva o negativa hasta cierto punto, en el crecimiento de los pastos.



La producción de biomasa por corte se muestra en el Cuadro 1, en donde se observan diferencias ($P>0.05$) entre pastos en seis de los 10 cortes realizados, tres de ellos (cortes 2, 3 y 4) se hicieron en la época de lluvias, lo que es lógico pensar que durante este tiempo ambas especies tienen condiciones climáticas favorables para su desarrollo, lo que permite obtener buenos resultados.

Cuadro 1. Producción de materia seca (kg/ha) por corte de dos especies de pastos, en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Especie	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6	Corte 7	Corte 8	Corte 9	Corte 10
Dictyoneura	2681 a	1755 a	1576 a	1308 a	1532 a	1556 a	1122 a	1499 a	2538 a	3500 a
Estrella	2117 b	1399 a	1241 a	940 a	1234 b	815 b	567 b	1453 a	1938 b	1503 b

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

En el Cuadro 2 se agrupan los resultados obtenidos por época, en donde hubo diferencias ($P > 0.05$) entre los dos tratamientos para las épocas de lluvias, nortes y para el total acumulado, que tuvo una producción de materia seca de 19,066 y 13,308 kg ha⁻¹ año⁻¹, para Dictyoneura y Estrella, respectivamente. En la época seca el análisis estadístico no detectó diferencias entre los dos pastos, sin embargo, la producción acumulada fue diferente entre las dos especies, lo que hace ver las ventajas del Dictyoneura comparado con el pasto estrella, con una diferencia en la producción de forraje de 5758 kg ha⁻¹.

Cuadro 2. Producción de materia seca (kg/ha) estacional de dos especies de pastos, en Paso del Toro, Veracruz.

Especie	Lluvias	Nortes	Seca	Total
Dictyoneura	7319 a	4210 a	7537 a	19066 a
Estrella	5798 b	2616 b	4894 a	13308 b

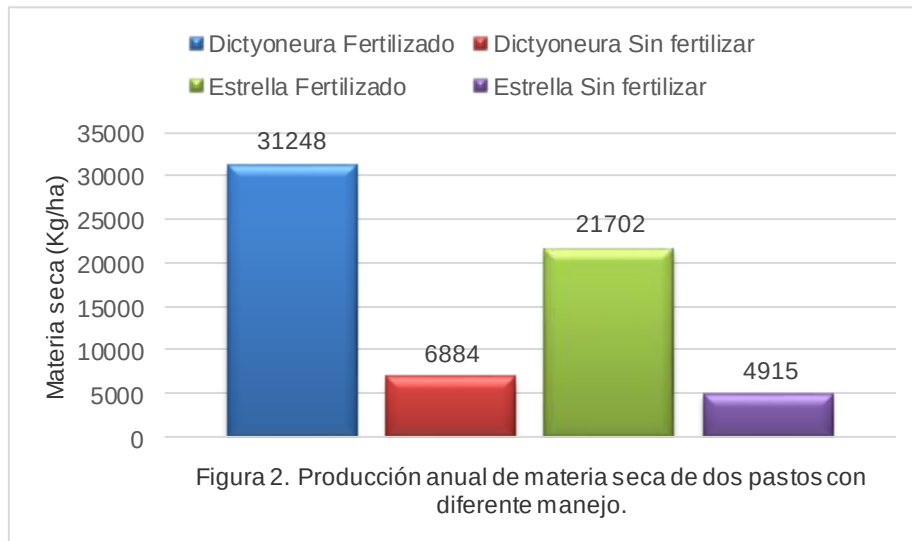
Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

La respuesta en la producción de forraje de los pastos evaluados sobre la práctica de fertilizar y regar en la época de nortes y seca, contra el manejo tradicional, sin realizar ninguna de esas dos practicas se presenta en el Cuadro 3, en donde se observan diferencias ($P > 0.05$) 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, el tratamiento tradicional sin fertilización ni riego, el crecimiento se restringió ampliamente tal como lo han documentado (Enríquez y Romero, 1999; 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. La interacción pasto* fertilización y riego fue significativa en todas las épocas y en el total por año.

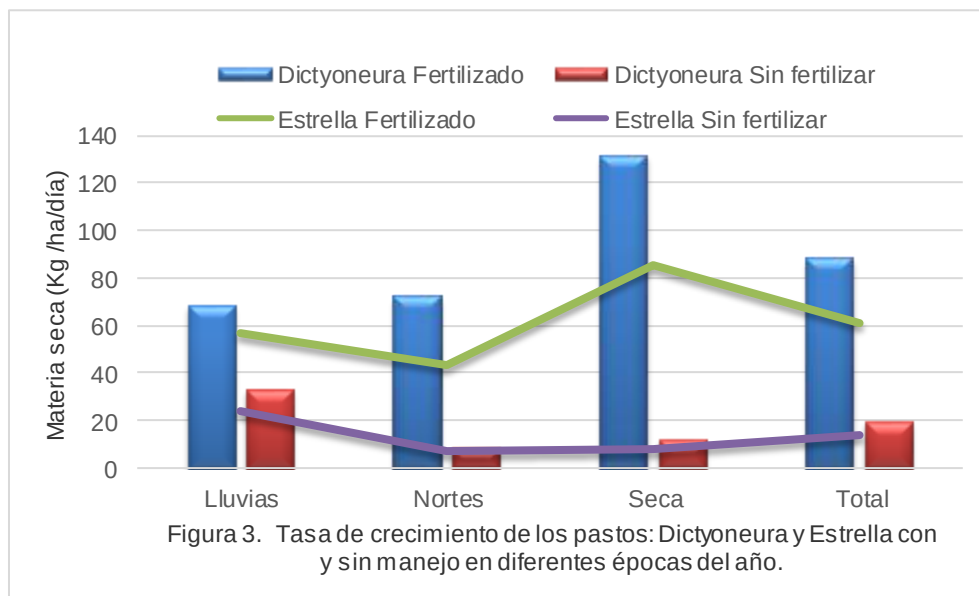
Cuadro 3. Respuesta de la fertilización y riego en la producción de forraje (kg/ha) por época y anual en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Tratamiento	Épocas del año			Total acumulado
	Lluvias	Nortes	Seca	
Fertilizado	9041 a	6025 a	11409 a	26475 a
Sin fertilizar	4076 b	802 b	1021 b	5899 b
% de incremento	122	656	1017	348

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).



En la Figura 2, se puede observar el comportamiento de las dos especies comparadas con y sin fertilización, en donde es evidente la amplia respuesta que manifiestan ambos pastos, así como la superioridad del pasto Dictyoneura comparado con el pasto estrella en cualquiera de los dos tratamientos.



En la Figura 3, se observan las tasas de crecimiento de los pastos por época del año, es de destacar la similitud en la tendencia de ambos pastos en la producción de forraje, cuando no se someten a la aportación de fertilizante y riego en épocas de escasez de humedad, con valores sumamente bajos con relación a las prácticas de manejo a que fueron sometidas estas especies, en donde se aprecia la superioridad en la respuesta para el pasto Dictyoneura, que demuestra mayor velocidad de crecimiento en cualquier época del año con relación al pasto estrella, dicha situación hace patente la respuesta diferencial de las especies a las prácticas de manejo y que cada especie responde de acuerdo a su potencial productivo para una región dada.

CONCLUSIONES

La fertilización + el riego produjo incrementos de 116, 307 y 631 %, en las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente, y 258 % considerando todo el año, con relación al manejo tradicional, sin

fertilizar y sin riego, 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-Quiroz JF, Romero-Mora J. 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 QJF, Meléndez NF, Bolaños AED y Esqueda EV. 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 NF, González MJA, y Pérez PJ. 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 RL, Enríquez QJF, López GI. Producción Sustentable De Forrajes Tropicales. En: Román PH, L Ortega R, L Hernández A, E Díaz A, JA Espinosa G, G Núñez H, R Vera A, M Medina C y FJ Ruiz L (comps). 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 2009. 19- 49.
- SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. (2002). Adams, M. 1995. Fundamentos de química de suelos Universidad Central de Venezuela Consejo de Desarrollo Científico y Humanismo.

EVALUACION DE LA UTILIZACION DE *Stevia rebaudiana* VAR. BERTONI COMO ANTIHELMINTICO EN OVINOS DE PELO

EVALUATION OF THE USE OF *Stevia rebaudiana* VAR. BERTONI AS AN ANTIHELMINTIC IN SHEEP HAIR

¹Murguía Olmedo ML, ¹Rojas Rodríguez O, ²Silva Erosa PG

¹Campo Experimental Mocochá. CIR Sureste. INIFAP. Km 25 Antigua carretera Mérida – Motul. C.P. 97454. Mocochá, Yuc. ² Pasante de Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico de Conkal. Km 16.3 Antigua carretera Mérida-Motul C.P 97345 Conkal, Yucatán.

Autor para correspondencia: murguia.maria@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estudio se realizó en un lote de 26 ovinos machos de un año de edad parasitados en forma natural, con el propósito de valorar el efecto de la adición de hojas secas en polvo de *Stevia*, sobre la cantidad de huevos por gramo de heces, así como en las variables de peso, condición corporal, FAMACHA, hematocrito y proteína total sérica. Se dio una dosis final de 0.750 gr de polvo de *Stevia rebaudiana* var. *Bertoni* por 200 gr/animal/día de alimento concentrado comercial con un contenido de 16% de proteína cruda. Este alimento se proporcionó por 30 días. Se tomaron datos de peso, condición corporal, índice de FAMACHA y sangre para conocer el índice de hematocrito y nivel de proteínas totales séricas así como muestra de heces para prueba de Mc master. Esto se hizo al inicio y al final (30 días post inicio). El análisis de la información fue por medio del programa SAS, en base a un modelo lineal de efectos fijos. Para establecer diferencias entre las medias, se utilizó la prueba de Duncan. Los resultados encontrados muestran un impacto negativo del número de huevos por gramo de heces sobre las variables estudiadas así como una reducción en el número de huevos por gramo de heces en un 40 al 60%. Estos resultados muestran un efecto antihelmíntico del polvo de hoja seca de *Stevia rebaudiana* var. *Bertoni* en ovinos parasitados en forma natural.

Palabras clave: ovinos, antihelmínticos, *stevia*

INTRODUCCIÓN

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son un problema universal para los productores de ovinos ya que es una causa frecuente de la pobre eficiencia de las ganaderías. Sobre todo de aquellas que basan su producción en el uso del pastoreo extensivo, con la finalidad de abaratar el costo de producción, reduciendo su dependencia de los granos y/o alimentos concentrados. Su presencia ocasiona enormes pérdidas, ocupando un lugar principal donde las condiciones agroecológicas y geo climáticas en los trópicos favorecen su alta incidencia, Dublin *et al*, (2012). El control de NGI en los años recientes se ha logrado con éxito a través del uso profiláctico y terapéutico de compuestos antihelmínticos comerciales, Coop y Sykes, (2002). Sin embargo, el uso continuo de estos productos ha resultado en la aparición a nivel mundial de resistencia en poblaciones de NGI, Waller, (1997). Por esta razón y con la finalidad de evitar la fuente de contaminación que estos compuestos químicos pudiesen generar a nivel del ambiente y de alimentos (carne y leche), se han desarrollado líneas de investigación relacionadas con vías alternativas o naturales para el control de NGI en rumiantes. Muchos investigadores en diversas partes del mundo han centrado su atención en la exploración del uso de plantas con propiedades antihelmínticas, como métodos alternativos de control parasitario y que formen parte de un programa de Manejo integrado de control de plagas que debe ser complementada con todas las demás medidas de control que existen, Silva, (2002).

Por otro lado, la *Stevia* que es un edulcorante natural, no calórico para uso en la población humana, actualmente se estudian un gran número de aplicaciones de esta planta, para la salud como son: anticáncer, enfermedades de la piel, para la diabetes, cardiotónico, desparasitante, dietético, etc. Además se han empezado a investigar sus aplicaciones en el área pecuaria como saborizante de pastos, estimulador del apetito, interviene en pronta recuperación en procesos infecciosos, mejora la calidad y sabor de la carne, como tranquilizante y disminuye la presentación de enfermedades, entre otros beneficios. Murguía y Rojas, (2015) al utilizar *Stevia* en polvo en el creep feeding en corderos lactantes, encontrando que los corderos mostraron un mayor peso, un mayor nivel de proteínas

séricas y menor mortalidad al destete. Achucarro *et al.*, (2009) demostraron actividad antihelmíntica evidente de la Stevia, utilizando la técnica de motilidad y supervivencia de la lombriz de tierra, utilizada como modelo biológico. Utilizando soluciones de extracto alcohólico el 1% y al 10% y solución de extracto acuoso al 10% y formulaciones farmacéuticas de antiparasitarios como controles. Encontrando que el mejor tratamiento fue el del extracto acuoso, valorado en tiempo en que causó la muerte del nematodo. Achucarro, *et al.*, (2011) demostraron acción antihelmíntica en adultos y niños parasitados con helmintos y/o protozoarios utilizando comprimidos de *Stevia rebaudiana* (SRB) vs mebendazol-tinidazol (MBZ-TNZ). No se registraron efectos adversos asociados a los tratamientos. En base a esto se fijó el objetivo de evaluar el efecto del suministro de *Stevia rebaudiana Bertoni*, en polvo, sobre el número de huevos por gramo de heces de parásitos gastrointestinales en ovinos de pelo, así como en las variables de peso, condición corporal, hematocrito, total de proteína sérica y FAMACHA.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Ovina de Investigación, que se encuentra en el Campo Experimental de Mochochá perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), localizado en el Km. 25 de la antigua carretera Mérida – Motúl, Yucatán, México. Se utilizó hoja de tercera calidad, con tallo de *Stevia rebaudiana var. Bertoni*, de la variedad criolla, proveniente del Sitio Experimental Uxmal, perteneciente al INIFAP. El material vegetal fue secado en una estufa de convección a una temperatura de 60 °C. Una vez seca se procedió a molerla en un molino Thomas-Wiley con una criba de 1mm. El polvo de stevia obtenido, se pesó en una balanza granataria para una dosis final de 0.750 gr de polvo de *Stevia rebaudiana Bertoni* por 200 gr de alimento concentrado comercial con un contenido de 16% de proteína cruda. Este alimento se proporcionó por 30 días a razón de 200 gr/animal/día. Se utilizó un lote de 26 ovinos machos de un año de edad parasitados en forma natural. Se tomaron datos de peso corporal a cada uno de los ovinos, el pesaje del animal se realizó en báscula mecánica, también se tomó la condición corporal, usando la escala de 1 a 5, Oriella, (2015). Se tomó una muestra sanguínea por punción yugular, para hematocrito, que se determinó por centrifugación de sangre heparinizada en un tubo capilar (tubo de microhematocrito) a 10 000 rpm durante cinco minutos y obtención de suero para valoración del nivel de proteínas totales, utilizando un refractómetro óptico manual. De igual manera se tomaron muestras de heces fecales directamente del recto del animal para posteriormente hacer el examen coproparasitoscópico y conocer el nivel de parasitismo de los animales, esto se realizó mediante la técnica de McMaster. Para medir el nivel de anemia en los animales, se utilizó el método FAMACHA, para efectos estadísticos, los 5 niveles que se manejan en la tarjeta FAMACHA, se concentraron en 3, siendo para el nivel 1 y 2 de FAMACHA como nivel 3, para coloración normal (rojo intenso o rojo), nivel 3 de FAMACHA, como nivel 2, (mucosa rosa) y nivel 4 y 5 de FAMACHA, como nivel 1 con una mucosa rosa claro o prácticamente blanca, que sería indicativo de un estado anémico. Además de la cuantificación por medio de la técnica de McMaster, para cuantificar el número de huevos por gramo de heces (HGH) de los animales, se elaboró una escala subjetiva, siendo: nivel 1 (leve), de 50 a 500 HGH, nivel 2 (moderada) de 500 a 1000 HGH y nivel 3 (grave) > de 1000 HGH. Los datos se capturaron en una base de datos de EXCELL, para posteriormente transferirla al programa estadístico del SAS versión 2014. Las variables de respuesta fueron peso corporal, Hematocrito, Total de proteína sérica y huevos por gramo de heces (HGH) y las variables fijas fueron: condición corporal (CC), FAMACHA y nivel de parasitosis. La duración del experimento fue de 30 días tomándose datos el día 0 (inicial) y al día 30 (final). El análisis de la información fue en base a un modelo lineal de efectos fijos. Para establecer diferencias entre las medias, se utilizó la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 de la variable condición corporal (CC), podemos observar que hubo diferencias significativas entre los niveles de condición corporal (CC) y el peso. Siguiendo una relación positiva, a mejor condición corporal, mayor peso, esta relación se mantuvo tanto al inicio como al final del experimento. Solo en la CC3 Final, se observó una ligera ganancia de peso del 4.3% con relación al peso inicial de la misma categoría. En la variable de hematocrito a pesar de que no se encontraron diferencias significativas ni al inicio ni al final del experimento, la CC2 fue la que presentó valores por debajo del límite normal, tanto al inicio como al final del experimento. En CC2.5 y CC3, se mantuvieron dentro del rango normal, tanto al inicio como al final. En cuanto al nivel total de proteína

sérica se encontraron diferencias significativas, tanto al inicio como al final, observándose al inicio que a mayor condición corporal, mayor nivel de proteína sérica, teniendo niveles normales en las tres condiciones corporales evaluadas. En cuanto al final el nivel de total de proteína sérica mantuvo la misma relación, siendo el valor menor en la CC2 y en CC2.5 y CC3 los valores fueron más altos, pero menores que al inicio, pero sin diferencias entre ellas. En cuanto a número de huevos por gramos de heces (HGH) se encontraron diferencias significativas al inicio donde se ve que la CC2 es la que tuvo una mayor cantidad de huevos por gramo de heces (HGH), siendo de 1725 HGH y fue disminuyendo conforme aumentaba el nivel de CC, siendo para CC 2.5 de 1484 HGH y para CC 3 de 700 HGH. En la etapa final a 30 días de haber proporcionado polvo de *Stevia rebaudiana Bertoni* en la dieta, se registró una disminución en las cantidades de HGH registradas al inicio y no hubo diferencias significativas entre las condiciones corporales evaluadas. Mostrando una reducción de HGH en los tres niveles de condición, siendo en CC2 de un 49.3%, en la CC2.5 de un 60.2%, y la CC3 no mostro reducción alguna, siendo muy semejante el número de HGH, tanto al inicio como al final del experimento.

Cuadro 1. Valores encontrados por condición corporal en ovinos de pelo con aporte de polvo de *Stevia rebaudiana Bertoni* en la dieta

Variables	Inicial			Final		
	C.C 2.0	C.C 2.5	C.C 3.0	C.C 2.0	C.C 2.5	C.C 3.0
Peso (Kg)	21.0 ^b	29.8 ^a	31.7 ^a	20.7 ^b	29.3 ^a	33.0 ^a
Hematocrito (%)	25.7 ^a	32.4 ^a	29.3 ^a	26.3 ^a	30.1 ^a	28.1 ^a
Total de Proteína Sérica (g/dl)	5.6 ^b	6.3 ^{ab}	6.8 ^a	3.9 ^b	5.0 ^a	4.8 ^{ab}
No. de huevos por gramo de heces	1725 ^a	1484 ^{ab}	700 ^b	850 ^a	894 ^a	744 ^a

Diferencias significativas (P<0.05) entre promedios con diferentes literales por renglones.

El Cuadro 2, nos muestra los valores encontrados con respecto a la variable FAMACHA, durante el experimento solo se tuvieron nivel 2 y 3 (equivalentes a índice 3 e índice 1 y 2 de tarjeta FAMACHA respectivamente). Los valores iniciales y finales de peso corporal, no mostraron diferencias significativas entre los niveles de FAMACHA, pero se observa que a menor peso el índice de coloración de la mucosa palpebral disminuye. En cuanto a hematocrito se encontraron diferencias significativas entre FAMACHA 2 Y 3 al inicio, siendo para FAMACHA 2 de 24.0 % que está por debajo del rango normal y FAMACHA 3 de 33.2 %, que es considerado normal. No se encontraron diferencias significativas en hematocrito al final, los valores encontrados están dentro del rango normal, aunque numéricamente es más alto el de FAMACHA 3. En cuanto al total de proteína sérica no se encontraron diferencias significativas al inicio ni al final, pero se observaron valores numéricos dentro del rango normal al inicio y ligeramente bajos al final. En cuanto al número de huevos por gramos de heces (HGH) se encontraron diferencias significativas al inicio siendo para FAMACHA 2 de 2050 HGH y para FAMACHA 3 de 1139 HGH, observando que a mayor cantidad de HGH la coloración de la mucosa es menor. No se encontraron diferencias significativas al final, siendo para FAMACHA 2 de 700 HGH y FAMACHA 3 de 950 HGH. Pero si se observó una reducción, entre la valoración inicial y la final en el número de HGH, mostrando una disminución del 65.9% en FAMACHA 2 y de 16.5% en FAMACHA 3.

Cuadro 2. Valores encontrados por FAMACHA en ovinos de pelo con aporte de polvo de *Stevia rebaudiana Bertoni* en la dieta

Variables	Inicial		Final	
	FAMACHA 2	FAMACHA 3	FAMACHA 2	FAMACHA 3
Peso (Kg)	25.7 ^a	29.1 ^a	28.6 ^a	31.6 ^a
Hematocrito (%)	24.0 ^b	33.3 ^a	27.9 ^a	31.1 ^a
Total de Proteína Sérica (g/dl)	6.3 ^a	6.1 ^a	4.5 ^a	5.1 ^a
No. de huevos por gramo de heces	2050 ^a	1138 ^b	700 ^a	950 ^a

Diferencias significativas (P<0.05) entre promedios con diferentes literales por renglones.

El cuadro 3, de la variable nivel de HGH, nos muestra que no hubo diferencias significativas al inicio en las variables de peso, hematocrito y total de proteína sérica, no así en cuanto al número de huevos

por gramos de heces donde hubo diferencia significativa entre nivel 3 y los otros dos niveles, siendo muy por arriba el nivel 3 con 2600 HGH. En cuanto al final, el peso mostro diferencias significativas, entre el nivel 2 y los niveles 1 y 3, mostrando un mayor peso. No hubo diferencias significativas en hematocrito, aunque el nivel 3 mostro un valor ligeramente por debajo del índice inferior normal, tampoco mostro diferencias significativas en el total de proteína sérica, que mostro valores bajos a los normales. En el número de huevos por gramo de heces hubo diferencias significativas entre los tres niveles, siendo para nivel 1 de 210 HGH, nivel 2 con 722 HGH y nivel 3 con 1556 HGH. Aquí también se observó una reducción en el número de HGH, entre el inicio y el final de la aportación del polvo de stevia. Reduciéndose en el nivel 1 en un 41.6%, el nivel 2 se mantuvo y el nivel 3 en un 40.2%.

Cuadro 3. Valores encontrados por nivel de HGH en ovinos de pelo con aporte de polvo de *Stevia rebaudiana* Bertoni en la dieta.

Variables	Inicial			Final		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Peso (Kg)	30.4 ^a	26.7 ^a	28.1 ^a	23.7 ^b	33.1 ^a	27.0 ^b
Hematocrito (%)	32.6 ^a	28.8 ^a	30.4 ^a	28.0 ^a	29.3 ^a	26.8 ^a
Total de Proteína Sérica (g/dl)	6.5 ^a	5.9 ^a	6.2 ^a	4.7 ^a	4.5 ^a	4.5 ^a
No. huevos por gramo de heces	360 ^b	722 ^b	2600 ^a	210 ^c	722 ^b	1556 ^a

Diferencias significativas (P<0.05) entre promedios con diferentes literales por renglones.

Con los resultados encontrados y presentados en los cuadros, nos indican que la cantidad de huevos por gramo de heces de parásitos gastrointestinales influyen sobre el peso corporal, la condición corporal, hematocrito, FAMACHA y Proteínas totales séricas, en una forma negativa.

Como lo menciona Morales *et al.*, (2006) que observa recuentos elevados de huevos por gramo de heces de estróngilos digestivos, en animales con condición corporal $\leq 2,5$ y el menor valor de hematocrito, lo que indica que estos animales pueden ser considerados acumuladores de parásitos o de mayor susceptibilidad, mientras que los animales con altas cargas de parásitos, buena condición corporal y hematocrito normal pueden ser considerados resilientes.

En los tres cuadros presentados el total de proteínas séricas, se ve disminuido entre la fase inicial y la final, esto concuerda con lo reportado en la literatura, que nos indica que las proteínas totales se encuentran disminuidas en casos de trastornos digestivos, inanición, parasitosis, falla renal o hepática, infecciones crónicas, paperas y tumores (Laboratorio 9 de julio, 2011). Siendo los valores normales de proteínas totales séricas de 6-8 g/dl y esto puede deberse a que la presencia de parásitos en el tracto gastrointestinal causan trastornos digestivos, al alterar las funciones de digestión y absorción de nutrientes.

El sistema FAMACHA es una buen indicador para valorar el estado parasitario y su efecto en el animal (grado de anemia) ya que a menor coloración de la mucosa ocular, menor nivel de hematocrito. La valoración por FAMACHA, nos ayudara a detectar a los animales con signos de anemia y es la base por la cual se desarrolló el sistema FAMACHA® como diagnostico inespecífico, aunque útil de la hemoncrosis, Morales *et al.*, (2002)

Además, Habela *et al.*, (2002), mencionan que se ha intentado asociar la cantidad de huevos contabilizados en heces con el número de vermes adultos existentes (carga parasitaria). Una tasa de parasitación baja inferior a 500 hgh, correspondería a una cifra inferior a 4,000 vermes adultos, la que es considerada una infestación ligera y posiblemente compatible con niveles aceptables de producción. Una eliminación de 600 a 2000 hgh, se asocian a cargas parasitarias entre 4,000 a 10,000 vermes adultos, considerada una infestación moderada que puede originar pérdidas de cierta consideración en la producción. Por ultimo cifras superiores a 2,000 hgh, se asocian a cargas parasitarias superiores a los 10,000 vermes adultos, pudiendo fluctuar estas infestaciones de intensas a masivas, en las cuales la sintomatología clínica se hace presente e incluso la muerte puede ocurrir.

Pero lo relevante es que en los tres cuadros se observa una reducción en el número de huevos por gramo de heces entre el inicio del trabajo y el final de este, no llegando a una reducción de cero, pero si bajando los niveles entre un 40 al 60%, suministrando en el alimento polvo de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Achucarro, *et al.*, (2011) demostraron acción antihelmíntica en adultos y niños parasitados con helmintos y/o protozoarios utilizando comprimidos de *Stevia rebaudiana* (SRB) vs mebendazol-tinidazol (MBZ-TNZ). SRB redujo significativamente, la frecuencia de infección por protozoarios (74,5%) frente a lo obtenido con MBZ-TNZ (40,7%), destacando la negativización de Giardia lamblia

que resultó el doble con SRB de lo observado con MBZ-TNZ. SRB redujo la frecuencia de helmintos en 70,6% de manera similar a MBZ-TNZ. Actualmente se hacen estudios en la búsqueda de nuevas estrategias de control parasitaria a base de plantas, Athanasiadou y Kyriazakis, (2004), Dublin *et al.* (2012) con el objetivo no solo de encontrar nuevos compuestos químicos eficaces contra helmintos, sino que también por su aplicabilidad desde el punto de vista orgánico, ya que ellos podrían reemplazar el uso de químicos sintéticos corrientemente usados, lo cual puede proveer métodos ecológicos para el tratamiento de parásitos usando plantas con propiedades antihelmínticas.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se concluye que la administración de polvo de *Stevia rebaudiana Bertoni* tiene un efecto antihelmíntico en base a la disminución de HGH de parásitos gastrointestinales. Aunque la administración de polvo de *Stevia rebaudiana Bertoni*, a la dosis utilizada en el presente trabajo y en un periodo de 30 días, no disminuye al 100 % los niveles de HGH, pero si tiene un efecto reductivo por lo que se recomienda realizar más trabajos donde se manejen varias dosificaciones en polvo en la dieta de *Stevia rebaudiana var. Bertoni* o con extractos para una respuesta más contundente. Ya que podría ser una nueva estrategia antihelmíntica para el control de los parásitos gastrointestinales en ovinos de pelo.

LITERATURA CITADA

- Achucarro C, Echagüe G, Sosa L, Ferro E, Sckell C, Ferreira M, Pistilli N, Alborn RM. 2009. Actividad Antihelmíntica de la *Stevia rebaudiana Bertoni* (SRB) ka'á he'ê: Primera etapa del proyecto de investigación con lombricus terrestres. An. Fac. Cienc. Méd. (Asunción) / Vol XLII - Nº 1.
- Achucarro C, Ferro E, Richer Y, Salazar ME, Ciciolli S, Ortiz I, Campos S, Sckell C, Samudio M, Alborn RM, Meza B, Varela I, Losanto J, Pedrozo JR. 2011. Evaluación clínica preliminar del efecto antiparasitario de *Stevia rebaudiana Bertoni* (ka'á he'ê) en adultos y niños. An. Fac. Cienc.Méd. (Asunción) / Vol. 44 - Nº 2.
- Athanasiadou, S., Kyriazakis, I. (2004). Plant secondary metabolites: antiparasitic effects and their role in ruminant production systems. P Nutr Soc 63, 631-639.
- Coop, R.L., Sykes, A.R. (2002). Interactions between gastrointestinal parasites and nutrients. In:Freer, M. and Dove, H. (eds) Sheep Nutrition. CAB International. Pp. 313-331.
- Dublin DR, Roque LE, Estrada OJ. (2012). Eficacia del extracto de las hojas del Neem *Azadirachta indica* A. Juss en el control de nematodos gastrointestinales en ovino Pelibuey. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070712/071210.pdf> Consultado 10 de junio 2016.
- Habela, M., Sevilla,R.G., Corchero, E., Fruto, J.M.y Peña, J. 2002. Nematodosis Gastrointestinales en Ovino. Mundo Ganadero, Mayo 2002. Parasitología y Enfermedades Parasitarias. Facultad de Veterinaria de Cáceres, Universidad de Extremadura, España. www.produccion-animal.com.ar Consultado 10 de junio 2016.
- Laboratorio 9 de julio. Diagnostico veterinario. Interpretación de loa análisis clínicos veterinarios. 2011. www.lab9dejulio.com.ar . Consultado 14 de junio 2016.
- Morales G, Pino LA, León E, Rondón Z, Guillén A, Balestrini C y Silva M. 2002. Relación entre los parámetros hematológicos y el nivel de infestación parasitaria en ovinos de reemplazo. Veterinaria Trop. 27(2): 87-98.
- Morales G, Pino LA, Sandoval E, Florio J y Jiménez D. 2006. Niveles de infestación parasitaria, condición corporal y valores de hematocrito en bovinos resistentes, resilientes y acumuladores de parásitos en un rebaño Criollo Río Limón. Zootecnia Tropical, Vol. 24, No. 3, 2006, pp. 333- 346.
- Murguía OML, Rojas RO. 2015. Influencia del consumo de *Stevia rebaudiana* variedad Bertoni en corderos lactantes sobre su nivel sérico de proteínas totales y mortalidad al destete. Memorias del XXVII Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015. IV Congreso Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Pags. 257-260
- Oriella R. 2015. Evaluación de la Condición Corporal y Edad de los ovinos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura No. 79. Julio 2015, Temuco – Chile. www.inia.cl/wp-content/uploads/2016/03/Informativo-79-Ovinos.pdf consultado el 21 de junio 2016.
- Silva MR. 2002. Insecticidas Vegetales. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción Chile. <http://ipmworld.umm.edu/cancelado/Spchapters/GsilvaSp.htm> consultado 24 de mayo 2016.
- Waller, P.J. 1997. Anthelmintic resistance. Veterinary Parasitology. 72:391-412.

PRODUCCIÓN Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO CUBA CT-115 (*Pennisetum purpureum*) EN TRES EPOCAS CLIMÁTICAS.

PRODUCTION AND NUTRITIONAL VALUE OF GRASS CUBA CT -115 (*Pennisetum purpureum*) THREE CLIMATIC SEASONS

¹De Dios León GE, ¹Ramos Juárez JA, ¹Osorio Arce MM, ²Hernández Mendo O, ³Meléndez Nava F

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco (COLPOS). Periférico Carlos A. Molina S/N, H. Cárdenas, Tabasco, México, C.P. 86500.

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos (COLPOS). Km 36.5 Carretera México – Texcoco, Montecillo Estado de México, México. CP 86400.

³Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH). Km 2.5 Ranchería Paso y Playa, Carretera Cárdenas – Huimanguillo, Cárdenas, Tabasco México.

Autor de correspondencia: ramosj@colpos.mx

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la producción de biomasa y valor nutritivo del pasto Cuba CT-115 a diferentes edades de rebrote durante un año en un suelo Cambisol en la región de la Chontalpa, Tabasco, se sembró el pasto Cuba CT-115 en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos (días de rebrote del pasto, 30, 45, 60, 75 y 90 días), evaluado en la épocas de seca, lluvias y nortes. Los datos se analizaron bajo un arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas grandes fueron las épocas del año y las parcelas chicas, los días de rebrote. Las variables medidas fueron: altura, rendimiento de biomasa, relación hoja/tallo, tasa de crecimiento, porcentaje de materia seca, porcentaje de proteína cruda, degradación *in situ* de la materia seca, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida. Se hicieron ecuaciones de regresión lineal dentro de época entre los días de rebrote y cada variable empleando el programa Curvafit (Olivares, 1994). La mayor altura, rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento, se encontraron en la época de lluvias a los 90 d con 165 cm, 27 t MS ha⁻¹ y 150 kg MS ha d⁻¹, respectivamente. El contenido de materia seca fue mayor a los 90 d en las tres épocas (24.12, 24.68 y 24.40 % para la época de secas, lluvias y nortes, respectivamente). El mayor contenido de proteína se observó a los 30 y 45 d en la época de nortes (15.74 y 15.44 %, respectivamente). Se concluye que en las condiciones donde se desarrolló este estudio, el pasto Cuba CT-115 tiene un mejor comportamiento en la época de nortes.

Palabras clave: Suelo Cambisol, edad de rebrote, degradación, composición química, forraje.

INTRODUCCIÓN

En la región tropical húmeda de México, la alimentación de los bovinos se basa en el uso de los pastos y forrajes como principal fuente de alimento (García-Martínez *et al.*, 2015), su producción de biomasa y valor nutritivo de éstos, varían con la época del año, lo cual limita considerablemente la sustentabilidad de la productividad animal a través del año (Fulkerson *et al.*, 2007), por lo que es importante la selección efectiva e introducción de pastos de alta producción forrajera y calidad nutricional adaptados a las condiciones locales de clima, suelo y manejo, que permitan al productor contar con disponibilidad de pastos y forrajes durante todo el año.

El pasto Cuba CT-115 es un clon del King grass obtenido en el Instituto de Ciencia Animal por cultivo de tejidos *in vitro*. Por sus características agronómicas y de composición química se ha utilizado ampliamente en Cuba. Ha sido recomendado para utilizarse como banco de biomasa por sus características favorables para el pastoreo. Su poco florecimiento, buen rebrote en pastoreo, mayor proporción de hojas y menor altura por el acortamiento de los entrenudos lo hacen diferente al king grass (Martínez y Herrera 2006).

Martínez y Herrera (2006), mencionan también que el pasto Cuba CT-115 tiene alta producción de biomasa en la época de seca y que a los 4-6 meses de edad, presenta mayor valor nutritivo que otros pastos. Sin embargo, es necesario probarlo bajo las condiciones climáticas y de suelo del Estado de Tabasco debido a que no existen estudios reportados relacionados a esta especie en la zona. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de biomasa y valor nutritivo del pasto Cuba CT-115 a diferentes edades de rebrote durante un año en un suelo Cambisol en la región de la Chontalpa,

Tabasco bajo la hipótesis que en la época de seca el pasto Cuba CT-115 tiene buena producción de biomasa con buen valor nutritivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. Se estableció en las instalaciones del Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco, en la región conocida como la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco, localizado en las coordenadas geográficas 17°59'15.6" de latitud Norte y 93°35'06.9" de longitud Oeste a una altura de 12 msnm, la zona presenta un clima cálido húmedo con lluvias en verano (Am), la precipitación total anual supera los 2000 mm, y la temperatura promedio anual de 26 °C (García, 1988), el suelo pertenece a la unidad Cambisol (Palma-López *et al.*, 2007).

Periodos de evaluación. El estudio comprendió la fase agronómica desde el mes de Abril del 2011 a Abril del 2012. Para estudiar las interacciones entre tratamientos y épocas del año, todas las variables estudiadas se agruparon en las tres épocas del año considerando la precipitación, temperaturas máximas y mínimas y horas brillo sol, datos obtenidos de la estación meteorológica del Campus Tabasco, Colegio de Posgraduados (Figura 1).

Diseño experimental. Bajo condiciones de campo se usó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos (días de rebrote del pasto): T1 (30 d), T2 (45 d), T3 (60 d), T4 (75 d) y T5 (90 d) con cuatro repeticiones; sin embargo, los datos se analizaron bajo un arreglo de parcelas donde las parcelas grandes fueron las épocas del año y las chicas, los días de rebrote. Se utilizaron 20 parcelas de 12 m² cada una, considerando una parcela útil de 4.8 m².

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (2012), para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ($P < 0.05$), Se hicieron ecuaciones de regresión lineal dentro de época entre los días de rebrote contra las diversas variables con el programa Curvafit (Olivares, 1994).

Variables. Se agruparon en agronómicas: altura, rendimiento de biomasa base seca (RBS), relación hoja/tallo (h/t), tasa de crecimiento (TC) y variables de valor nutritivo: porcentaje de materia seca (MS) y porcentaje de proteína cruda (PC) según AOAC (2012). Fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) de acuerdo a Van Soest (1991) y degradación *in situ* de la MS (DIMS) a las 24 h según Orskov *et al.* (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los datos climáticos de la Figura 1, se tomó como época de secas los meses de marzo a Junio, época de lluvias los meses de julio a octubre y épocas de nortes los meses de noviembre a febrero.

Se encontró interacción entre el factor época y las variables agronómicas; la máxima altura se observó a partir de los 75 d de rebrote sin diferencias entre las épocas del año y se encontró alta correlación entre altura de la planta y días de rebrote ($r=0.97$), ($r=0.99$) y ($r=0.98$) en seca, lluvias y nortes, respectivamente. La altura del pasto Cuba CT-115 en Tabasco, es mayor a la reportada por (Casanovas *et al.*, 2006) en Cienfuegos, Cuba, quienes reportan alturas de 23 y 78 cm a los 45 y 120 d de rebrote, respectivamente, en la época de seca, muy inferior a las de nuestro estudio a la misma época y frecuencia de corte. Un aspecto a resaltar sobre la altura del pasto Cuba CT-115 en Tabasco, es que en la época de nortes las alturas son bajas, se ha señalado por Juárez *et al.* (2004) que en esta época el crecimiento de los pastos es menor debido a las bajas temperaturas y días cortos que prevalecen durante esa temporada. Las mayores relaciones de hoja/tallo se encontraron a los 30 y 45 d de rebrote en la época de seca y a los 30 en la época de lluvias (Cuadro 1).

Se encontró correlación negativa para la relación hoja/tallo, ($r=0.84$), ($r=0.95$) y ($r=0.92$), para seca, lluvias y nortes, respectivamente; es posible que al acortamiento de los entrenudos del pasto CT-115 y a la corta y escasa floración, tenga un crecimiento más continuo; (Aceves 2010), menciona que algunos cultivos tropicales tienen una eficiencia fotosintética alta aún bajo condiciones de baja radiación solar; como se observó durante la fase del experimento en la época de nortes donde las horas brillo sol fue de 4.6 h/d comparada con seca fue de 7.7 horas (Cuadro 1).

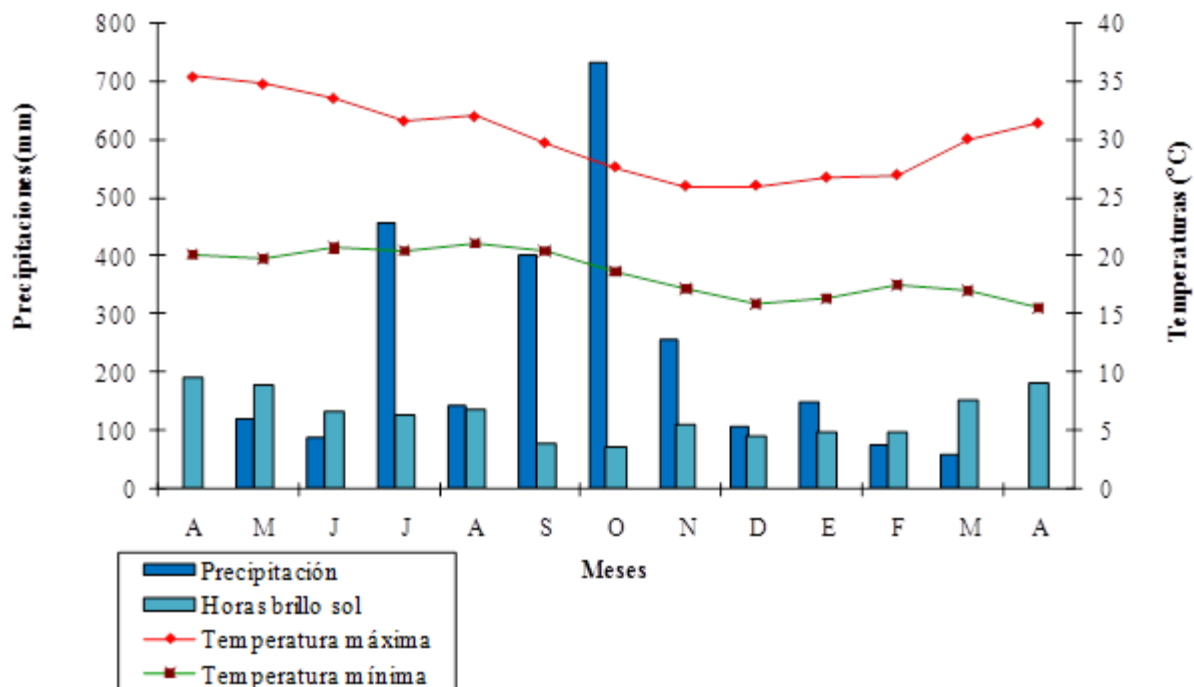


Figura 1. Datos climáticos presentes durante el año de evaluación.

La mayor producción de biomasa base seca se obtuvo a los 90 d en la época de lluvias; se encontró correlaciones altamente significativa ($r=0.98$) entre los días de rebrote y esta variable para la misma época; significativa en nortes ($r=0.93$) y no significativa en seca; lo anterior se contrapone a lo que mencionan Herrera (1997) para este mismo pasto en Cuba, ya que ellos señalan que en la época de seca tiene buena producción de biomasa, indican también que es un pasto de ciclo largo y que a los 120 d puede seguir creciendo y producir más biomasa, pero en nuestro estudio, es a partir de los 75 d en las épocas lluvias y nortes cuando se logra su máxima producción de biomasa y en la época de seca, a los 90 d. Respecto a la tasa de crecimiento, las mayores se obtuvieron en la época de lluvias a partir de los 75 d, la cual es similar a la época de secas y nortes, pero a los 90 d; se encontraron correlaciones altamente significativas en las épocas de lluvias y nortes ($r=0.97$ y $r=0.96$, respectivamente) no siendo significativa en seca; esta variable está relacionada a la producción de biomasa donde el efecto de las condiciones climáticas fue el mismo (Cuadro 1).

Se encontró interacción en el porcentaje de MS (Cuadro 2), entre épocas y días de rebrote, los mayores valores se obtuvieron a los 90 d en las 3 épocas y a los 75 d en lluvia; el menor valor de MS se encontró a los 30 d en la época de seca. Se ha observado que el porcentaje de MS aumenta conforme avanza la edad de rebrote en pastos, debido a la pérdida de agua y a que los tejidos se vuelven más viejos, además que a edades tempranas los tallos son muy succulentos (Chacón y Vargas 2009; Valenciaga et al., 2009). En diversos experimentos de variedades de *Pennisetum* muestran contenidos inferiores de MS, aún para la misma edad; Araya y Boschini (2005), en Costa Rica estudiaron cinco variedades de *P. purpureum* a diferentes edades de rebrote, donde muestran promedios de contenido de MS en planta entera de 19.44, 21.04, 19.82, 17.80 y 17.17 respectivamente para Taiwán, King grass, Gigante, Enano y Camerún.

La PC tuvo correlaciones negativas con los días de rebrote del pasto ($r=0.98$) para las tres épocas; los mejores porcentajes se obtuvieron hasta los 45 d en todas las épocas empezando a decrecer a partir de los 75 d. En el Estado de Tabasco, una de las épocas más críticas es la de nortes, el CT-115 presentó los mayores valores de PC, independientemente de los días de rebrote, su valor estuvo por encima del 10 %, este comportamiento coincide con el reportado por Meléndez (2012) en el pasto Azuche (*Hymenachne amplexicaulis*) donde el mayor porcentaje de PC se presentó en esta misma época (10.3 %), secas (8.7 %) y en lluvias (8.3 %); en un trabajo realizado por Reyes (1998) con

Cocoíte (*Gliricidia sepium*) también encontró el mayor porcentaje de PC en la época de nortes (22 %). La PC de pastos de uso común en las regiones tropicales de México, oscilan entre 5.5 a 11.9 % en época de secas, gramíneas de corte a 90 d de rebrote contienen entre 4.0 a 12.6 % PC y en lluvias, este valor oscila entre 5.9 y 7.5 % a una edad de rebrote de 90 d (Martín, 1998).

Cuadro 1. Variables agronómicas del pasto Cuba CT-115 en diferentes épocas y días de rebrote

Época del año	Días de rebrote	Altura (cm)	Relación hoja/tallo	RBS (t MS ha ⁻¹)	TC (kg MS ha d ⁻¹)
Seca	30	59 ^e	2.0 ^a	4.1 ^e	44.9 ^{efg}
	45	99 ^d	1.73 ^{ab}	6.3 ^{de}	69.8 ^{defg}
	60	96 ^d	0.79 ^{efg}	4.5 ^e	74.3 ^{cde}
	75	139 ^{abc}	0.90 ^{defg}	4.4 ^e	59.2 ^{defg}
	90	156 ^{ab}	0.76 ^{fg}	10.7 ^{cd}	119.3 ^{abc}
Lluvias	30	64 ^e	1.79 ^{ab}	6.5 ^{de}	41.3 ^{efg}
	45	104 ^d	1.15 ^{cde}	7.3 ^{de}	73.0 ^{def}
	60	123 ^{cd}	0.88 ^{efg}	16.3 ^{bc}	90.7 ^{bcd}
	75	152 ^{ab}	0.72 ^{fg}	20.3 ^b	135.5 ^{ab}
	90	165 ^a	0.55 ^g	27.0 ^a	150.0 ^a
Nortes	30	45 ^e	1.43 ^{bc}	3.1 ^e	25.9 ^g
	45	65 ^e	1.26 ^{cd}	2.8 ^e	28.4 ^{fg}
	60	99 ^d	0.85 ^{efg}	6.8 ^{de}	56.5 ^{defg}
	75	137 ^{bc}	0.94 ^{def}	11.8 ^{cd}	78.5 ^{cde}
	90	139 ^{abc}	0.75 ^{fg}	11.3 ^{cd}	125.5 ^{ab}
EE±		2.98	1.55	0.76	5.74

abcdefg Medias con diferentes superíndices en la misma columna difieren a P<0.05 (Tukey, 1953)

En relación a la DIMS se encontraron interacciones entre los factores evaluados, los mayores porcentajes se obtuvieron hasta los 60 días de rebrote d en las tres épocas. Hay que resaltar que en general, el porcentaje fue bajo (menor del 50 %). La disminución de la DIMS con los días de rebrote, se puede relacionar con el aumento de la concentración de los componentes de la pared celular a medida que avanza la edad de la planta (Valenciaga, 2007). El hecho de que este pasto contiene gran cantidad de agua y por lo tanto, poco contenido de MS es una desventaja para la DIMS (Cuadro 2).

No se encontró interacción en las variables FDN y FDA. En relación a la época del año, el mayor valor (P<0.05) de FDN y FDA, se encontró en la época de lluvias y los menores valores en las épocas de secas y nortes, sin diferencia entre ellos (Cuadro 3). Los mayores valores de FDN y FDA en la época de lluvias pueden atribuirse a que en este periodo, las condiciones climáticas fueron más favorables para tener una elevada actividad metabólica, lo cual se confirma con las mayores producciones de biomasa obtenida durante esta época en el presente estudio. Además, según Van Soest (1991), cuando una planta tiene un mayor desarrollo, requiere que las diversas estructuras de la misma sean más sólidas, aumentando los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina). Alves de Brito *et al.* (1999) mencionan que el incremento en los constituyentes de la pared celular es para que no se produzca ruptura de las células, debido a la elevada absorción de agua.

En relación a los días de rebrote, los mayores valores (P<0.05) de FDN y FDA, se encontró a los 75 y 90 d de rebrote y los menores valores a los 30 y 45 d. A los 60 d de rebrote, los valores de FDN y FDA son similares a los obtenidos a los 30, 45, 75 y 90 d (Cuadro 3). Es conocido que cuando el pasto se hace más maduro, se incrementan los constituyentes de la pared celular ya que se producen cambios fisiológicos que provocan la disminución del contenido celular citoplasmático. Además, se reduce el

lumen celular con sus componentes solubles y se incrementan los componentes fibrosos (Nogueira Filho *et al.* 2000).

Cuadro 2. Variables de valor nutritivo del pasto Cuba CT-115 en diferentes épocas y días de rebrote

Época del año	Días de rebrote	MS (%)	PC (%)	DIMS (%)
Seca	30	17.8 ^g	12.5 ^{cd}	48.1 ^{abc}
	45	18.4 ^{fg}	7.8 ^{fg}	51.8 ^a
	60	18.6 ^{fg}	7.1 ^{fg}	49.4 ^{ab}
	75	20.6 ^{de}	5.4 ^g	47.9 ^{abc}
	90	24.1 ^a	7.5 ^{fg}	42.9 ^{bcde}
Lluvias	30	19.3 ^{ef}	10.4 ^{de}	51.3 ^a
	45	20.4 ^{de}	10.9 ^{cd}	49.8 ^{ab}
	60	23.5 ^{ab}	7.9 ^{ef}	45.1 ^{abcd}
	75	23.7 ^a	6.4 ^{fg}	40.2 ^{de}
	90	24.7 ^a	7.3 ^{fg}	37.0 ^e
Nortes	30	18.5 ^{fg}	15.8 ^a	48.6 ^{ab}
	45	19.4 ^{ef}	15.5 ^{ab}	51.3 ^a
	60	21.0 ^{cd}	13.0 ^{bc}	47.9 ^{abc}
	75	22.1 ^{bc}	12.0 ^{cd}	39.0 ^{de}
	90	24.4 ^a	10.7 ^{cd}	41.2 ^{cde}
EE±		0.26	0.27	0.81

^{abcde} Medias con diferentes superíndices en la misma columna difieren a $P < 0.05$ (Tukey, 1953)

En general, los contenidos de FDN y FDA en este estudio son bajos comparados con otros pastos del mismo género; Ramírez (2008) menciona que este pasto cuando envejece, acumula menos cantidad de lignina que el resto de los *Pennisetum* y por lo tanto significa una mayor degradación del pasto.

Cuadro 3. Fibra detergente neutra y fibra detergente ácida del pasto Cuba CT-115 en diferentes épocas y días de rebrote.

Factor	FDN (%)	FDA (%)
Época del año		
Seca	65 ^b	35 ^b
Lluvias	75 ^a	43 ^a
Nortes	68 ^b	37 ^b
EE±	2.24	2.37
Días de rebrote		
30	66 ^b	35 ^b
45	66 ^b	35 ^b
60	69 ^{ab}	39 ^{ab}
75	74 ^a	40 ^{ab}
90	72 ^a	43 ^a
EE±	1.73	1.84

^{ab} Medias con diferentes superíndices en la misma columna difieren a $P < 0.05$ (Tukey, 1953)

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del estudio, el pasto CT-115 no tuvo un buen comportamiento tanto en la producción de biomasa como en la calidad en la época de seca, sin embargo presentó excelente comportamiento en la época de nortes. Las condiciones climáticas presentadas durante el periodo de estudio no permitieron que el pasto expresara su potencial, por lo mismo se recomienda evaluaciones frecuentes en años posteriores.

LITERATURA CITADA

- Aceves, N.L.A. 2010. El clima y el cultivo del cacao. Ed: Córdova, A.V., García, L.E. y Obrador O.J.J. Cultivo y transformación del cacao en Tabasco, México. Cárdenas, Tab. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. p. 1-10.
- Alves de Brito, C.J.F., Rodella, R.A. y Deschamps, F.C. 1999. Anatomia quantitativa e degradação *in vitro* de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). Rev. Bras. Zootec. 28: 223
- AOAC. 2012 International. Official Methods of Analysis. 19th Ed. Off. Agric. Chem; Washington, D.C., U.S.A
- Araya, M. y Boschini, C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 16 (1): 37-43.
- Casanovas, E., Figueredo, Y., Soto, R., Novoa, R., Valera, R. 2006. Efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento fenológico y productivo de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en el periodo poco lluvioso. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 40: 465-470.
- Chacón, H.P.A. y Vargas, R.C.F. 2009. Digestibilidad y Calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. Revista Agronomía Mesoamericana 20 (2): 399-408. Nota técnica. Universidad de Costa Rica, COAT Rica.
- Fulkerson, W.J., Neal J.S., Clark C.F., Horadagoda, A., Nandra, K.S. y Barchia, I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. Livestock Science. Vol. 107. pp. 253-264.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 246 p.
- García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B. y Avilés-Nova, F. 2015. Dinámicas y tendencias de la nadería doble propósito en el sur del Estado de México. Agrociencia, 49(2), 125-139.
- Herrera, G.R.S. El cultivo de tejidos *in vitro* aplicado a los pastos en Cuba. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 1997; 31:113
- Juárez, H.J. y Bolaños, A.E.D., Reinoso, P. 2004. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en pastos tropicales, época de nortes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola (38) 423-430.
- Martín, P.C. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales.** Rev. Cubana Cienc. Agríc. **32: 1-10.**
- Martínez, R. O. y Herrera, R. S. 2006. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimento durante la secas. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Eds. Herrera, R.S., Febles, G. y Crespo, G. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 221
- Meléndez, N. F. 2012. Principales Forrajes para el Trópico. 1ra. Edición. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tab., México. 516 p.
- Nogueira-Filho, J.C.M., Fondevila, M., Barrios-Urdaneta, A. y González-Ronquillo, M. 2000. *In vitro* Microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stages. Anim. Feed Sci. Tech. 83:145
- Olivares, S.E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUNAL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.
- Orskov, E. R., Hovell, F. D. y Mould. 1992. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Prod. Anim. Trop. 5:195-213.
- Palma-López D.J., Cisneros D.J., Moreno C. y Rincón-Ramírez J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPOTAB FUPOTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Ramírez, J.L., Verdecia, D., Leonard, I. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum* Cuba 169 en un suelo pluvisol. Redvet.: 9 (5):1-10
- Reyes M.F. 1998. Uso y valor nutritivo de árboles y arbustos con potencial forrajero en la región de la Sierra, Tabasco, México. En: XI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco, México: 73-80.
- SAS. 2012. Statistical Analysis System. S. A. S. User's Guide:statistics. Version 8° ed. SAS Institute Inc.
- Valenciaga, D. 2007. Caracterización química y estructural de las paredes celulares de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA CT-115 y su degradabilidad ruminal en búfalos de río (*Bubalis bubalis*). Tesis Dr. La Habana, Cuba p. 110.
- Valenciaga, D., Chongo, B., Herrera, R.S., Verena, T., Oramas, A., Cairo, J.G. y Herrera, M. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 43, núm. 1, pp 73-79, La Habana, Cuba.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.P. & Lewis, B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74:3583 – 3597.

CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS CRUZADOS KATAHDIN CON PELIBUEY ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE FORRAJE Y CONCENTRADO

FATTY ACID COMPOSITION AND MEAT QUALITY OF CROSSED KATAHDIN WITH PELIBUEY LAMBS FED WITH DIETS BASED ON FORAGE AND CONCENTRATE

¹Cantón Castillo J, ¹Alcaraz Romero A, ¹Moguel Ordoñez Y, ²Piña CB, ³Betancourt Ancona D, ⁴Sainz RD

¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Mérida Yucatán, México. ²Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. Veracruz, Veracruz, México. ³Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Mérida Yucatán, México. ⁴University of California, Davis (UCD). Department of Animal Science. Davis, California, EE. UU.
Autor para correspondencia: gcanton.javier@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto del forraje de alfalfa (FA) y alimento concentrado (AC) en la dieta y el sexo sobre las propiedades físicas-químicas y contenido de ácidos grasos de la carne de corderos cruzados (F1) Katahdín × Pelibuey. Treinta y cuatro corderos machos enteros y veintiuna hembras fueron distribuidos mediante un diseño al azar con un arreglo factorial 2 × 2: Dos dietas (FA y AC) y dos Sexos (Machos y Hembras). Los corderos se alimentaron en forma *ad libitum* y se sacrificaron cuando alcanzaron un peso vivo (PV) promedio de 39.0 kg. Los corderos machos registraron un mayor PV al sacrificio (40.2a vs 37.8b kg), peso de la canal caliente (PCC) (20.0a vs 18.8b kg), temperatura (19.6 vs 15.9 °C) y más alto contenido de ácido linoleico (4.66a vs 3.10b %) en el músculo *Longissimus dorsi* (MLD) ($P < 0.05$; $P < 0.01$). No se detectó un efecto debido al tipo de dieta y el sexo sobre el pH, contenido de proteína y grasa en la carne ($P > 0.05$). Los rangos de pH en el MLD fueron de 5.1 a 6.0, en tanto los valores promedios de proteína y lípidos totales encontrados fueron de 19.2 y 5.1, respectivamente. Los corderos alimentados con dietas a base forraje de alfalfa tienen características físicas y químicas de la carne similares a los que recibieron el alimento concentrado, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades nutritivas, utilizando dietas con forrajes de buena calidad. Los corderos machos registran un mayor contenido de ácido linoleico en la carne, lo cual representa un mayor beneficio para los consumidores de este tipo de carne, debido al efecto positivo que tiene sobre la salud humana.

Palabras clave: Carne, corderos, composición química, concentrado, forraje.

INTRODUCCIÓN

México ha sido deficitario en carne de ovino, recurriendo a las importaciones para complementar el abasto, las cuales para el año 2000 ascendieron 44, 666 toneladas sin embargo, con el incremento de la producción nacional en los últimos años, la entrada de carne se ha estado reduciendo paulatinamente, de tal manera que para el año el 2011 se introdujeron solamente 10,613 toneladas (FAOSTAT, 2015).

Las demandas de los consumidores de cortes de cordero se centran más en los rasgos de calidad que en los detalles de cantidad. Sin embargo, no existe una definición exacta de las características de calidad que deben reunir las canales para su comercialización. Para poder cumplir con los estándares de calidad que exige el mercado, es necesario realizar evaluaciones de calidad de la carne, comparar entre razas y sistemas de alimentación para conocer cual fenotipo produce la mejor carne.

La alimentación es uno de los principales factores que afectan las características y calidad de la carne (Bilatu et al., 2012), por lo que es indispensable establecer estrategias de alimentación que permitan mejorar estos atributos. Lo anterior, es de gran relevancia, debido a que, al mejorar la calidad de la carne, se beneficia su consumo por el humano. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del forraje de alfalfa y alimento concentrado en la dieta y el sexo sobre las propiedades físicas-químicas y contenido de ácidos grasos de la carne de corderos cruzados (F1) Katahdín × Pelibuey.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 34 corderos machos enteros y 21 hembras Katahdín × Pelibuey, con un PV inicial promedio $\pm$ desviación estándar (DE) de 14.9 ± 2.9 y 13.4 ± 3.2 kg, respectivamente. Los animales se distribuyeron con base a su peso vivo y sexo, utilizando un diseño totalmente al azar, con un arreglo factorial 2×2 , (Montgomery, 2004): Dos dietas (FA y AC) y dos sexos (Machos y Hembras). Las dietas fueron balanceadas para tener contenidos similares de proteína y energía (Cuadro 1). Cada repetición consistió en un animal instalado en una corraleta, provista de área de sombra, bebedero y comedero. Los animales se alimentaron a libertad y recibieron una mezcla de minerales traza a libre consumo, asimismo, tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días y, se pesaron previo ayuno de 16 h cada 14 días hasta el final del período de mediciones, el cual tuvo una duración de 90 días. Al finalizar la prueba todos los corderos se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana establecida para el sacrificio y faenado de animales (NOM-033-Z00-1995). Se les cortó la cabeza a la altura de la articulación occisito-atloidea y, la piel, las patas, partes de la cavidad torácica (órganos y glándulas) y contenido de la cavidad abdominal y pélvica (contenido gastrointestinal) fueron removidos para dejar libre a la canal. Se registró el peso de la canal caliente (PCC) y se mantuvo en refrigeración a 4 °C durante 24 h, posteriormente, se realizó un corte acanalado entre la 12ª y 13ª costilla para determinar en el músculo *longissimus dorsi* (MLD), el pH y temperatura, empleando un pH-metro multifuncional HANNA (HI99163N), así como la pérdida de agua a las 24 y 48 h (Braña et al., 2011). Se removió de la columna vertebral (vértebras lumbares) el MLD y se tomaron muestras de aproximadamente 2.5 cm de grosor para mantenerlas en congelación a menos 20 °C hasta realizar sus análisis químicos. Previo a sus análisis, las muestras se descongelaron durante 24 h a una temperatura de 4 °C para determinar su contenido de proteína (AOAC, 200) y de ácidos grasos (AG), de acuerdo a las modificaciones y técnicas propuestas por Folch et al. (1957) y Murrieta et al. (2003). Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyeron el efecto de la dieta y sexo, a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2 se presentan los resultados del efecto del tipo de dieta sobre las características físico-químicas y contenido de ácidos grasos de la carne de los corderos. No se observaron diferencias significativas atribuible a la dieta para ninguna de las variables evaluadas ($P > 0.05$). Los animales de ambos tratamientos (AF y AC) registraron en promedio $\pm$ Error Estándar de la Media (EEM) valores de pH y temperatura en el MLD de 5.5 ± 0.33 y 8.0 ± 0.11 °C, respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los rangos normales para la carne fresca, lo que indica que existió suficiente reserva de energía (glucógeno) en músculo para el proceso de maduración de la carne (Aberle et al., 2001). En cuanto al contenido de proteína cruda y lípidos, los valores promedios para ambas dietas (FA y AC) encontrados fueron de 19.2 y 5.1 respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Díaz et al. (2002), quienes, no observaron diferencias significativas en la composición química de la carne de corderos alimentados a base concentrado y/o pastura. Otros autores (Bonanno et al., 2012) reportan también que el nivel de forraje de la dieta tiene efectos mínimos sobre características de la canal de corderos, lo cual concuerda con los hallado por Díaz et al. (2002) y lo observado este trabajo.

Se encontró un efecto significativo ($P < 0.01$; $P < 0.05$) debido al sexo sobre el PV al sacrificio, las características de la canal y contenido de ácidos grasos de la carne (Cuadro 3). Los machos registraron un mayor PV al sacrificio y PCC, asimismo, tuvieron una mayor temperatura y pérdida de agua a las 48 h, así como un 50% más de ácido linoleico (C18:2n-6) en el MLD, en comparación con las hembras. Al respecto, se ha reportado, que los componentes de canal están directamente relacionados con el grado de madurez y el peso al sacrificio, en donde los animales más pesados registran una mayor conformación de la canal (Salgueiro et al., 2009; Jacques et al., 2011.), tal y como se evidencio en este trabajo con los corderos machos. La mayor pérdida de agua (20%) registrada en la carne de los corderos machos indica que la carne de éstos animales empezó a perder sus propiedades físico-químicas a partir de las 48 posteriores a su almacenamiento. El mayor contenido de ácido linoleico encontrado en los corderos machos puede ser debido a que las hembras tuvieron una mayor cantidad de lípidos totales, lo cual afectó la relación en la proporción de los ácidos grasos polinsaturados respecto a los saturados de la carne, siendo esta menor en comparación con los corderos machos (0.06 vs 0.09) El efecto de la dieta se mostró independiente del tipo de sexo de los corderos en todas las variables evaluadas ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Composición de las dietas (% BS).

Ingredientes	Dieta	
	Forraje de Alfalfa	Alimento Concentrado
Heno de Alfalfa	23.000	---
Sorgo molido	46.620	48.240
Canola	10.115	11.000
Salvado de trigo	5.000	12.000
Cascarilla de soya	5.000	14.000
Melaza de caña	5.000	5.000
Pasta de soya	---	3.850
Carbonato de Calcio	1.925	2.800
Aditivos nutricionales	0.840	0.840
Sal común	0.800	0.800
Urea	0.800	0.800
Bicarbonato de sodio	0.400	0.400
Sulfato de amonio	0.150	0.150
Minerales traza	0.284	0.437
Vitaminas ADE	0.066	0.060
Composición química		
Materia Seca (%)	89.84	90.40
Proteína Cruda (%)	16.40	15.90
EM (Mcal/kg MS) ^a	2.700	2.700

^a Estimado con base al NRC (1985).

Cuadro 2. Efecto de la dieta sobre las características físico-químicas y contenido de ácidos grasos de la carne de corderos.

	Dieta		Valor P	EEM
	Forraje de Alfalfa	Alimento Concentrado		
Peso vivo al sacrificio (kg)	39.67	38.80	0.808	0.304
Peso canal caliente (kg)	19.73	19.42	0.871	0.206
Temperatura (°C)	7.53	8.56	0.421	0.120
pH	5.54	5.47	0.337	0.032
Pérdida de agua 24 h (%)	0.512	0.523	0.842	0.027
Pérdida de agua 48 h (%)	0.886	0.904	0.808	0.038
Proteína cruda (%)	19.23	19.20	0.974	1.683
Ácidos grasos (% lípidos)				
Saturados	50.09	54.36	0.387	2.479
Monoinsaturados	45.80	41.64	0.424	2.507
Polinsaturados	4.11	4.00	0.892	0.388
Oleico (C18:1c-9)	41.03	35.58	0.268	2.390
Linoleico (C18:2n-6)	3.81	3.95	0.837	0.353
Lípidos totales (%)	4.76	5.52	0.469	1.848

E.E.M. = error estándar de la media.

CONCLUSIÓN

Los corderos alimentados con dietas a base de forraje de alfalfa tienen características físicas y químicas de la carne similares a los que recibieron el alimento concentrado, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades nutritivas, utilizando dietas con forrajes de buena calidad. Los corderos machos registran un mayor contenido de ácido linoleico en la carne, lo cual representa un mayor beneficio para los consumidores de este tipo de carne, debido al efecto positivo que tiene sobre la salud humana.

Cuadro 3. Efecto del sexo sobre las características físico-químicas y contenido de ácidos grasos de la carne de corderos.

	Sexo		Valor P	EEM
	Machos	Hembras		
Peso vivo al sacrificio (kg)	40.25a	37.76b	0.002	0.304
Peso canal caliente (kg)	20.05a	18.88b	0.004	0.206
Temperatura (°C)	9.57a	5.98b	0.007	0.120
pH	5.55	5.45	0.133	0.032
Pérdida de agua 24 h (%)	0.535	0.491	0.449	0.027
Pérdida de agua 48 h (%)	0.964a	0.800b	0.038	0.038
Proteína cruda (%)	19.41	19.04	0.348	1.683
Ácidos grasos (% lípidos)				
Saturados	50.52	53.94	0.504	2.479
Monoinsaturados	44.72	42.73	0.701	2.507
Polinsaturados	4.76	3.33	0.072	0.388
Oleico (C18:1c-9)	38.33	38.28	0.991	2.390
Linoleico (C18:2n-6)	4.66a	3.10b	0.030	0.353
Lípidos totales (%)	4.72	5.57	0.498	1.848

Literales distintas en el mismo renglón indican diferencia estadística * (P<0.05), ** (P<0.01)
E.E.M. = error estándar de la media.

AGRADECIMIENTOS

Este material está basado en el trabajo realizado gracias al financiamiento del Instituto México-Estados Unidos de la Universidad de California (UC MEXUS) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT).

LITERATURA CITADA

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrad, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., and Merkel, R.A. 2001. Principles of Meat Science. 4th Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, USA. 354 p.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method. 999.11.
- Bilatu, A.G., Zelealem, T.G. and Anil, K.A. 2012. Effect of metabolic modifiers on meat quantity and Quality. *African Journal of Food Science*, 6 (11), 294-301.
- Bonanno, A., Tornambè, G., Di Grigoli, A., Genna, V., Bellina, V., Di Miceli, G., and Giambalvo, D. 2012. Effect of legume grains as a source of dietary protein on the quality of organic lamb meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (January). <http://doi.org/10.1002/jsfa.5616>
- Braña, V.D., Ramírez, R.E., De la Salud, R.M., Sánchez, E.A., Torrescano, U.G., Arenas, M.M., Partida, P.A., Ponce, A.E., y Ríos, R.F. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. SAGARPA. INIFAP.CONACYT. COFUPRO. México D.F. 89 p.
- Díaz, M.T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzirica, S., Ruiz, F., Pérez, C., González, J., and Manzanares, C. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 43, 257-268.
- FAOSAT. 2015. Producción ganadería primaria y Comercio Importaciones País por producto. FAO ORG. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=342&lang=es> Página consultada 18 de junio del 2015.
- Folch, J., Less, M., and Stanley S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 226 (1), 497-509.
- Jacques, J., Berthiaume, R., and Cinq-Mars, D., 2011: Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. *Small Ruminant Research*, 95, 113-119.
- Montgomery DC. 2004. Diseños y Análisis de Experimentos. 2ª ed. Edit. Limusa, México. 686 p.

- Murrieta, C.M., Hess, B.W., and Rule, D.C. 2003. Comparison of acidic and alkaline catalysts for preparation of fatty acid methyl esters from ovine muscle with emphasis on conjugated linoleic acid. *Meat Science*, 65, 523–529.
- NOM-033-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. SAGARPA. SENASICA.
- NRC. (1985). National Research Council: *Nutrient Requirements of Sheep*. Sixth Revised Edition. The National Academies Press. Washington, D.C. USA. 122 p.
- Salgueiro, Z., Díaz, M.D., y Carballo, S.J. 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia*, 58,11-22.
- SAS. 2003. Statistical Analysis Software, SAS/STAT user's Guide. Version 6. Fourth Edition. Vol. 1. Cary, NC. SAS Institute Inc. 943 p.

Sección Cuarta:
Biotecnología

CAMBIOS EN EL COLOR Y CONTENIDO DE ASTAXANTINA EN CEFALOTÓRAX DE CAMARÓN TRATADOS CON ANTIOXIDANTES DURANTE SU SECADO SOLAR

CHANGES OF COLOR AND ASTAXANTHIN CONTENT IN CEPHALOTHORAX OF SHRIMP TREATED WITH ANTIOXIDANTS DURING SUN DRYING

¹Hernández Becerra JA, ²Ochoa Flores AA, ¹Ventura Jiménez G, ¹García Jimenez R, ¹Ruiz Santiago FL, ¹Valadez Villarreal A, ¹Méndez Villegas R.

¹División de Procesos Industriales, UTTAB. Carretera Villahermosa-Teapa km 14.6 s/n, Fracc. Parrilla II, Parrilla, Centro, Tabasco, México.

²División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT, 25 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: jahernandez.tc@uttab.edu.mx.

RESUMEN

El camarón es uno de los productos acuícolas de mayor importancia económica en el mundo. Una de las presentaciones más comercializadas es su forma congelada sin cabeza. El cefalotórax derivado del procesamiento de este crustáceo generalmente es desechado o poco provechado en las plantas procesadoras. El secado solar de este tipo de subproductos representa una alternativa viable para un mejor manejo y posterior aprovechamiento. No obstante, alteraciones en componentes de alto interés presentes en este subproducto sufren daño durante este proceso. Este es el caso del carotenoide astaxantina el cual puede degradarse casi por completo durante su exposición directa al sol. El objetivo del presente trabajo consistió en monitorear los cambios en el contenido de astaxantina y color superficial de cefalotórax de camarón tratados con los antioxidantes BHT y TBHQ después de su cocción y durante su secado solar directo. Los resultados indicaron que la incorporación de los antioxidantes mencionados a cefalotórax de camarón, después de su cocción en salmuera, favorecen la retención de la astaxantina durante el secado solar directo, abriendo la posibilidad de un mejor manejo y almacenamiento de este subproducto para su posterior aprovechamiento.

PALABRAS CLAVE: Cefalotórax de camarón, astaxantina, secado solar, antioxidantes.

INTRODUCCIÓN

El camarón es un crustáceo que pertenece a la familia de los peneidos (*Penaeidae*). En nuestro país son diversas las especies que son aprovechadas provenientes de su captura en altamar, aguas interiores o bien derivadas de las actividades de acuicultura. Se estima que la producción nacional anual de este producto en el año 2010 fue de 167,015 toneladas. De lo anterior, la captura de este crustáceo en altamar aportó el 22.8%; la que se realizó en esteros y bahías el 14.5%, y la acuicultura 62.6 % (SAGARPA, 2010). La comercialización de este producto se realiza en diferentes presentaciones, destacando su forma congelada sin cabeza como una de las principales. Para la obtención de esta presentación, el producto recién capturado es trasladado a plantas procesadoras en donde es enfriado, lavado y descabezado. Una vez descabezado el producto es seleccionado y clasificado según las diferentes tallas y estándares de calidad. Posteriormente es sometido a un segundo lavado, empacado y finalmente congelado (Reyes-Moreno et al., 2009). Se estima que del volumen total de camarón procesado sólo el 65% es aprovechado para su comercialización, el resto corresponde al exoesqueleto y el cefalotórax los cuales generalmente son desechados (López-Cervantes et al., 2006).

La composición química proximal promedio de cefalotórax de camarón crudo indica como principal componente al agua (73.2 %p/p) seguido por su contenido de proteínas (10.4 %p/p) y finalmente su contenido en carbohidratos y lípidos con un 4.7 y 1.0 % p/p, respectivamente (Armenta-López, 1998). No obstante lo anterior, hay algunos compuestos bioactivos presentes en este tipo de subproductos cuya concentración en ellos los hacen muy atractivos para su aprovechamiento. Este es el caso del carotenoide astaxantina. Ha sido reportado que el contenido total de carotenoides en desechos de camarón procesado de la India varía de entre 35 y 153 mg/g de producto, dependiendo del tipo de hábitat en donde se desarrolla el crustáceo, así como de las condiciones de procesamiento (Sachindra et al., 2005).

Considerando lo anterior diversas propuestas de aprovechamiento han sido planteadas en las últimas décadas. Entre éstas destacan procesos de extracción de la astaxantina a partir de los residuos

fermentados y no fermentados en combinación con solventes orgánicos (Armenta et al., 2002; Sachindra et al., 2007), así mismo se han planteado procesos enzimáticos (Armenta y Guerrero-Legarreta, 2009) y extracción con aceites de origen vegetal y marino (Chen y Meyers, 1984; Handayani et al., 2008). No obstante, la considerable cantidad de propuestas existentes para el aprovechamiento de este desecho, en muchas plantas procesadoras sigue sin aprovecharse este recurso biológico. La razón de lo anterior podría estar relacionado con la necesidad de implementar operaciones un poco más complejas a las que las plantas procesadoras llevan a cabo comúnmente. Aunado a lo anterior, es importante considerar el elevado contenido de humedad y de proteína en este tipo de productos, por lo que el manejo de los mismos debe realizarse bajo condiciones de refrigeración y de forma rápida, para así evitar su deterioro microbiológico y futuro aprovechamiento. Esto último sin duda complica aún más la perspectiva de aprovechamiento. En este sentido diversas propuestas de secado han sido planteadas (Honorato et al., 2005) buscando obtener un producto deshidratado con características de calidad que le permitan posteriormente ser aprovechado ya sea para el consumo humano (Andrade et al., 2007) o bien para la alimentación de diversas especies animales (Carranco et al., 2003). Si bien, la deshidratación de este tipo de subproductos podría representar una opción para su conservación y posterior aprovechamiento, este proceso implica que las plantas procesadoras realicen una inversión en equipamiento, así como un gasto por concepto de consumo energético. En este sentido, el secado solar de este tipo de subproductos por medio de su exposición directa al sol podría representar una opción viable económicamente debido al bajo costo de inversión. No obstante, ha sido reportado que la exposición directa al sol con el fin de producir camarones en la forma seco salado provoca una disminución de casi el 75% de su contenido de astaxantina (Hernández-Becerra et al., 2014). No se han realizado estudios que indiquen cuáles son las rutas que sigue la astaxantina durante su degradación por exposición directa al sol. Sin embargo, estudios realizados en sistemas modelo han permitido plantear las principales rutas que siguen en general los carotenoides durante su degradación (Rodríguez-Amaya, 2001). En este sentido se ha establecido que la oxidación de los carotenoides es una de las principales vías de degradación produciendo epoxicarotenoides, apocarotenoides e hidroxicarotenoides, los cuales continúan su proceso de degradación produciendo compuestos de bajo peso molecular que generalmente son volátiles (Rodríguez-Amaya, 2001). Considerando todo lo anterior el objetivo del presente trabajo consistió en monitorear los cambios en el contenido de astaxantina y color superficial de cefalotorax de camarón tratados con los antioxidantes BHT y TBHQ después de su cocción y durante su secado solar directo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico. Cefalotórax de camarón (*Penaeus vannamei*) fueron donados por un Restaurante de la ciudad de Paraíso, Tabasco, propiedad de la Sra. Ventura Jiménez. Aproximadamente 3.5 kg de cabezas de camarón congeladas, con un peso promedio de 16.54 ± 3.72 g, fueron trasladados al laboratorio de Análisis Especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco. El transporte fue realizado en hieleras aisladas térmicamente manteniendo una temperatura de aproximada de -10 °C. A su arribo al laboratorio las cabezas de camarón fueron almacenadas a -20 °C hasta su utilización.

Preparación de las muestras. En el presente estudio se consideró la incorporación de los antioxidantes Butilhidroxitolueno (BHT) y Terbutil hidroquinona (TBHQ) en concentraciones de 4.0 y 1.0 g/kg de producto respectivamente. Para ello, las cabezas de camarón fueron descongeladas un día antes de realizar los tratamientos manteniéndolas bajo refrigeración (10 °C) durante 12 horas. Posteriormente fueron mantenidas a temperatura ambiente por 30 min. Dos lotes, de 66 cabezas de camarón cada uno, fueron conformados para evaluar el empleo de los antioxidantes BHT y TBHQ. El tercer lote (66 piezas) fue considerado como el lote testigo al cual no se le adicionó antioxidante alguno. Cada uno de los lotes antes mencionados fueron sometidos a cocción en salmuera al 12.5 % (p/p) por 15 min. La relación cabezas de camarón:salmuera empleada fue 1:4 (p:v). Una vez transcurrida la cocción, el recipiente que contenía las cabezas y la salmuera fue colocada en un baño con hielo hasta bajar la temperatura de la salmuera a 70 °C. Posteriormente se le adicionó el antioxidante a evaluar el cual se encontraba disuelto en 80 mL de etanol absoluto. En el caso del lote correspondiente al tratamiento testigo sólo se le adicionó 80 mL de etanol. La mezcla de cabezas de camarón, salmuera y antioxidante fue agitada manualmente durante un tiempo de 10 min. Al cabo de

este tiempo el producto fue escurrido y mantenido por 10 minutos sobre papel absorbente para remover el exceso de salmuera y permitir alcanzaran la temperatura ambiental.

Secado solar directo. El producto cocido y tratado fue extendido sobre una malla de plástico y expuesto directamente al sol en periodos de 8 horas diarias durante 4 días. Durante la exposición directa al sol cada cabeza de camarón fue voleada cada 2 horas para asegurar una exposición a la radiación solar similar en ambos lados. Así mismo, se monitoreo la temperatura y humedad relativa ambiental, la temperatura en la superficie del producto, su pérdida de peso y cambio en su color superficial.

Toma y preparación de las muestras. Tres muestras de cada tratamiento fueron tomadas de forma aleatoria durante el proceso como se indica a continuación: 1). Antes de la cocción en salmuera (producto crudo); 2). Después de la cocción (producto cocido) y 3). Después de 8 horas de exposición directa al sol. Cada muestra fue reducida en tamaño y homogenizada empleando una licuadora doméstica. De cada muestra, una parte fue empleada para el análisis de humedad y la otra para determinar el contenido de astaxantina.

Medición de la temperatura superficial. A seis cabezas de camarón de cada tratamiento se les midió su temperatura superficial cada 4 horas durante las 32 horas consideradas para en su exposición directa al sol. Para ello fue empleando un termómetro infrarrojo (HI99550 Hanna Instruments).

Determinación de la pérdida de peso. La pérdida de peso fue estimada mediante el pesaje de seis cabezas de camarón de cada uno de los tratamientos. El pesaje se realizó cada 4 horas de exposición al sol y para ello fue utilizada una balanza analítica Ohaus AS200-S (0.0001 g) (Florham Park, NJ, USA). El porcentaje de pérdida de peso fue calculada empleando la siguiente fórmula (1):

$$\% pp = \left(\frac{Pi - Pf}{Pi} \right) 100 \quad (1)$$

Donde:

% pp = Porcentaje de pérdida de peso

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

Cambios en el color superficial. Los

cambios de color en las cabezas de camarón expuestas a secado solar directo fue evaluado mediante el método de captación digital de imágenes, de acuerdo con Vignoni y Césari (2006). Para ello, seis cabezas de camarón de cada tratamiento fueron fotografiados con una cámara digital Fujifilm Power Shot A220 de 12.2 megapíxeles. Las tomas fotográficas se realizaron cada 4 horas de secado solar, durante todo el periodo considerado (32 horas). Las fotografías fueron tomadas bajo incidencia de luz blanca con una intensidad suficiente que permitiera apreciar los detalles en el producto. El ángulo formado entre la fuente de luz incidente, el fruto y la lente de la cámara fue de aproximadamente 40° en todas las tomas fotográficas. Las fotografías una vez digitalizadas fueron analizadas por el software Medidor de Color Digital Versión 3.6.1. Apple Inc. 2007, de donde se obtuvieron la representación numérica de las variables L*, a* y b* del Sistema CieLab.

Análisis de humedad. El contenido de humedad fue determinado de acuerdo al método 950.46 del AOAC (AOAC, 2000).

Análisis de astaxantina. El contenido de astaxantina fue determinado por el método de Tolasa et al. (2005) con algunas modificaciones. Aproximadamente 10 g de muestra fueron extraídos tres veces con 40 mL de acetona conteniendo BHT (0.05%, p/v). Las extracciones fueron realizadas usando un homogenizador Ultra-Turrax IKA® T25 (Ika-Werke, Staufen, Alemania) por 2 min. Durante las extracciones las muestras fueron mantenidas en baño de hielo para evitar su calentamiento. Después de la extracción las muestras fueron filtradas a vacío empleando papel filtro Watman No. 1 con una capa de sulfato de sodio anhidro sobre el papel filtro. Lo anterior con la finalidad de retener la materia sólida insoluble en acetona. Los residuos sólidos retenidos fueron lavados con dos porciones de 10 mL de acetona y recolectado el solvente filtrado. Todos los extractos filtrados fueron transferidos a un embudo de separación de 250 mL que contenían 40 mL de n-hexano y posteriormente se adicionaron 100 mL de una solución de NaCl al 0.5 % (p/v). La mezcla fue agitada fuertemente y posteriormente se mantuvo en reposo por 15 min. La fase superior fue transferida a un matraz volumétrico de 50 mL, llevando a su aforo con hexano y finalmente fue registrada su absorbancia a 472 nm usando un espectrofotómetro VIS marca Orbeco-Hellige SP 600 (Sarasota, FL, USA). Se preparó una curva estándar de acuerdo a Tolasa et al. (2005). Para ello se diluirán 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0 mL de una

solución concentrada de astaxantina (0.2 mg/mL) a 10 mL con n-hexano y la absorbancia a 472 nm de cada solución fue registrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El secado solar por exposición directa al sol de diferentes productos o subproductos agroalimentarios y pesqueros es una práctica muy antigua que aún hoy en día sigue siendo utilizada en diferentes regiones del mundo. Lo anterior es debido a los bajos costos que implica el deshidratar productos con alto contenido de agua en lugares en donde la irradiación diaria promedio es alta en la mayor parte del año. Este es el caso del estado de Tabasco, en donde la irradiación global diaria promedio en los meses de abril y mayo ha sido estimada en alrededor de 19 MJ/m² (Solartronic, 2003). Esta energía incidente ocasiona que la temperatura de los cuerpos expuestos a ella aumente su temperatura, lo que sumado a una baja en la humedad relativa ambiental favorece la rápida evaporación del agua contenida en ellos. En el caso de las muestras de cefalotórax de camarón estas fueron monitoreadas en su temperatura superficial durante su exposición directa al sol observando que la temperatura promedio alcanzada fue de 50.6 ± 7.6 °C (Figura 1). La consecuente disminución en el contenido de humedad en la muestras fue evidente a lo largo del experimento, alcanzando niveles por debajo del 10% de humedad después de 3 días (24 horas) de exposición directa al sol (Cuadro 1). En este punto se puede observar que los tratamientos con BHT y TBHQ dados al producto previo al su exposición directa al sol no ocasiona diferencias relevantes en su tendencia de secado en comparación con el tratamiento testigo (Cuadro 1). Durante el secado solar directo de las muestras de cefalotórax de camarón cocido estas experimentan proceso de decoloración durante las 32 horas de exposición directa al sol. Lo anterior es observable de manera más evidente en el caso de la muestra testigo (Figura 2). En este tratamiento puede observarse como al paso del tiempo la coloración naranja de las muestras se torna casi blanca al cabo de las 32 horas de secado. Este proceso de degradación del color naranja no se aprecia que sea de la misma intensidad en el caso de las muestras tratadas con los antioxidantes BHT y TBHQ (Figura 2). En el caso de las muestras tratadas con los antioxidantes antes mencionados puede apreciarse un efecto protector ante la fotodegradación del color en las cabezas de camarón en comparación con las muestras del tratamiento testigo. Todo lo anterior se ve claramente reflejado en los parámetros del color L* y a* del sistema CieLab (Figura 3). De los anteriores, el parámetro a* muestra valores positivos mayores para el caso de las muestras tratadas con el antioxidante TBHQ y BHT en comparación con las muestras testigo.

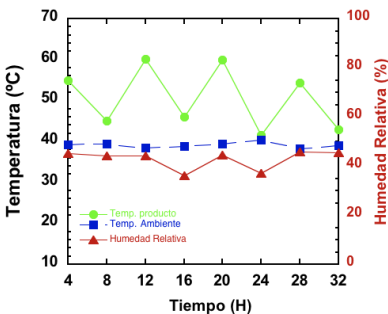


Figura 1. Registros de temperatura superficial en las cabezas de camarón, así como de la temperatura y humedad relativa ambiental.

Cuadro 1. Contenido de humedad en muestras de cefalotórax de camarón tratadas con BHT y TBHQ, durante su secado solar directo.

Tiempo (H)	Tratamientos		
	Testigo	BHT	TBHQ
0	64.7±0.5b	64.1±0.8ab	62.4±0.0a
8	38.3±2.8a	38.5±1.8a	38.4±2.5a
16	12.2±1.7a	13.0±0.1a	11.2±0.4a
24	7.6±0.3a	8.5±0.2a	9.1±1.3a
32	5.0±1.2a	4.0±0.2a	4.2±0.6a

Valores dentro de la misma fila con diferente letra minúscula indican diferencia significativa (Prueba de tukey, p<0.05).

Esto indica una mayor coloración roja en las muestras tratadas con TBHQ y BHT que las muestra testigo, esto puede apreciarse en las imágenes mostradas en la Figura 2. Así mismo, puede observarse una disminución en los valores de a^* (Figura 3) y de la apreciación del color rojo en las muestras (Figura 2) a lo largo de su secado solar directo. No obstante, la disminución en los valores



Figura 2. Cabezas de camarón durante su secado por exposición directa al sol.

de a^* en todas los tratamientos es importante hacer notar que en el caso de las muestras tratadas con TBHQ y BHT los valores de a^* siempre estuvieron por arriba de los de las muestras testigo. Por el contrario, el valor de L^* (luminosidad) para cada una de las muestras de los diferentes tratamientos fue incrementándose a lo largo del secado solar, lo que indica un aumento de la luminosidad como consecuencia de la decoloración de las muestras. Nuevamente, este efecto fue más marcado en el caso de las muestras testigo en comparación con las muestras tratadas con TBHQ y BHT.

El color rojo en las camarones es debido principalmente a la presencia del carotenoide astaxantina, siendo su degradación durante su secado altamente correlacionada con la disminución de los valores de a^* (Niamnuy et al., 2008). Lo anterior coincide y explica la marcada disminución en el contenido de astaxantina en las muestras de cefalotórax de camarón durante el secado solar de éstos (Figura 4).

Consistentemente, las concentraciones más bajas de astaxantina son observadas en las muestras testigo, siendo siempre mayores las concentraciones de este carotenoide en las muestras tratadas con los antioxidantes TBHQ y BHT. Lo anterior prueba un efecto protector de estos antioxidantes frente a la termo-fotodegradación de la astaxantina presente en las cabezas de camarón.

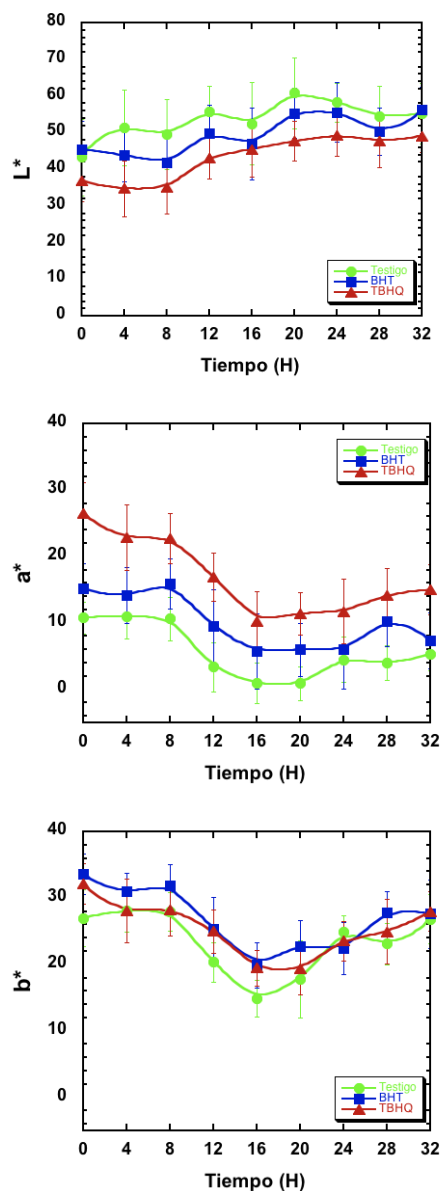


Figura 3. Valores de L^* , a^* y b^* en muestras de cabezas de camarón tratadas con BHT y TBHQ durante su secado solar directo.

El efecto protector de estos antioxidantes sobre la astaxantina presente en este subproducto es de gran relevancia si se considera su futuro aprovechamiento al extraerla mediante diferentes métodos.

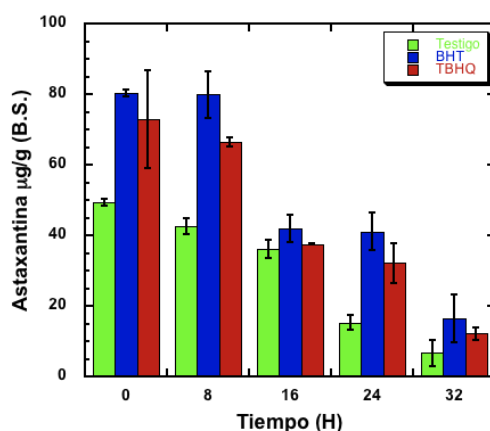


Figura 4. Contenido de astaxantina en muestras de cefalotórax de camarón tratadas con BHT y TBHQ durante su secado solar directo.

Consistentemente, las concentraciones más bajas de astaxantina son observadas en las muestras testigo, siendo siempre mayores las concentraciones de este carotenoide en las muestras tratadas con los antioxidantes TBHQ y BHT. Lo anterior prueba un efecto protector de estos antioxidantes frente a la termo-fotodegradación de la astaxantina presente en las cabezas de camarón.

El efecto protector de estos antioxidantes sobre la astaxantina presente en este subproducto es de gran relevancia si se considera su futuro aprovechamiento al extraerla mediante diferentes métodos.

CONCLUSIONES

La incorporación de los antioxidantes TBHQ y BHT a cefalotórax de camarón, después de su cocción en salmuera, favorece la retención de la astaxantina durante el secado solar directo. Esto abre la posibilidad de un mejor manejo y almacenamiento de este subproducto para su posterior aprovechamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen ampliamente al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por apoyo financiero brindado a través del proyecto UTTAB-EXB-014.

LITERATURA CITADA

- Andrade-Pizarro, R. D., Chávez-Baldovino, M. M., and Naar-Osorio, V. (2007). Evaluación de las etapas de cocción y secado en la obtención de harina de cabezas de camarón de cultivo (*penaeus* sp). *Dyna*, (153):181–186.
- AOAC-International (2000). Aoac official method 950.46 moisture in meat. In Horwitz, W., editor, *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. AOCS Press, 17 edition.
- Armenta, R. E. and Guerrero-Legarreta, I. (2009). Amino acid profile and enhancement of the enzymatic hydrolysis of fermented shrimp carotenoproteins. *Food Chemistry*, 112:310–315.
- Armenta, R. E., Guerrero-Legarreta, I., and Huerta, S. (2002). Extracción de caroproteínas a partir de residuos de camarón fermentados. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 1(1-2):49–55.
- Armenta-López, R. E. (1998). Estudios sobre carotenoproteínas extraídas de residuos de camarón fermentados y no-fermentados. Master's thesis, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Carranco, M. E., Calvo, C., Arellano, L., Pérez-Gil, F., Ávila, E., and Fuente, B. (2003). Inclusión de la harina de cabezas de camarón *penaeus* sp. en raciones para gallinas ponedoras. efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. *Interciencia*, 28(6):328–333.
- Chen, H. M. and Meyers, S. P. (1984). A rapid quantitative method for determination of astaxanthin pigment concentration in oil extracts. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61:1045–1047.
- Handayani, A., Sutrisno, Indraswati, N., and Ismadji, S. (2008). Extraction of astaxanthin from giant tiger (*panaeus*

- monodon) shrimp waste using palm oil: studies of extraction kinetics and thermodynamic. *Biores. Technol.*, 99:4414–4419.
- Hernández-Becerra, J., Ochoa-Flores, A., Valerio-Alfaro, G., Soto-Rodríguez, I., Rodríguez-Estrada, M., and García, H. (2014). Cholesterol oxidation and astaxanthin degradation in shrimp during sun drying and storage. *Food Chemistry*, 145:832–839.
- Honorato, G. C., Oliveira, E. L., Alsina, O. L. d. S., and Magalhães, M. M. A. (2005). Estudio del proceso cinético del secado de cefalotórax de camarón. *Información Tecnológica*, 16(4):3–10.
- López-Cervantes, J., Adan-Bante, N., and Sánchez-Machado, D. (2010). Separation and biochemical characterization of the products from fermented shrimp wastes. In Le-Bihan, E., editor, *Sea by-products as a real material: new ways of application*, pages 117–132. Transworld Research Network, Kerala, India.
- Niamnuy, C., Devahastin, S., Soponronnarit, S., and Raghavan, G. (2008). Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage. *Journal of Food Engineering*, 87:591–600.
- Reyes-Moreno, J. L., Téllez-Castañeda, M., and González-Sánchez, J. A. (2009). Situación actual y perspectivas del camarón en México. Boletín Informativo 3, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA).
- Rodríguez-Amaya, D. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. ILSI Press.
- Sachindra, N., Bhaskar, N., and Mahendrakar, N. (2005). Carotenoids in different body components of indian shrimps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85:167–172.
- Sachindra, N., Bhaskar, N., Siddegowda, G., Sathisha, A., and Suresh, P. (2007). Recovery of carotenoids from ensilaged shrimp waste. *Biores. Technol.*, 98:1642–1646.
- SAGARPA (2010). Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2010. Technical report, Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
- Solartronic, editor (2003). *Irradiaciones global, directa y difusa, en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, para la República Mexicana*. Solartronic S.A de C.V., Solartronic.
- Tolasa, S., Cakli, S., and Ostermeyer, U. (2005). Determination of astaxanthin and canthaxanthin in salmonid. *Eur Food Res Technol.*, 221:787–791.
- Vignoni, L. A., Cesari, R. M., Forte, M., and Mirabile, M. L. (2006). Determinación de índice de color en ajo picado. *Información Tecnológica*, 17(6):63–67.

DETERMINACIÓN DE CONDICIONES ÓPTIMAS PARA AUTOHIDRÓLISIS POR EXPLOSIÓN SÚBITA DE VAPOR DE RESIDUOS FORESTALES PARA OBTENCIÓN DE AZÚCARES PRECURSORES A XILITOL.

DETERMINATION OF OPTIMUM CONDITIONS FOR OBTAINING PRECURSORS SUGARS TO XILITOL FROM WASTE FOREST BY AUTOHYDROLYSIS WITH SUDDEN STEAM EXPLOSION.

¹Suárez Patlán EE, Esquivel Rosales ME², Sánchez Guerrero A³, Blancas Hernández C⁴ Carrillo Ávila N¹.

¹Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. CESMAR, Km 56.5 Carr. Fed. México- Puebla, San Martinito, C.P. 74100. Tlahuapan, Puebla, México.

²DMCyP-CUCEI de la Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, ³División de Ciencias Forestales del Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Puebla. ⁴FITECMA de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Cd. Hidalgo Michoacán.

Autor para correspondencia: suarez.edna@inifap.gob.mx

RESUMEN

La importancia de aprovechar los residuos lignocelulósicos es generar productos de alto valor a partir de materiales con alta disponibilidad y de bajo costo contribuyendo al cuidado del medio ambiente. El presente estudio se centra en el aprovechamiento de los residuos de *Pinus patula* y *Abies religiosa* de la industria del aserrío de la región de Chignahuapan, Puebla. El objetivo es la obtención de azúcares precursores mediante la metodología explosión súbita de vapor. La cual consistió en un experimento multifactorial, teniendo 4 factores de medición y un factor de respuesta; factor 1: la especie de estudio, *Pinus* y *Abies*, factor 2: aserrín sin pretratar y pretratado con H₂SO₄ al 1%, factor 3: una presión de vapor a 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 kg/cm², factor 4: tiempos de 5, 10 y 15 minutos y factor 5: contenido de azúcares reductores. La explosión súbita de vapor también conocida como hidrólisis física se realizó en un reactor de capacidad de 50 kg/cm² de vapor y la determinación de azúcares reductores se determinó mediante la técnica ácido dinitro salicílico (DNS). Los datos se analizaron mediante un diseño factorial con el programa Statgraphics, donde el ANOVA mostró que los factores de presión, tiempo y la interacción entre pretratamiento y presión fueron significativos con respecto a la variable respuesta, teniendo un nivel de confianza del 95%, ya que el valor de P fue ≤ 0.05 en estos factores. Los tratamientos a 30 y 35 kg/cm² en aserrín sin pretratamiento presentaron un rendimiento promedio de 13 g/L por 100 g base seca de aserrín. Se concluye que a presiones altas se obtiene el mayor contenido de azúcares reductores hasta llegar a un tope de 35 y 40 kg/cm², ya que, a presiones más altas del rango mencionado anteriormente, decrece el contenido de azúcares.

Palabras clave: auto hidrólisis, explosión súbita de vapor, residuos forestales y xilitol.

INTRODUCCIÓN

Los residuos derivados de la industria forestal son materiales lignocelulósicos de los cuales se pueden obtener diversos productos de alto valor agregado, lo que genera una alternativa para el desarrollo de la industria maderera. El estado de Puebla es notable dentro de la industria forestal del país, e internamente Chignahuapan es la región con mayor importancia forestal dentro del estado. Se procesan importantes volúmenes de madera en rollo de los que se obtienen residuos que pueden ser aprovechados. Estos residuos se componen generalmente de aserrín, capote y sobrantes de cabeceo. En esta región las especies de mayor aprovechamiento son las del género *Pinus*, seguidas por madera de especies provenientes de plantaciones del trópico como: melina, teca y hule. También se aprovechan en un menor volumen hojosas de clima templado y templado-frío como el aile, encino y liquidámbar. En el estado de Puebla la producción forestal maderable anual del género *Pinus* es de 156,470 m³ r, y del género *Abies* es de 40, 941,693 m³ r (SEMARNAT, 2013), A nivel región, se estima que en Chignahuapan se tiene que entre el 41 y 50 % del volumen de madera que entra en los centros de transformación se queda como masa residual. Los residuos forestales están compuestos principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. La hemicelulosa a su vez se divide en pentosas, y hexosas, que son polisacáridos formados por 5 y 6 átomos de carbono respectivamente y que por medio de la hidrólisis, se obtienen pentosanos y hexanos. La xilosa es un ejemplo de pentosanos, las

materias primas para la producción de xilitol suelen ser principalmente lignocelulósicos ricos en xilosa como; la madera del abedul o algunos residuos agroindustriales. (González *et al.*, 2011). Sin embargo, la propuesta de estudiar la obtención de xilitol a partir de residuos de la industria de Chignahuapan, Puebla, donde las especies utilizadas son del género *Pinus* y *Abies religiosa* se da por la alta disponibilidad del residuo que causa gran impacto como pérdida económica a esta industria. La auto hidrólisis o el método de explosión con vapor puede ser un método factible para optimizar el proceso de obtención de xilitol debido a que ofrece una hidrólisis física, lo cual sustituye los reactivos químicos en la primera etapa del proceso y esto hace un proceso más amigable con el medio ambiente y se prevé económicamente más rentable. El propósito de la investigación es definir el potencial de la obtención de azúcares por medio de auto-hidrólisis de los residuos forestales que día a día se generan en altos volúmenes en las industrias de la región de Chignahuapan Puebla, con la intención de darle valor agregado a este desperdicio y con ello contribuir al desarrollo de la industria.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos partes, la primera parte fue la autohidrólisis de la materia prima, que se realizó en las instalaciones del Campo Experimental San Martinito del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en la localidad de Tlahuapan, Puebla. Y la segunda parte, que fue la purificación del licor de hidrólisis y determinación de azúcares reductores, se realizó en el laboratorio de biomateriales del Departamento de Madera, Celulosa y Papel del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Zapopan, Jalisco.

Materia prima: Aserrín de *Pinus patula* y *Abies religiosa*. Materiales: Reactor de explosión súbita de vapor, centrifuga LABOGNE Mod.1580, espectrofotómetro HACH DR 500, balanza analítica, baño maría, parrillas eléctricas, desecador, horno de secado al vacío, horno de secado convencional, vasos de precipitado, tubos de ensaye, matraz aforado, micropipetas, pipetas volumétricas, agua de-ionizada bi-distilada, agua destilada, ácido sulfúrico al 1%, ácido dinitrosalicílico al 1%, tartrato de sodio y potasio al 40%, y estándar de glucosa en concentraciones de 0.050 a 1.21 g/L.

Métodos: Se realizó un pretratamiento a una parte del aserrín de cada una de las especies de estudio, el pretratamiento consistió en la preparación de una solución de ácido sulfúrico al 1% en volumen, con una relación 1:8 de aserrín: solución de ácido sulfúrico. Se preparó la solución de H_2SO_4 al 1% y se colocó junto con la muestra de aserrín en una garrafa de vidrio de 20 L de capacidad en un baño de agua a 80 °C durante 6 h, con agitación constante. Una vez concluido el tiempo de la pre hidrólisis, se sacó la muestra de la garrafa y se le dieron tres lavados con agua destilada, uno a 60°C y los otros dos con agua a temperatura ambiente, el aserrín lavado se escurrió en un tamiz de malla #325 y se pesó. Finalmente, se empaquetó en bolsas herméticas y se refrigeró hasta tener el lote completo de muestras a auto hidrolizar, con la finalidad de homogenizar el lote completo y tener las mismas condiciones de pretratamiento en toda la muestra de estudio. La muestra se refrigeró hasta la autohidrólisis con el propósito de evitar infestación de hongos debido al exceso de agua que contenía. Posteriormente, se realizaron las hidrólisis del aserrín con y sin pretratamiento ácido en el reactor de explosión súbita de vapor con presiones de 30, 35, 40 y 45 kg/cm², y tiempos de residencia de 10, 15 y 20 minutos, con el propósito de encontrar las condiciones más favorables de autohidrólisis del aserrín de *Pinus patula* y *Abies religiosa* en las cuales se obtiene una mayor cantidad de azúcares reductores. El proceso de autohidrólisis o explosión súbita de vapor en el reactor fue el siguiente: Se alimentó de agua la caldera, se prendió el quemador y se mantuvo durante 1.5 h promedio hasta alcanzar los 45 kg/cm² de presión, con el mismo vapor se calentaron las tuberías, el reactor y el tanque receptor para evitar exceso de condensados, se purgaron los condensados hasta asegurarse de que la presión requerida en la caldera era constante, se alimentó el reactor con la muestra de aserrín (previamente pesada y preparada en el caso requerido) en una malla criba de 10 cm de diámetro por 25 cm de altura. Una vez la muestra en el interior del reactor, se cerró el reactor herméticamente y se alimentó de vapor a presión constante durante un tiempo determinado. Después de concluir el tiempo programado del tratamiento, se cerró la válvula de alimentación de vapor y se abrió bruscamente la válvula de salida del reactor. Esta válvula es de apertura rápida, lo cual causa una descarga súbita de presión y esto hace que se genere una explosión interna en el reactor la cual afecta la estructura del aserrín provocando la hidrólisis física o también conocida como autohidrólisis.

Posterior a la explosión súbita de vapor de las muestras, se recuperó el hidrolizado en el tanque receptor. La muestra que consta de una fracción soluble y una fracción sólida se pasó por un tamiz malla # 325, con el propósito de separar las dos fracciones. Se filtró el licor de hidrólisis con la ayuda de un embudo Buchner y papel filtro, se midió el volumen de condensados o licor de hidrólisis en probetas de vidrio y se pesó la fracción sólida, para en lo posterior secar completamente, determinar el contenido de humedad y sacar un balance de materia. De la fracción líquida se pesaron alícuotas de 150 g de cada licor, las alícuotas se colocaron en capsulas especiales para centrifuga, ajustando pesos exactos. Se metieron de cuatro en cuatro muestras a la centrifuga LABOGENE Mod.1580, por 30 minutos a 4000 RPM, al término de la centrifugación las muestras se decantaron en un equipo de filtración pasando por una membrana de nylon de .45 μm con ayuda de una bomba de vacío. El filtrado se envasó en un frasco de vidrio de 150 mL, se etiquetó y se refrigeró, para su posterior 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. Se realizó una curva de calibración con un estándar de glucosa a diferentes concentraciones, el cual se midió en el espectrofotómetro previo al análisis de las muestras. Los análisis se realizaron por duplicado y para los casos donde se obtuvieron coeficientes de variación mayores a 5% se realizó una tercera medición. Las muestras de licor para su lectura se tuvieron que diluir con agua de-ionizada bi-distilada en un volumen de 1:10 mL, algunas muestras que no fueron detectadas por el equipo, se repitieron bajando la dilución en un volumen de 1:25 mL. Para la preparación de las muestras se midieron 1000 μL de cada uno de los licores con una micropipeta y se vertieron a un matraz aforado de 25 mL, el cual se aforó con agua destilada, esta dilución se pasó a un matraz Erlenmeyer de 50 mL para cada una de las muestras a analizar. De las muestras preparadas anteriormente, se tomaron 3 mL para colocarlos en un tubo de ensaye y agregarle 3 mL más de solución de ácido dinitrosalicílico al 1% previamente preparada. Se completaron lotes de 8 tubos de ensaye y se llevaron a baño maría a temperatura de ebullición durante 10 minutos, al término de este tiempo se sacaron del agua y se colocaron en una gradilla para agregarles 1 mL de solución de tartrato de sodio con la finalidad de detener la reacción y se metieron en 2 baños de agua fría hasta que alcanzaron temperatura ambiente. Finalmente se llevaron a leer en el espectrofotómetro, colocando cada una de las muestras en la celda de cuarzo del equipo. Previo a las mediciones de los licores se realizó un blanco con el cual se calibro el equipo a cero. El blanco se preparó de la misma forma que las muestras con la diferencia de que en lugar de los 3 mL de licor se pusieron 3 mL de agua destilada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Autohidrólisis de aserrín de *Abies* y *Pinus* por explosión súbita de vapor. A partir de la autohidrólisis por explosión súbita de vapor se lograron cambios físicos en el aserrín procesado, obteniéndose una parte sólida y una parte líquida. La parte sólida obtenida de las muestras procesadas fue de 34.5% promedio, esta sufrió cambios físicos perceptibles a la vista quedando como lodos finos con un tamaño de partícula mayor a 0.045 mm, las partículas menores a este tamaño se mezclaron en los condensados llamados licor de hidrólisis (LH) aportando un color turbio al licor. Este producto es el de importancia para el estudio ya que en éste se encuentran contenidos los azúcares reductores de interés para el estudio.

Respecto al contenido de LH en *Abies religiosa* y *Pinus patula* sin pretratamiento se observa que en *Abies religiosa* se obtuvieron en rangos de 640 mL a 3800 mL y en *Pinus patula* de 650 mL a 2580 mL. Existe mayor contenido de licor de hidrólisis a presiones más altas y con tiempos más prolongados, en este caso las presiones de 40, 45 y 50 kg/cm^2 y los tiempos de 10 y 15 minutos tuvieron los más altos contenidos de LH. Esto puede explicarse ya que la densidad de los gases es directamente proporcional a la presión, y a mayor presión mayor densidad y a mayor densidad mayor número de moléculas en un volumen dado. El contenido de licor de hidrólisis en *Abies religiosa* y *Pinus patula* con pretratamiento es mayor con relación al aserrín sin pretratamiento, aún en las más bajas condiciones de presión y tiempo, esto es debido al proceso de impregnación del aserrín con H_2SO_4 , ya que este se metió al proceso con un contenido de humedad a mucho más del doble del aserrín sin pretratamiento. En *Abies religiosa* se obtuvo en un rango de 2200 mL a 5095 mL y en *Pinus patula* de 2600 mL a 4390 mL de licor de hidrólisis.

Análisis de los azúcares reductores obtenidos de la autohidrólisis. Se evaluaron cuatro variables independientes; 1) especie, 2) pre tratamiento ácido, 3) presión y 4) tiempo, sobre la variable dependiente o de respuesta; azúcares reductores. El análisis de datos se llevó a cabo en el programa Statgraphics Centurión y se comprobó en SAS. Las tablas ANOVA obtenidas por cada uno de los programas, indican que las variables; presión (Kg/cm²), tiempo (min) y la interacción tratamiento y presión tienen efecto significativo ($P \leq 0.05$) sobre azúcares reductores, sin encontrarse diferencia estadística entre las hidrólisis de las dos materias primas (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1: Análisis de varianza de los factores experimentales sobre azúcares reductores en Statgraphics.

Fuente	Suma de Cuadrados	de G l	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie	36.3219	1	36.3219	1.77	0.1895
B:Tratamiento	0.123984	1	0.123984	0.01	0.9384
C:Presión_Kg_cm2	1097.83	7	156.833	7.64	0.0000
D:Tiempo_min	173.144	2	86.5722	4.21	0.0202
INTERACCIONES					
AB	47.5594	1	47.5594	2.32	0.1343
AC	141.668	7	20.2383	0.99	0.4523
AD	78.5775	2	39.2887	1.91	0.1581
BC	335.734	7	47.962	2.34	0.0380
BD	1.87836	2	0.939178	0.05	0.9553
CD	247.087	14	17.649	0.86	0.6048
RESIDUOS	1047.53	51	20.5398		
TOTAL (CORREGIDO)	3207.46	95			

Respecto a las tablas ANOVA presentadas, se tiene que:

H₀: No hay diferencia entre los niveles de los factores.

H_a: En al menos un nivel de los factores existe diferencia significativa.

Por lo tanto, la regla de decisión es que: Si $P > \alpha$ entonces **NO** se rechaza H₀ y Si $P \leq \alpha$ entonces Si se rechaza la H₀

De acuerdo a esto se tiene que el factor presión, el factor tiempo y la interacción entre tratamiento y presión son menores al valor de P (0.05), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que hay diferencias en los niveles de estos factores. Por otra parte, en el factor especie no se encontraron diferencias estadísticas, lo que indica que tanto *Pinus patula* como *Abies religiosa* se hidrolizan en las mismas condiciones y se obtiene de ellas el mismo contenido de azúcares reductores.

La figura 1 muestra la gráfica de medias y 95% de Fisher LSD del factor tiempo, en esta se observa que a 5 y 10 minutos de tiempo hay un mayor contenido en azúcares reductores y a 15 minutos de tiempo disminuye el contenido de los mismos.

En la figura 2 se presenta la gráfica de medias y 95% de Fisher LSD en donde se observan las medias de las presiones con mayor contenido de azúcares reductores. En promedio se obtuvo un contenido de azúcares reductores de **13.4 g/L** con la presión de 35 kg/cm², **12.7 g/L** con la presión de 30 kg/cm², **10.2 g/L** con la presión de 40 kg/cm² y **9.35 g/L** con la presión de 25 kg/cm².

Dichos resultados tienen relación con algunos encontrados en la literatura ya que han coincidido en que a medida que las condiciones de presión son más severas se genera un rendimiento mayor de carbohidratos (Núñez, 2011). Sin embargo en este estudio se observa que en 35 kg/cm² está el tope de mayor contenido de carbohidratos, ya que de esta presión a la de 50 kg/cm² desciende el rendimiento de azúcares reductores y aun cuando en 40 kg/cm² disminuye mínimamente el porcentaje de azúcares sin ser estadísticamente significativa la diferencia, no se recomendaría esta presión para la autohidrólisis de aserrín de *Pinus patula* y *Abies religiosa* puesto que el gasto energético adicional de una presión a otra no es necesaria por poco que fuera.

Cuadro 2: Análisis de varianza de los factores experimentales sobre azúcares reductores en SAS.

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Especie	1	36.32	36.32	36.32	1.66	0.204
Tratamiento	1	0.12	0.12	0.12	0.01	0.940
Especie*Tratamiento	1	47.56	47.56	47.56	2.18	0.147
Presión (Kg/cm ²)	7	1097.79	1097.79	156.83	7.18	0.000
Especie*Presión (Kg/cm ²)	7	141.67	141.67	20.24	0.93	0.496
Tratamiento*Presión (Kg/cm ²)	7	335.73	335.73	47.96	2.2	0.053
Tiempo (min)	2	173.15	173.15	86.58	3.96	0.026
Especie*Tiempo (min)	2	78.58	78.58	39.29	1.8	0.177
Tratamiento*Tiempo (min)	2	1.88	1.88	0.94	0.04	0.958
Presión (Kg/cm ²)*Tiempo (min)	14	247.08	247.08	17.65	0.81	0.656
Especie*Tratamiento*Presión (Kg/cm ²)	7	86.43	86.43	12.35	0.57	0.780
Error	44	961.09	961.09	21.84		
Total	95	3207.41				

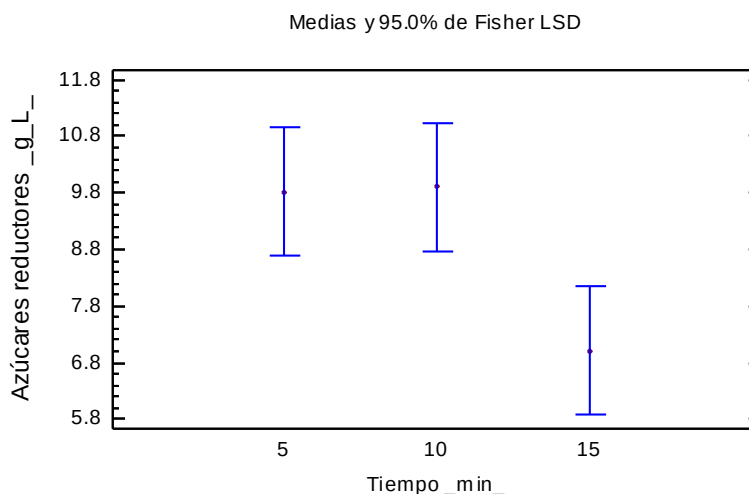


Figura 1: Gráfica de medias y 95% de Fisher LSD de azúcares reductores respecto al factor tiempo.

De acuerdo con datos encontrados en la literatura algunas especies maderables han sido caracterizadas en el aspecto de contenido de azúcares reductores, estas especies son principalmente pino, eucalipto y encino y normalmente se realizan estudios a partir de residuos agrícolas como bagazo de caña de azúcar, cascarilla de arroz y olote de maíz.

Los datos obtenidos en este estudio son semejantes a los registrados por López y colaboradores (2009), que utilizaron aserrín del genero *Pinus sp* sin tratamiento ácido, mediante explosión con vapor a 90 minutos de tiempo y 121°C y obtuvo como mayor resultado 9.62% de azúcares reductores. Y mayores a los realizados por Gómez (2013), que utilizó explosión con vapor a condiciones de presión de 10.9 kg/cm² y 2 minutos de tiempo y obtuvo 4.76 g/L para *Eucalyptus camaldulensis* y 5.42 g/L para *Pinus patula*. También son similares a los reportados en un estudio de Piñeros y colaboradores (2011), realizado a partir de cascarilla de arroz pretratada con H₂SO₄ al 0.5% donde se obtiene 14.98 g/100 g de cascarilla.

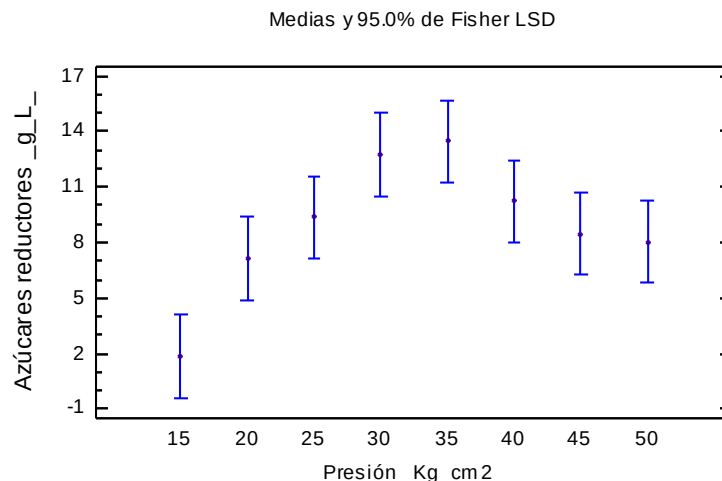


Figura 2: Gráfica de medias y 95% de Fisher LSD de azúcares reductores respecto al factor presión.

CONCLUSIONES

A partir de la metodología de explosión súbita de vapor se efectuó la auto-hidrólisis del aserrín de *Pinus patula* y *Abies religiosa* y se obtuvo un rendimiento promedio de 13 g/L de azúcares reductores en 100 g base seca de aserrín de los cuales se obtienen entre 1100 y 2300 mL de licor de hidrólisis de 25 a 40 kg/cm² de presión, sin haber diferencia estadística entre las dos especies.

En el experimento realizado según el estudio estadístico se muestra que los factores presión (kg/cm²), tiempo (minutos) y la interacción entre presión y pretratamiento ácido son estadísticamente significativos respecto a la obtención de azúcares reductores.

El pretratamiento ácido del aserrín para su autohidrólisis no es necesario puesto que se obtiene mayor contenido de azúcares reductores en aserrín sin pretratar, con lo cual se esperaría lograr un proceso menos contaminante y más económico.

El rango de presión de vapor en la autohidrólisis del aserrín de *Pinus patula* y *Abies religiosa* que da mayor contenido de azúcares va de 25 a 40 kg/cm².

El factor tiempo de residencia en 5 y 10 minutos de autohidrólisis del aserrín de las dos especies de estudio proporcionan el mayor contenido de azúcares reductores, sin diferencia estadística entre estos dos tiempos.

Las condiciones óptimas del proceso de autohidrólisis o hidrólisis física de aserrín de *Pinus patula* y *Abies religiosa* son: materia prima sin pretratamiento químico, con una presión de 30 kg/cm² y 5 minutos de residencia, obteniendo un rendimiento promedio de azúcares reductores de 13 g/L por cada 100 g de aserrín base seca.

LITERATURA CITADA

- Gómez, E.A., Ríos, L.A., Peña, J.D. (2013). Efecto del pretratamiento de biomasa maderera en el rendimiento a etanol. Información Tecnológica 24 (5).
- González, J.C., Álvarez, M., Ornelas, L.C., Zamudio, M.A. (2011). Producción y aplicaciones biotecnológicas del xilitol. Instituto Tecnológico de Morelia, Bio Tecnología, 15 (2).
- López, J. Soto, N. O., Rutiaga, O.M., Medrano, H., Arévalo, K. (2009) Optimización del proceso de obtención enzimática de azúcares fermentables a partir de aserrín de pino. Rev. Int. Contam. Ambient. 25(2): 95-102.
- Núñez, M.R. (2011). Efecto de la temperatura y la concentración de H₂SO₄ (ácido sulfúrico) en el pretratamiento de digestión de aserrín de pino (*Pinus ocarpa*) para la producción de etanol lignocelulósico (Tesis de licenciatura) Zamorano, Honduras.
- Piñero, Y., Velasco, G. A., Proaños, J., Cortes, W., Ballesteros, I. (2011) Producción de azúcares fermentables por hidrólisis enzimática de cascarilla de arroz pretratada mediante explosión con vapor. Rev. ion, 2011; 24(2): 23-28.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013), Anuario estadístico de la producción forestal 2013, Dirección General de gestión Forestal y de Suelos. México

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS PEPTIDOS BIOACTIVOS DE LA HARINA DE FRIJOL (*P. vulgaris*).

EVALUATION OF ANTIOXIDANT CAPACITY OF THE PEPTIDES BIOACTIVE OF THE FLOUR OF BEANS (*P. vulgaris*).

¹Cruz Castellanos M, ¹Jiménez Martínez C, ¹Dávila Ortiz G.

¹Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Prol. De Carpio y Plan de Ayala s/n. 11340, México D.F.

maritcc@gmail.com

RESUMEN

El frijol es un alimento funcional que ha contribuido con efectos benéficos a la salud. En base a un gran número de estudios experimentales, epidemiológicos y clínicos se ha mostrado una correlación estrecha entre el consumo de frijol y la disminución de la incidencia de varias enfermedades cardiovasculares, así como con la obesidad y diabetes. Dichos efectos benéficos han sido atribuidos a la presencia de compuestos presentes en la semilla de frijol, tales como compuestos fenólicos, fibra, vitaminas, carbohidratos, proteína, péptidos bioactivos.

Por tanto, el caracterizar químicamente a la harina y obtener concentrado proteínico de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) así como realizar la evaluación *in silico* del potencial de actividad biológica de las proteínas y predicción de la actividad de péptidos del frijol permite seguir contribuyendo a buscar estrategias y alternativas de solución para combatir enfermedades que aquejan a la sociedad, tales como la obesidad.

Palabras clave: *Frijol, antioxidante, Bioactividad, In silico*

INTRODUCCIÓN

El frijol ocupa un lugar importante en la economía agrícola de México, tanto por la superficie que se le destina, como por la derrama económica que genera. En conjunto con el maíz constituyen la dieta básica del pueblo mexicano y en consecuencia son los productos de mayor importancia socioeconómica (SISPRO, 2012). En México existen cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados (SIAP-SAGARPA, 2014).. La proteína presente en el frijol representa en promedio entre el 20-25% del peso total de la semilla, y está constituida por globulinas (65%), albúminas (15%), glutelinas (10%) y prolaminas (2%) en promedio; aunque estas proporciones pueden variar dependiendo de la variedad y ambiente de producción (Nasi et al., 2009).

MATERIAL Y METODOS

Caracterización física de los granos de frijol y obtención de la harina de frijol

Se usó frijol negro variedad Querétaro, se comenzó con la recepción de los granos de frijol. Estos fueron acondicionados para obtener harinas conforme a la norma NMX-FF-038-SCFI-2002. La harina se desengraso usando hexano en extracción en frío (4°C) durante 24 h.

Obtención del concentrado proteínico de frijol

La obtención del aislado proteínico se realizó por el método de extracción alcalina seguida de precipitación isoeléctrica de acuerdo a la metodología descrita por Pedroche et al., (2002).

Caracterización proximal de la harina y concentrado de frijol.

Para las harinas se determinó de acuerdo a los procedimientos oficiales descritos por la AOAC, (1997).

Evaluación de la capacidad antioxidante: La búsqueda de péptidos bioactivos se llevó a cabo para las secuencias de proteínas reportadas para la semilla de *Phaseolus vulgaris* L en la base de datos de Uniprot <http://www.uniprot.org/>, Las secuencias se analizaron para el perfil de proteínas con actividad biológica potencial usando la base de datos de BIOPEP (<http://www.uwm.edu.pl/biochemia>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química proximal de la harina y concentrado de frijol.

La caracterización químico proximal de la harina y concentrado proteínico de frijol fueron similares a otras variedades, el contenido de proteína en la harina de frijol es de 27.0 g/100g, en tanto que el contenido de proteína en el concentrado proteínico fue de 74.3%, lo que representa cerca de tres veces más su contenido inicial (Cuadro 1). En base a la información obtenida en BIOPEP, se observa que teóricamente se obtienen más péptidos con actividad antihipertensiva y en menor proporción péptidos antioxidantes. La determinación proximal de la harina y concentrado de frijol demuestra que son fuentes viables de proteína. En el análisis bioinformático (*in silico*), se encontró que las proteínas del frijol tienen 12 posibles bioactividades. Al realizar la simulación de la hidrólisis con el sistema pepsina-pancreatina, se identificaron péptidos con actividad antihipertensiva y antioxidante, mostrando con esto que el frijol var. Querétaro (*P. vulgaris*) podría presentar estas actividades.

Cuadro 1. Caracterización químico proximal a de la harina desengrasada y concentrado de proteína de frijol (g/100g harina)

Muestra	Proteína	Cenizas	Humedad	Extracto Etéreo	Carbohidratos
¹ Frijol negro var. queretaro	27.1	4.17	8.8	1.5	39.86
Frijol Negro Jampa (Torruco-Uco et al., 2009)	26.8	4.0	8.77	1.5	65.4
Negro Turtle (Wang et al., 2010)	23.9	4.54	9.65	1.65	38.7
¹ Concentrado proteínico	74.3	3.2	4.3	0.9	21.2
Frijol Negro Jampa (Torruco-Uco et al., 2009)	63.8	4.5	6.5	4.7	26.4
Frijol Negro lima (Torruco-Uco et al., 2009)	71.8	3.5	4.8	1.4	21.5

¹Los datos son el promedio de tres determinaciones

La variabilidad del contenido de proteína hallado en el frijol var. Queretaro, con respecto, a los encontrados por otros investigadores como los mencionados anteriormente, tal vez se deba a las condiciones de cultivo, madurez del grano, la composición original de las materia primas y al método empleado en la preparación de la extracción proteínica (Chel-Guerrero et al., 2002; Betancur-Ancona et al., 2009).

Perfiles de las proteínas con actividad biológica potencial del frijol (*P. vulgaris*). A partir de las secuencias de proteínas y péptidos encontradas en BIOPEP y del número de identificación (ID) de una proteína, se obtienen los perfiles de proteínas con actividad biológica potencial (perfiles of proteins potential biological activity), es decir, información acerca del número, tipo de actividad y secuencia de péptidos bioactivos en la secuencia de la proteína de interés, al compararla con las secuencias de péptidos bioactivos obtenidos de forma experimental. Además, BIOPEP también calcula para una secuencia dada, los parámetros cuantitativos **A** (frecuencia de fragmentos bioactivos en la cadena peptídica), **B** (la actividad biológica potencial de los fragmentos proteicos) y **Y** (frecuencia relativa de los fragmentos con un tipo de actividad). Entre mayor sea el valor de A o Y, implica que la proteína es una buena fuente de péptidos con ese tipo de actividad biológica. El valor de **B**, sólo puede estimarse si se conocen los valores de IC50 (concentración del péptido que corresponde al 50 % de la máxima actividad), por lo cual sólo se reportan para la actividad antihipertensiva y la opioide agonista.

En la Figura 1, se muestra el perfil de las proteínas con actividad biológica potencial del frijol, en base a la información obtenida en BIOPEP, dichos perfiles muestran que la semilla es viable cuantitativa y cualitativamente como fuente de péptidos bioactivos.

Perfiles de las proteínas con actividad biológica potencial del frijol (*P. vulgaris*). Secuencias bioactivas (eje Y), contra las bioactividades específicas (A-L eje X) y las proteínas (1-15 eje Z). 1, faseolina tipo α ; 2, faseolina tipo β ; 3, fitohemaglutinina de eritrocito; 4, fitohemaglutinina de leucitos; 6, inhibidor de α -amilasa 1; 7, inhibidor de α -amilasa 2; 8, inhibidor de proteinasa; 9, inhibidor de proteinasa PVI-3(2) tipo BBI; 11, arcelina 1; 12, arcelina 2; 13, arcelina 4; 14 arcelina 5A; 15, arcelina 5B.

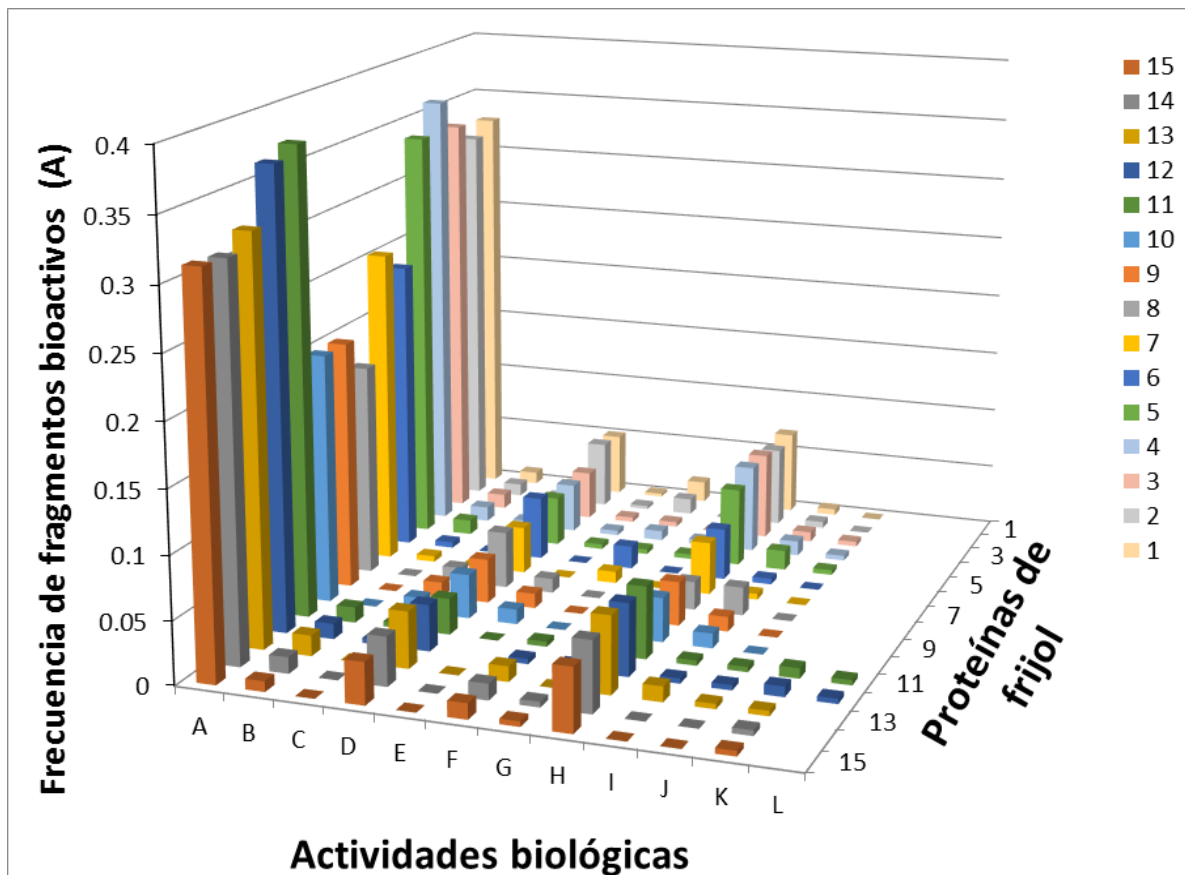


Figura 1. Perfiles de las proteínas con actividad biológica potencial del frijol (*P. vulgaris*)

Evaluación de la capacidad antioxidante de las proteínas del frijol. La evaluación de la capacidad antioxidante se llevó a cabo de forma in silico. En el programa bioinformático BIOPEP, se realizó una simulación de hidrólisis enzimática, a partir de la secuencia de la faseolina tipo alfa y tipo beta proteína mayoritaria en la semilla de frijol, hidrolizadas a partir de las enzimas pepsina-pancreatina. Los resultados se muestran en el Cuadro 2 donde se observan los fragmentos obtenidos tras la hidrólisis, los péptidos obtenidos y las secuencias que han presentado bioactividad y que se encuentran registrados en la base de datos de Biopep están marcados en rojo y verde.

Conclusiones

La semilla de frijol var. Querétaro presenta características químicas viables para obtener concentrado de proteína y a su vez generar péptidos con actividad antioxidante como se predice en el análisis bioinformático (in silico) utilizando la base de datos BIOPEP, ya que se encontró que las proteínas del frijol presentan 12 posibles bioactividades entre las que se destaca como más reportada la actividad antihipertensiva, pero ello no significa totalmente que no presente otras bioactividades, sino que falta aún por explorar y estudiar las diferentes bioactividades de las proteínas de la semilla del frijol y es necesario identificar más péptidos con actividad antioxidante en el frijol (*P. vulgaris*).

Cuadro 2. Péptidos obtenidos a través de BIOPEP

ID/Proteína	Secuencia	Hidrólisis <i>in silico</i>	Péptidos de 700 a 1000 Da	Péptidos de 430 – 700 Da		Péptidos <430			
1241 Faseolina tipo alfa (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	MMRARVPLLLLGILFLASLSASFATSLREEEESQDNPFYFNSDNSWNTLFLKNQYGHIRVLQRFDDQQSKRLQNLRLVEFRSKPETLLLPQQADAELLVVRSGSAILVLVVKPDRREYFFLTQGDNPISDNQKIPAGTIFYLVNPDPKEDLRIIQLAMPVNNPQIHEFFLSSTEAQQSYLQEFSSKHILEASFNFSKFEIINRVLFEEEGQQEEGQQEGVIVNIDSEIQIEL - L - PQQADAEL - L - L - VVR - SKHAKSSSRKSHSKQDNTIGNEFGNLTERTDNSLNVLSSSIEMKEGALFVPHYYSKAIVILVVNEGEAHVELVGPKGKNGKETLEFESYRAELSKDDVVFIPAAYPVAIKATSNVNFTGINANNNNRNLLAGKTDNVISSIGRALDGKDVGLTSGSGEEVMKLINKQSGSYFVDGHHHQEQEQKGS HQQKGRKGAFVY	MMR - AR - VPL - L - L - L - GIL - F - L - ASL - SASF - ATSL - R - EEEESQDNPF - Y - F - NSDNSW - NTL - F - K - NQY - GHIR - VL - QR - F - DQQSK - R - L - QNL - EDY - R - L - VEF - R - SK - PETL - L - L - PQQADAEL - L - L - VVR - SGSAIL - VL - VK - PDDR - R - EY - F - F - L - TQGDNPFI - SDNQK - IPAGTIF - TGF - L - VNPDPK - EDL - R - IIQL - AMPVNNPQIHEF - F - L - SSTEAAQQSY - L - QEF - SK - HIL - EASF - NSK - F - EEINR - VL - F - EEEGQQEEGQQEGVIVNIDSEIQIEL - SK - HAK - SSSR - K - SHSK - QDNTIGNEF - GNL - TER - TDNSL - NVL - ISSIEMK - EGAL - F - VPHY - Y - SK - AIVIL - VVNEGEAHVEL - VGPK - GNK - ETL - EF - ESY - R - AEL - SK - DDVF - VIPAAY - PVAIK - ATSNVNF - TGF - GINANNNNR - NL - L - AGK - TDNVISSIGR - AL - DGK - DVL - GL - TF - SGSGEEVMK - L - INK - QSGSY - F - VDGHHHQEQEQK - GSHQEQEQK - GR - K - GAF - VY	EEEEESQDNPF F PQQADAEL TQGDNPFI IPAGTIF SSTEAAQQSY QDNTIGNEF ISSIEMK ATSNVNF GINANNNNR SGSGEEVMK GSHQEQEQK	GHIR NSDNW DQQSK PETL SGSAIL PDDR SDNQK VNPDP K IIQL EASF EEINR SSSR	SHSK TDNSL EGAL VPHY AIVIL VGPK DDVF VIPAAY PVAIK QSGSY	R -7 TSL Y-3 F-10 NTL K-3 NQY VL QR L-12 QNL EDY VEF SK VVR VL-2	VK EY EDL QEF HIL NSK HAK GNL TER NVL GNK ETL SK EF	ESY AEL TGF NL AGK AL DGK DVL GL TF INK GR GAF VY	
1242/ Faseolina Tipo beta	MMRARVPLLLLGILFLASLSASFATSLREEEESQDNPFYFNSDNSWNTLFLKNQYGHIRVLQRFDDQQSKRLQNLLEDYRLVEFRSKPETLLLPQQADAELLVVRSGSAILVLVVKPDDRREYFFLTSDNPIFSDHQKIPAGTIFYLVNPDPKEDLRIIQLAMPVNNPQIHEFFLSSTEAQQSYLQEFSSKHILEASFNFSKFEIINRVLFEEEGQQEGVIVNIDSEIQIELSKHAKSSSRKSLSKQDNTIGNEFGNLTERTDNSLNVLISSIEMEEGALFVPHYYSKAIVILVVNEGEAHVELVGPKGNGKETLEYESYRAELSKDDVVFIPAAYPVAIKATSNVNFTGFGINANNNNRNLLAGKTDNVISSIGRALDG	MMR - AR - VPL - L - L - L - GIL - F - L - ASL - SASF - ATSL - R - EEEESQDNPF - Y - F - NSDNSW - NTL - F - K - NQY - GHIR - VL - QR - F - DQQSK - R - L - QNL - EDY - R - L - VEF - R - SK - PETL - L - L - PQQADAEL - L - L - VVR - SGSAIL - VL - VK - PDDR - R - EY - F - F - L - TSDNPIF - SDHQB - TSDNPIF - Y - L - VNPDPK - EDL - R - IIQL - AMPVNNPQIHEF - F - L - SSTEAAQQSY - L - QEF - SK - HIL - EASF - NSK - F - EEINR - VL - F - EEEGQQEGVIVNIDSEIQIK - EL - SK - HAK - SSSR - K - SL - SK - QDNTIGNEF - GNL - TER - TDNSL - NVL - ISSIEMEEGAL - F - VPHY - Y - SK - AIVIL - VVNEGEAHVEL - VGPK - GNK - ETL - EY - ESY - R - AEL - SK - DDVF - VIPAAY - PVAIK - ATSNVNF - TGF - GINANNNNR - NL - L - AGK - TDNVISSIGR - AL - DGK - DVL - GL - TF - SGSGDEVMMK - L - INK - QSGSY - F - VDAHHHQEQEQK - GR - K - GAF - VY	EEEEESQDNPF F PQQADAEL TSDNPIF TSDNPIF SSTEAAQQSY QDNTIGNEF ATSNVNF GINANNNNR TDNVISSIGR SGSGDEVMMK	NSDNW GHIR DQQSK PETL SGSAIL PDDR SDHQB VNPDP K IIQL EASF EEINR SSSR TDNSL	VPHY AIVIL VGPK DDVF VIPAAY PVAIK QSGSY	TSL R-7 Y-3 F-10 NTL K-3 NQY VL-3 QR L-12 QNL EDY VEF SK-5	VVR VK EY-2 EDL QEF HIL NSK EL HAK SL GNL TER NVL DK GNK	ETL ESY AEL TGF NL AGK AL DGK DVL GL TF INK GR GAF VY	

1245/PHA	MASSKLLSLALFLVLLTYANSASETSFSFQRFNETNLILQRDATVSSKGQLRLTNVNDNGEPTLSSLGRAFYSAPIQIWDNTTGAVASFATSFTFNIDVPNNSGPADGLAFVLLPVGSEPKDKGGLGLFNYYKSDNAHTVAVEFDTLYNVHWDPKPRHIGIDVNSIKSIKTTTWDFFVKGENAEVLITYDSSTKLLVASLVYP SLKTSFIVSDTVDLKSVLPEWVIVGFTATTGITKGNVETNDILSWSFASKLSDGTTSEGLNLANFALNQIL	MASSK - L - L - SL - AL - F - L - VL - L - TY - ANSASETSF - SF - QR - F - NETNL - IL - QR - DATVSSK - GQL - R - L - TNVNDNGEPTL - SSL - GR - AF - Y - SAPIQIW - DNTTGAVASF - ATSF - TF - NIDVPNNSGPADGL - AF - VL - L - PVGSEPK - DK - GGL - L - GL - F - NNY - K - Y - DSNHTVAVEF - DTL - Y - NVHW - DPK - PR - HIGIDVNSIK - SIK - TTTW - DF - VK - GENAEVL - ITY - DSSTK - L - L - VASL - VY - PSL - K - TSF - IVSDTVDL - K - SVL - PEW - VIVGF - TATTGITK - GNVETNDIL - SW - SF - ASK - L - SDGTTSEGL - NL - ANF - AL - NQIL	DATVSSK - SAPIQIW - PVGSQPK - HIGIDVNSIK - GENAEVL - IVSDTVDL - TATTGITK - GNVETNDIL - SDGTTSEAL	ASQTS F NETNL NVHW TTTW DSSTK VIVGF NQIL		SF QR F-2 IL QR GQL R L-9 SSL GR AF Y-3 TF AF VL	DK GGL GL NNY K-3 DTL DPK PR SIK DF VK ITY VASL VY	PSL TSF SVL PEW SF ASK NL ANF AL
1244/PHE	MASSKLLSLALFLVLLTLANSASETSFSFQRFNETNLILQGNASVSSSGQLRLTNLNGNGEPRVGSGLG RAFYSAPIQIWDKTTGTVASFATSFTFNMQVPNNAGPADGLAFALVPVGSQPKDKGGFLGLFDGSNS NFHTVAVEFDTLYNKDWDPREHIGIDVNSIRSIK TTPWNFVNGENAEVLITYDSSTKLLVASLVYPSQ KTSFIVSDTVDLKSVLPEWVSVGFSATTGINKGN VETNDVLSWSFASKLSDGTTSEGLNLANLVLNKIL	MASSK - L - L - SL - AL - F - L - VL - L - TL - ANSASETSF - SF - QR - F - NETNL - IL - QGNASVSSSGQL - R - L - TNL - NGNGEPR - VGSL - GR - AF - Y - SAPIQIW - DK - TTGTVASF - ATSF - TF - NMQVPNNAGPADGL - AF - AL - VPVGSQPK - DK - GGF - L - GL - F - DGSNSNF - HTVAVEF - DTL - Y - NK - DW - DPR - ER - HIGIDVNSIR - SIK - TTPW - NF - VNGENAEVL - ITY - DSSTK - L - L - VASL - VY - PSQK - TSF - IVSDTVDL - K - SVL - PEW - VSVGF - SATTGINK - GNVETNDVL - SW - SF - ASK - L - SDGTTSEGL - NL - ANL - VL - NK - IL -	QGNASVSSSGQL NGNGEPR SAPIQIW TTGTVASF VPVGSQPK DGSNSNF HTVAVEF HIGIDVNSIR VNGENAEVL IVSDTVDL SATTGINK GNVETNDVL SDGTTSEGL	NETNL VGSL ATSF DSSTK VASL PSQK VSVGF		F-3 NF QR IL QR R L-9 TNL GR AF-2 Y -2 TF AL DK GGF	GL DTL NK DW SIK ITY VY TSF K SVL PEW SW F ASK NL ANL VL	NK IL

Se puede observar que teóricamente se obtienen dipéptidos con actividad antihipertensiva (cuadro 2), la fracción más pequeña (<430 Da) es la que presenta la mayor actividad antihipertensiva. Con respecto a los péptidos con actividad antioxidante, se encuentra registrado en la base de datos BIOPEP uno por subunidad (cuadro 3). Carrasco-Castilla *et al.*, (2012) reporto actividad antioxidante en el aislado de proteína de frijol var. Jamapa, en la fracción de faseolina y lectina lo cual sugiere que existen secuencias de péptidos antioxidante contenidas en las proteínas de frijol aún no reportadas en las bases de datos como BIOPEP.

LITERATURA CITADA

- Appel, L.J. (2003) The effects of protein intake on blood pressure and cardiovascular disease. *Current Opinion in Lipidology*, 14(1), 55-59.
- Betancur-Ancona, D.; Martínez-Rosado, R.; Corona-Cruz, A.; Castellanos-Ruelas, A.; Jaramillo-Flores, M. E., y Chel-Guerrero, L. (2009). Functional properties of hydrolysates from *Phaseolus lunatus* seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(1): 128-137.
- BIOPEP. (2014). Página oficial de BIOPEP (Recursos en proteínas alergénicas, péptidos bioactivos y proteómica). www.uwm.edu.pl/biochemia.
- Carrasco-Castilla, J., A.J. Hernández-Álvarez, C. Jiménez-Martínez, C. Jacinto-Hernández, M. Alaiz, J. Girón-Calle, J. Vioque, and G. Dávila-Ortiz. 2012. Antioxidant and metal chelating activities of *Phaseolus vulgaris* L. var. Jamapa protein isolates, phaseolin and lectin hydrolysates. *Food Chemistry* 131:1157-1164.
- Chel-Guerrero, L.; Pérez-Flores, V.; Betancur-Ancona, D., y Dávila-Ortiz, G.(2002). Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3): 584-591.
- Nasi, A., Picariello, G. y Ferranti, P. (2009) Proteomic approaches to study structure, functions and toxicity of legume seeds lectins. Perspectives for the assessment of food quality and safety. *Journal of Proteomics*, 72(3), 527-538.
- NMX-FF-038-SCFI-2002. PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO - FABACEAS - FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. Secretaría de economía. <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2002/nmx-ff-038-scfi-2002.pdf> Consultado 16 de Enero 2014.
- Pedroche J, Yust MM, Girón-Calle J, Alaiz M, Millán F & Vioque J (2002): Utilisation of chickpea protein isolates for production of peptides with angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 960-965.
- Roy, F., Boye, J.I. y Simpson, B.K. (2010) Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432-442.
- Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario rural, forestal y pesquero <http://financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Frijol.pdf> consultado 2 de julio de 2016.
- SISPRO. Sistema producto frijol. (2012). Disponible en: <http://www.sisprofrijol.org.mx/2012/frijol.php?sec=artint&year=2012>. Consultado: 16 de ENERO 2014.
- Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., Martínez-Ayala, A., Dávila-Ortiz, G. y Betancur-Ancona, D. (2009) Angiotensin-I converting enzyme inhibitory and antioxidant activities of protein hydrolysates from *Phaseolus lunatus* and *Phaseolus vulgaris* seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 42(10), 1597-1604.
- Wang, N., Hatcher, D.W., Tyler, R.T., Toews, R. y Gawalko, E.J. (2010) Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2), 589-594.

COL MORADA (*Brassica oleracea* VAR. *CAPITATA* F. *RUBRA*) COMO INDICADOR DE pH

RED CABBAGE (*Brassica oleracea* VAR. *CAPITATA* F. *RUBRA*) AS INDICATOR pH

Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán L., Jiménez-Martínez C.

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Microencapsulación, Laboratorio de Bioingeniería de Alimentos. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Av. Wilfrido Massieu Esq. Cda. Miguel Stampa s/n, C.P.07738 Delegación Gustavo A. Madero, México D. F.crisjm_99@yahoo.com

RESUMEN

En frutos y hortalizas las antocianinas son las responsables de los colores rojo, azul y morado. Estos se encuentran clasificados según la Comunidad Europea como E-163, y como 21CFR por la FDA (American Food and Drug Administration). La col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata f. rubra*) presenta alrededor de ocho antocianinas, la que se encuentra en mayor cantidad es la cianidina-3-soforosido-5- glucósido, estos pigmentos producen una variedad de colores, los cuales varían dependiendo del pH en que se encuentre. En soluciones ácidas las antocianinas presentes en la col morada se tornan rojizas, los colores van desde el rojo al morado mientras que en soluciones básicas varían desde el azul al verdoso, llegando al Amarillo. El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios de coloración presentados por el extracto acuoso de col morada (ECM) y analizar por HPLC-MS los cambios en las antocianinas presentes. Los extractos fueron obtenidos por extracción acuosa, se ajustó el pH en cada punto. Posteriormente se analizaron por HPLC-MS 5 cambios de pH para comprobar el cambio de la antocianina principal. Los extractos de col morada presentaron diversidad de colores y estos se mantuvieron estables por 48 h, el análisis por HPLC-MS demostró la degradación de la antocianina principal.

Palabras clave: *Col morada, pH, indicador.*

INTRODUCCIÓN

El color en un alimento es de gran importancia ya que cada uno tiene un color característico y definido. Estos se deben a diferentes compuestos orgánicos que se dividen en 7 grupos: Carotenoides, Clorofilas, Antocianinas, Flavonoides, Taninos y Betalaínas. En las plantas se encuentran en su gran mayoría en el protoplasma, de manera particular en los cromoplastos. Las antocianinas, son hidrosolubles, originan los colores rojo, azul, rosa y violeta de flores, frutas y verduras. Químicamente las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, están constituidas por una molécula de antocianidina, la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura básica de estas agliconas es el ion flavilio, llamado también 2-fenil-benzopirilo y un anillo fenólico (Aguilera-Ortiz *et al.*, 2011). Se reconocen aproximadamente 20 antocianinas; las más importantes son la pelargonidina, delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina. La combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 150 antocianinas, generalmente se encuentran la glucosa y la ramnosa, seguido de galactosa, xilosa y arabinosa; en algunas ocasiones se encuentra la gentobiosa, la rutinosa y la soforosa (Badui, 2006), estos azúcares están acilados con grupos derivados del ácido acético o alguno de los cuatro ácidos cinámicos, estos le confieren estabilidad a la molécula ante condiciones extremas de pH y temperatura. El color de las antocianinas depende de varios factores, como son los sustituyentes químicos que contenga y la posición que ocupan en el grupo favilio, esto es, si aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación del color rojizo.

Existen 4 factores que afectan la coloración de las antocianinas, el pH, que tiene una influencia significativa al cambio de coloración; a pH alrededor de 2 los extractos morados muestran un cambio de color a rojo a rojo oscuro; a pH por encima de 4 presentan cambio de rojo a color amarillo (Abdel-Aal *et al.*, 2006). La temperatura: influye en la estabilidad de las antocianinas; a 4°C las antocianinas son altamente estables, hasta 6 veces más en comparación a 25°C y hasta 60 veces con respecto a 38°C; los incrementos de temperatura resultan en la pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura del anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras. El Oxígeno y

el ácido ascórbico: las condiciones que favorecen la oxidación aeróbica del ácido ascórbico en sistemas modelo que contienen pelargoidina-3-glucósido causan pérdidas de antocianinas, sin embargo, cuando el oxígeno es excluido del sistema no se observa deterioro del color, esto es debido a una posible reacción de condensación entre el ácido y los pigmentos (Garzón y Wrolstad, 2002). Actividad de agua: La concentración del pigmento y la actividad de agua de la matriz afectan la estabilidad del color, dicha estabilidad es independiente de la estructura a una misma concentración de pigmento, sin embargo cuando la concentración de antocianinas alcanza valores altos, se presentan fenómenos de auto-asociación entre dos cationes flavilio y dos formas hemiacetal, dos bases quinoidales e inclusive, entre una base quinoidal y un catión flavilio protegiendo la molécula de la antocianina. Por otro lado, incrementos en la actividad de agua del medio causan degradación de las antocianinas debido a una mayor interacción entre el agua y el catión flavilio para formar la pseudobase inestable. (Garzón y Wrolstad, 2001). Existen diversas frutas y hortalizas que contienen antocianinas capaces de ser indicadores tanto de pH, temperatura y humedad, entre ellas se encuentran la zarzamora (*Rubus fruticosus*), la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron las extracciones de color por extracción simple, fueron colocados 50 g de col morada cortada finamente, en 100 mL de agua destilada a 45 °C por 4 h. Se analizaron los cambios presentados por el colorante por cada punto en la escala de pH. Los cambios de color fueron analizados con un colorímetro (Konica Minolta CR-400) con el iluminante D65 y observador 10° y se reportaron en la escala CIELAB (L^* luminosidad, a^* coordenadas rojo/verde y b^* coordenadas amarillo/azul) y CIELCH, (L^* claridad, C^* croma ($a^{*2}+b^{*2}$)^{1/2} y h° ángulo $\tan^{-1}(b^*/a^*)$). así como la determinación de diferencia de color (ΔE_{ab}) durante 48 h y se analizaron los cambios en los diferentes pH mediante el cálculo de diferencia de color del sistema CIELAB, que cuantifica numéricamente la diferencia de percepción de color entre dos muestras. De acuerdo con la representación tridimensional que provee este sistema, si dos puntos son coincidentes, entonces la diferencia de color entre ambos estímulos es igual a cero, según se incrementa la distancia aumentará la percepción del cambio de color entre los estímulos que ambos puntos representan (Casassa y Sari, 2006).

El cálculo se realiza utilizando la siguiente formula:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Una vez demostrados los cambios de pH, se analizaron estos por HPLC-MS para identificar la antocianina encargada de estos cambios, por lo que se tomaron los puntos 3, 5, 7, 9, 11, y 14 de pH y se verificó el cambio en la antocianina durante los cambios de color.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ECM presentan cambios de coloración una por cada punto de pH, en el Cuadro 1 se muestran los datos que fueron determinados para CIELCH. Los valores de L^* indican que los colores son claros y poco luminosos (L^* de 0, completamente opaco, L^* de 100 completamente transparente), los valores de H° muestran que las tonalidades son diversas, ya que se encuentran los datos reportados en todos los grados y los valores de C^* muestran colores que van de tenues a vívidos, encontrando que el más tenue se encuentra a pH 9 y los más vívidos se encuentran en los pH 1 y 14. (CIELAB, 1986) Como se mencionó anteriormente las antocianinas son sensibles al pH teniendo una efecto en la estructura y la estabilidad. En los ECM como se puede observar en la Figura 1, a valores ácidos de pH se encuentra la forma más estable del pigmento esto es el ion flavilio, de color rojo intenso, al incrementar el pH ocurre la pérdida del protón y la adición de agua en la posición 2, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemiacetal y la forma chalcona, o de cadena abierta. Tanto el hemiacetal como la chalcona son inestables. A valores de pH superiores a 7 se observan las formas quinoidales, estas se degradan rápidamente por oxidación con el aire. (Santacruz-Cifuentes, 2011) Para determinar si se presentaba algún deterioro en los pH superiores a 7 se midió la coloración durante 48 h para determinar durante cuánto tiempo son estables. En el Cuadro 2 se muestran las diferencias de color desde el tiempo 0 a las 24 h y de las 24 h a las 48 h. Los cambios son evidentes sin embargo la variación en puntos se puede considerar pequeña, por lo que se puede estimar que en cada punto de pH el ECM puede mantener el color sin que se siga degradando la antocianina durante

48 h. Scalzo *et al.*, 2008 determinó que el contenido de cianidina-3- glucósido presente en la col morada es de 756 mg/Kg, y que son encontradas 8 cianidinas en ésta. Por otro lado, la formación del ion flavilio como especie dominante en la col morada se encuentra cuando el pH es de 5, por lo que puede presentar diversas coloraciones mientras se degrada la antocianina.

Cuadro 1. Tonos, saturación y luminosidad en la escala de CIELAB para extractos de col morada

pH	L*	a*	b*	c*	H*
1	29.3 ± 1.3	43.6 ± 1.3	32.7 ± 1.4	54.49	36.9
2	29.3 ± 1.0	42.7 ± 1.7	29.1 ± 1.4	51.65	34.24
3	22.6 ± 2.0	43.1 ± 3.1	8.6 ± 2.2	44.00	11.25
4	23.8 ± 1.2	43.1 ± 1.7	-11.1±4.02	44.6	345.52
5	23.7 ± 1.4	35.4 ± 1.2	-15.2±3.5	38.52	336.7
6	26.8 ± 3.0	41.8 ± 1.7	-22.1 ± 6.0	47.64	331.38
7	22.3 ± 2.1	28.7 ± 1.0	-26.0 ± 1.1	38.65	317.9
8	19.0 ± 1.2	7.7 ± 1.5	-19.8 ± 1.5	19.40	293.11
9	21.3 ± 3.1	-9.9 ± 2.0	-9.20 ±1.4	13.54	222.84
10	18.9 ± 1.3	-20.5± 1.0	3.3 ± 1.0	20.77	170.86
11	15.5 ± 4.0	-27.4± 2.0	12.05± 2.0	30	156.26
12	16.4 ± 4.1	-23.2± 1.0	15.3 ± 8.1	27.75	146.64
13	30.6 ± 2.2	-14.5± 1.2	33.5 ± 2.5	36.57	113.3
14	40.7 ± 1.4	2.1 ± 2.1	57.6 ± 1.5	54.57	87.9

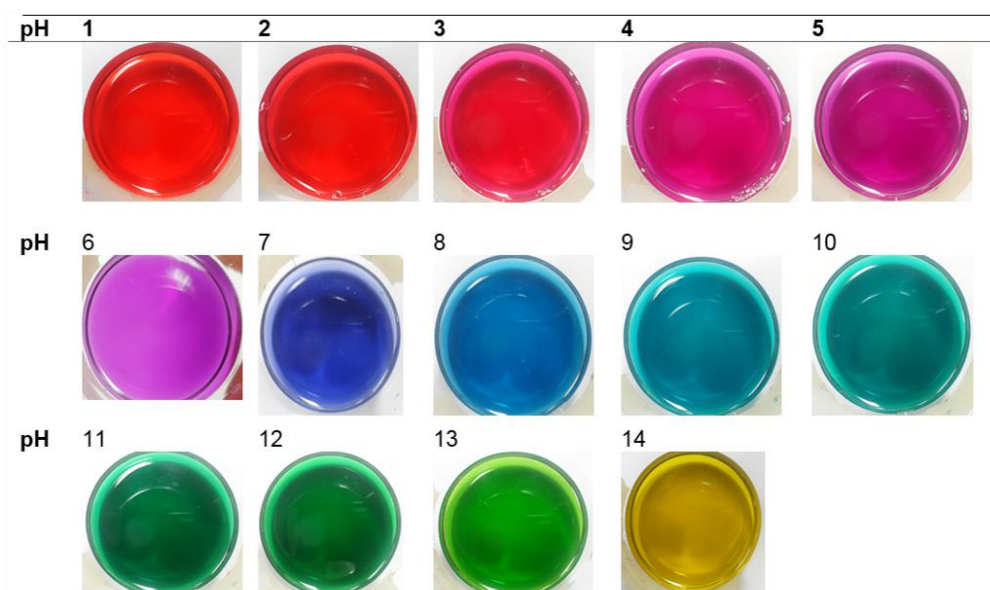


Figura 1. Cambios de color en ECM por cada punto en la escala pH

Posteriormente, se llevó a cabo el análisis por HPLC-MS, encontrándose la presencia de los iones fragmentos en m/z 381.09, correspondiente a una cianidina la cual es el compuesto mayoritario, junto con un ión fragmento correspondiente a la pérdida de una hexosa; m/z 600.11 correspondiente a una cianidina unida a dos hexosas y m/z 746.09 correspondiente a una cianidina unida a glucosa con soforosido. En los análisis realizados se observó que a partir del pH 9 el fragmento m/z 381.09 disminuye y en pH 14 ya no se encuentra presente. Por otro lado, se encontraron iones moleculares correspondientes a flavonoles y quercetina. Scalzo *et al.*, (2007), encontró que las principales

antocianinas encontradas en la Col morada son: cianidina-3-glucosido, cianidina-3-glucosido-5-glucosido y cianidina-3-soforosido-5-glucosido.

Cuadro 2. Diferencia de color durante 48 h		
pH	ΔE 24 h Col morada	ΔE 48 h Col morada
1	23.01	28.62
2	21.30	19.96
3	21.07	21.15
4	34.45	19.45
5	33.84	18.16
6	41.01	33.29
7	39.02	13.78
8	44.38	15.90
9	31.74	40.87
10	28.40	53.52
11	48.40	39.71
12	45.50	34.63
13	24.26	31.43
14	31.72	33.63

CONCLUSIONES

Debido a la cantidad de antocianinas presentes en la Col morada, esta presenta diferentes coloraciones cuando se varía el pH y puede permanecer estable por 48 h, por lo que puede ser utilizado como indicador.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Aal E. S., C. Young, I. Rabalski. «Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple and Red Cereal Grains.» (Journal Agricultural and Food Chemistry) 54, n° 4696- 4704 (2006).
- Aguilera-Ortiz, M., M. del C. Reza-Vargas, R. G. Chew-Madinaveitia, J. A. Meza-Velázquez. «Propiedades Funcionales de las Antocianinas.» (Revista Biotecnia) XIII, n° 2 (2011).
- Badui, D. S. *Química de los Alimentos*. México: Editorial Pearson, 2006.
- Casassa F., S. Sari. «Aplicación del Sistema Cie-Lab para los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales.» *Revista Enología*, 2006: III:1-10.
- Garzón G. A., R. E. Wrolstad. «Comparision of the Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate.» *Food Science*, 2002: 67:1288-1299.
- Garzón G. A., R. E. Wrolstad. «The stability of Pelargonidin-based Antocyanins at Varying Water Activity.» *Food Chem*, 2001: 75:185-196.
- Lo Scalzo R., A. Genna, F. Branca, M. Chedin, H. Chassaigine. «Anthocyanin composition of cauliflower (Brassica oleracea L var. botrytis) and cabbage (B. oleracea L var. capitata) and its stability in relation to thermal treatments.» *Food Chemistry*, 2008: 136-144.
- Santacruz-Cifuentes, L. A. *Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos*. Bogotá, Colombia: Tesis, 2011.

DETECCIÓN MEDIANTE PCR DE *Ca. Liberibacter asiaticus* EN TRES ESPECIES DE CÍTRICOS

PCR DETECTION OF *Ca. Liberibacter asiaticus* IN THREE SPECIES OF CITRUS.

¹Herbert-Doctor LA. ¹Rodríguez-Quibrera CG. ¹Hernández-Guerra C.

¹Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario (LDF) del Campo Experimental Ixtacuaco (CEIXTA), del INIFAP. Km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan Col. Rojo Gómez, C.P. 93600. Tlapacoyan Veracruz, México. Autor para correspondencia: heddoctor@hotmail.com

RESUMEN.

El Huanglongbing (HLB) es una enfermedad citrícola de origen bacteriana transmitida por psílidos y que es altamente devastadora a nivel mundial. Actualmente no tiene cura, las estrategias para mitigar el daño causado por el HLB se basan en el control del psílido y la detección oportuna de la bacteria. Con el fin de detectar la enfermedad en diferentes especies de cítricos se analizó el ADN genómico obtenido de nervaduras y peciolo de hojas de limón Mexicano (LM), limón Persa (LP) y Naranja (NAR), los cuales presentaban síntomas característicos de la enfermedad. Posteriormente mediante PCR punto final se realizó la amplificación del gen *16S* ADN ribosomal de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Los resultados mostraron una calidad de ADN aceptable, con resultados positivos en la PCR para el LM y LP. Para las muestras de NAR los resultados dieron negativos aun cuando las hojas y frutos presentaban síntomas como venas corchosas, amarillamiento y abortamiento de semillas, respectivamente.

Palabras clave: HLB, PCR, Cítricos, *Ca. Liberibacter as.*

INTRODUCCIÓN.

Los cítricos son susceptibles a una amplia gama de enfermedades causadas por hongos, bacterias, nematodos, virus y viroides, sin embargo, uno de los problemas más importantes actualmente a nivel mundial es el reverdecimiento de los cítricos o Huanglongbing (HLB), una enfermedad causada por diferentes especies de bacterias del género *Candidatus Liberibacter* spp: *Ca. Liberibacter asiaticus*, *Ca. Liberibacter africanus* y *Ca. Liberibacter americanus*, que a su vez son transmitidas por dos especies de Psílidos: *Diaphorina citri* y *Trioza erytreae* (Da Graça et al., 2016). Se ha reportado que la enfermedad causa deterioro y poco crecimiento de los árboles debido a la aparición de brotes cloróticos, engrosamiento de nervaduras, moteado en hojas, maduración irregular en frutos, muerte de ramas y aborto de semillas, provocando grandes pérdidas económicas (Sechler et al., 2009; CESAVEP, 2016).

La enfermedad fue reportada por primera vez en el continente asiático y posteriormente se propagó por el resto del mundo. En México el primer caso de HLB causado por *Ca. Liberibacter asiaticus* y transmitido por *D. citri* fue reportado en el año 2009 en el estado de Yucatán. Actualmente al mes de Junio de 2016, la presencia de HLB ha sido detectada en material vegetal en 23 estados de la República Mexicana (SIRVEF, 2016), afectando a la Naranja (*Citrus sinensis*), Mandarina (*Citrus reticulata*), Tangerina (*Citrus deliciosa*), limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*) limón Persa (*Citrus latifolia*) y Pomelo (*Citrus paradisi*) (CESAVEP, 2016). Es por esto que el presente trabajo pretende monitorear la enfermedad, mediante la detección *Ca. Liberibacter as* en diferentes especies de cítricos, utilizando la técnica molecular Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Localidades de muestreo. Para el presente trabajo se consideraron las localidades de San José Acateno, Puebla y Cazonas, Ver., y se donaron muestras del Campo Experimental Tecomán, localizado en Colima. Las muestras provenientes de Puebla y Veracruz pertenecen a la especie *Citrus paradisi* (NAR), las pertenecientes de Colima corresponden a *Citrus aurantifolia* (LM) y *Citrus latifolia* (LP).

Material vegetal. Las muestras vegetales obtenidas de hojas que se analizaron presentaban moteado asimétrico, amarillamiento, engrosamiento de las nervaduras. Las muestras obtenidas en huertos de Veracruz, además, los frutos presentaban ensanchamiento y deformación de la columela media, así

como semillas abortadas (Figura 1). Las muestras fueron guardadas en una bolsa de papel dentro de una hielera para su trasportación al LDF-CEIXTA.



Figura 1.- Material vegetal utilizado para la extracción de ADN. A: Muestra sana de LM, B: Muestra de LM con síntomas de HLB, C: Muestra sana de LP, D: Muestra de LP con síntomas de HLB, E: Muestra de NAR con síntomas característicos a la enfermedad, F: Fruto de NAR con síntomas característicos a la enfermedad.

Extracción de ADN. La extracción de ADN genómico (ADNg) se realizó siguiendo la técnica de Rodríguez et al., 2010. Por cada muestra se utilizaron 10 hojas que se lavaron y secaron con sanitas a temperatura ambiente, posteriormente se retiró y se cortó finamente el peciolo y la nervadura central colocando en un tubo Eppendorf de 2 mL. A cada tubo se le adicionó 1.5 mL de solución 2-ME/CTAB precalentada a 65°C (2% de 2-mercaptoethanol + 2% p/v CTAB, 1 M Tris-HCl pH 8, 0.5 M EDTA pH 8, 1.4 M NaCl, 1% p/v polivinilpirrolidona) precalentada a 65 °C. Las muestras se incubaron a la misma temperatura durante 2 horas agitando mediante vortex cada 30 min. Posteriormente se extrajeron 800 µL del sobrenadante a un tubo nuevo y se agregaron 800 µL de SEVAG (cloroformo: alcohol isoamílico 24:1), las muestras se homogenizaron por inversión y se centrifugaron a 13000 rpm/10 minutos (min) a temperatura ambiente. En un tubo nuevo de 1.5 mL se recuperaron 500 µL de sobrenadante adicionando 250 µL de acetato de amonio 7.5 M y 300 µL de isopropanol y se guardaron a -20 °C durante una noche. Posteriormente las muestras se centrifugaron 20 min a 13000 rpm a 4°C, el sobrenadante se decantó y la pastilla de ADN se lavó dos veces con 1 mL de etanol frío centrifugando 10 min a 13000 rpm a 4°C entre cada lavado. Finalmente la pastilla se dejó secar a temperatura ambiente y se hidrató con 50 µL de agua estéril Milli-Q almacenando a -20°C hasta su posterior utilización.

Calidad y concentración de ADN. La calidad del ADN se determinó cualitativamente mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5 % en buffer Tris-ácido acético-EDTA (TAE) al 1X de la marca BIO-RAD al cual se le agregó 5 µL de bromuro de etidio (BrEt). En el gel se cargaron 2 µL de colorante y 5 µL de ADN por pozo. Posteriormente el gel se visualizó mediante un foto documentador BIO-RAD Gel Doc™ EZ Imager. La pureza y concentración de ADN se determinó cuantitativamente mediante la relación 260/280 nanómetros (nm) con la ayuda de un espectofotómetro NanoDrop ND-1000.

Amplificación del gen 16S ADN ribosomal de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR punto final. Para amplificar la región ribosomal 16s (ADNr) de la especie bacteriana en cuestión se usaron los primers específicos OI1 y OI2C que amplifican un fragmento de un tamaño aproximado de

1160 pares de bases (pb) [Cuadro 1]. La reacción de PCR se llevó a cabo utilizando el kit GoTaq® ADN Polymerase de PROMEGA utilizando 5 µL de buffer (1x), 0.25 µL de MgCl₂ (2mM), 2 µL de DNTp's (200 Mm), 2 µL de primers forward y reverse (2pM c/u), 0.2 µL de enzima (1 U/µL), 11.55 µL de agua y 2 µL de ADN para el caso de LM y 9.55 µL de agua y 4 µL de ADN para el caso de LP y NAR. Como marcador de peso molecular (MPM) se utilizó ADN-Ladder 1kb de PROMEGA.

El protocolo de PCR se inició a 95 °C durante 3 min, seguido de 35 ciclos de 30 segundos (s) a 94 °C, 30 s a 62 °C y 1 min a 72 °C y una extensión final de 10 min a 72 °C en un termociclador TECHNE TEC412. El producto de la PCR fue visualizado mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5 % en TAE 1X suplementado con 5 µL de BrEt, en cada pozo se colocaron 2 µL de colorante y 7 µL del amplicon.

Cuadro 1. Primers para la amplificación del gen 16S ADNr de *Ca. Liberibacter asiaticus*.

Primer	Secuencia	Tm (°C)	Producto (Pb)
OI1	5'-GCG CGT ATG CAA TAC GAG CGG CA-3'	60	1160
OI2C	5'- GCC TCG CGA CTT CGC AAC CCA T- 3'		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Extracción de ADNg del material vegetal. En la Figura 2 se observan 14 muestras de LM a las que se les realizó extracción de ADNg. Se puede apreciar en todos los carriles la integridad del ADN, en general la calidad de ADNg estaba dentro del rango aceptable de 1.6 y 1.8 en la relación de absorbancia (ABS) 260/280 nm. Pero se obtuvieron bajas concentraciones oscilando entre los valores de 10 a 50 ng/uL, en las muestras 9, 10 y 11 se pueden observar bandas muy tenues, presentando concentraciones de 15 ng/uL.

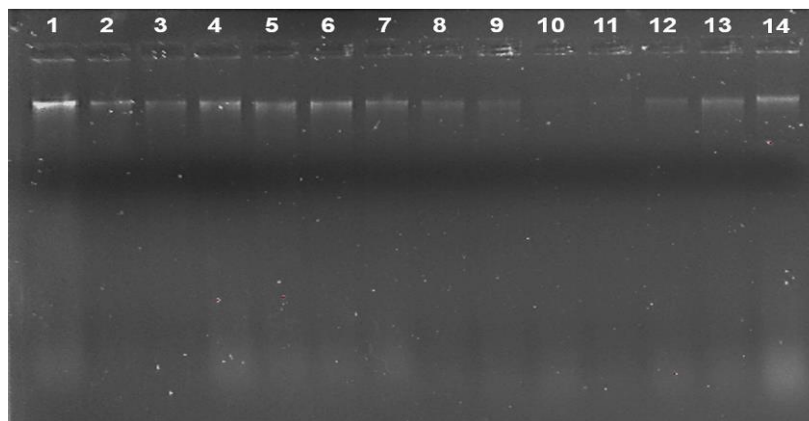


Figura 2. Extracción de ADNg de nervaduras de hojas de LM. Electroforesis en gel de agarosa al 1.5% en TAE 1X, teñido con BrEt.

Para la reacción de PCR se usaron las muestras al azar 4, 5, 6, 7 y 8, las cuales presentaban concentraciones entre 20 y 35 ng/uL. Aunque la concentración de ADNg utilizada fue baja, los resultados fueron favorables debido a la sensibilidad de la técnica para la detección de la bacteria presente en el floema de los arboles muestreados (Lin et al., 2008).

En la Figura 3 se observan las amplificaciones de un tamaño aproximado de 1160 pb que corresponde al producto esperado que amplifican los primers específicos para el gen 16S de *Ca. Liberibacter asiaticus* (Jagoueix et al., 1994), lo que confirma la presencia de HLB en las muestras de LM provenientes del estado de Colima datos que se relacionan con los reportados por Do Carmo et al., 2005 al utilizar PCR en la detección de *Ca. Liberibacter asiaticus* y *Ca. Liberibacter africanus* en hojas de cítricos.

Por otro lado, como era de esperarse en el control negativo (C-) obtenido de hojas sanas no se apreció ninguna banda.

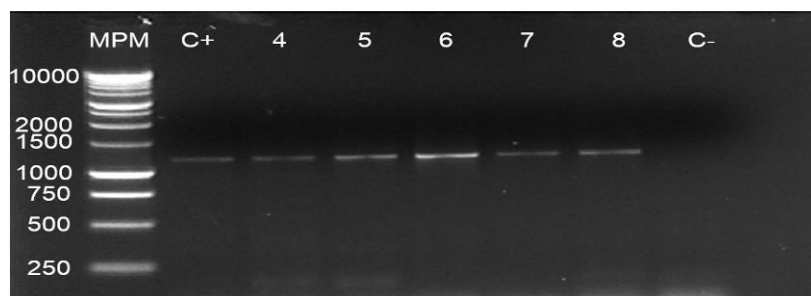


Figura 3. Amplificación del gen 16S de ADNr de *Ca. Liberibacter as* en limón Mexicano. Gel de agarosa al 1.5 % en TAE 1X, teñido con BrEt. Carriles: MPM: Marcador de peso molecular, C+: Control positivo, C-: Control negativo, 4-8: Muestras de LM.

En la Figura 4 se observan 14 muestras de limón persa a las que se les realizó extracción de ADNg. Se puede observar que solo las muestras 1, 2, 3, 4 y 9 presentan una banda bien definida característica de una buena integridad de ADN, por lo que se decidió usar dichas muestras para amplificar el gen 16S de *Ca. Liberibacter as*. Las concentraciones de ADN se encontraron en un rango de 15 a 40 ng/ μ L.

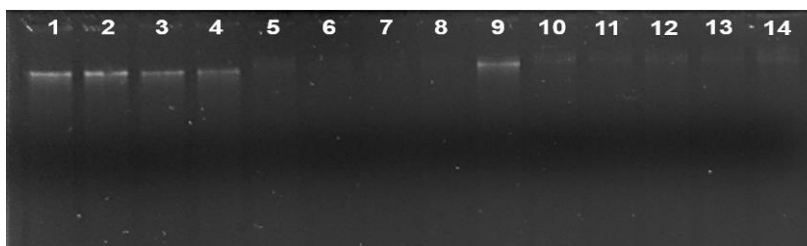


Figura 4. Extracción de ADNg de nervaduras de hojas de limón persa. Electroforesis en gel de agarosa al 1.5% en TAE 1X, teñido con BrEt.

Al momento de realizar la PCR en LP a diferencia de LM, donde se utilizaron 2 μ L de ADNg ($\approx$ 94.24 ng/ μ L) para la reacción, con LP fue necesario usar 4 μ L ($\approx$ 101.96 ng/ μ L), es decir, se aumentó la concentración de ADNg ya que con el volumen anterior no se logró observar un amplicon definido. Lo anterior se puede deber a la tolerancia de la infección por *Liberibacter spp* la cual varía dependiendo del genotipo y del patrón del huésped según investigaciones reportada por Da Graça et al., 2016, por lo que la bacteria podría estar presente en menor cantidad en LP, lo que explicaría la poca cantidad de ADNg de la bacteria en el resto de las muestras.

En la Figura 5 se observa que las muestras 1-4 fueron positivas para la presencia de *Ca. Liberibacter as*, la muestra 9 no amplificó.

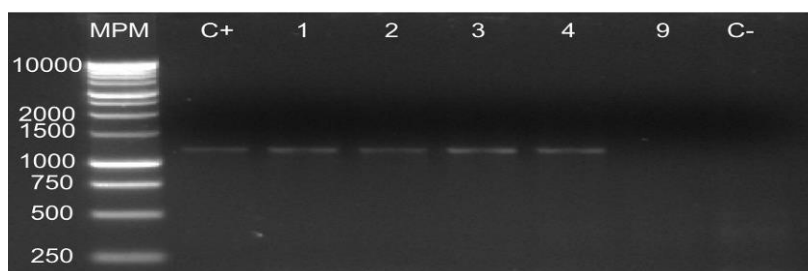


Figura 5. Amplicon del gen 16S ADNr de *Ca. Liberibacter as* de limón Persa. Gel de agarosa al 1.5 % en TAE 1X, teñido con BrEt. Carriles: MPM: Marcador de peso molecular, C+: Control positivo, C-: Control negativo, 1-4, 9: Muestras de LP.

Los resultados de la amplificación del gen 16S de *Ca. Liberibacter* as, en el caso de Naranja fueron negativos (Figura 6), a pesar de que las muestras y las huertas donde se colectó, se presentaban síntomas muy parecidos al HLB (Figura 1E y 1F). Nosotros creemos que dichos síntomas puedan deberse a alguna otra enfermedad como por ejemplo el virus de tristeza de los cítricos (VTC) que infecta también a la naranja, mandarina y toronja injertadas sobre patrón de naranjo agrio cuyos síntomas son muy parecidas al Huanglongbing (Lee y Bar, 2000). Sin embargo, no descartamos la posibilidad de que no se observara ningún resultado debido a que la calidad de extracción se presentó por debajo del rango mínimo aceptable (datos no mostrados). Es necesario volver a muestrear dichas huertas para descartar la presencia de la enfermedad.

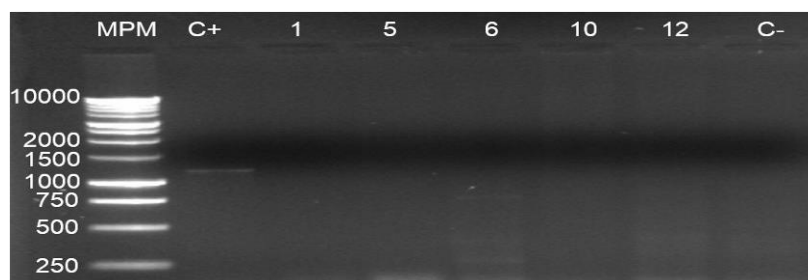


Figura 6. Amplificación del gen 16s ADNr de *Ca. Liberibacter* as en Naranja. Gel de agarosa al 1.5 % en TAE 1X, teñido con BrEt. Carriles: MPM: Marcador de peso molecular, C+: Control positivo, C-: Control negativo, 1-6, 10, 12: Muestras de NAR.

CONCLUSIONES.

La PCR punto final solo detecto la bacteria *Ca. Liberibacter* as en limón Mexicano y limón Persa, encontrando en limón Mexicano la mayor concentración debido a la visibilidad de los amplicones visualizados en la electroforesis.

Es necesario volver a muestrear las Naranjas en los sitios antes visitados, y realizar PCR para la detección de otras especies de *Candidatus Liberibacter*,

LITERATURA CITADA.

- Da Graça JV, Douhan GW, Halbert SE, Keremane ML, Lee RF, Vidalakis G, Zhao H. 2016. Huanglongbing: An overview of a complex pathosystem ravaging the world's citrus. *J. Integr. Plant. Biol.* 58(4): 373-87.
- Sechler A, Schuenzel EL, Cooke P, Donnua S, Thaveechai N, Postnikova E, Stone AL, Schneider WL, Damsteeg VD, Schaad NW. 2009. Cultivation of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*', '*Ca. L. africanus*', and '*Ca. L. americanus*' associated with huanglongbing.
- Rodríguez-Quibrera CG, Alanís Martínez EI, Velázquez Monreal J, Almeyda León IH. 2010. Optimización de la Técnica de Extracción del ADN de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. 1er Simposio Nacional sobre Investigación sobre el Manejo del Psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, Nuevo León.
- Lin Hong, Doddapaneni H, Bai X, Yao J, Zhao X, Civerolo E. 2008. Acquisition of uncharacterized sequences from *Candidatus Liberibacter*, an unculturable bacterium, using an improved genomic walking method. *Molecular and Cellular Probes.* 22: 30-37.
- Jagoueix S, Bové JM, Garnier M. 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.
- Lee, R.F., and Bar Joseph. 2000. Tristeza. In: *Compendium of citrus diseases*. L.W. Timmer, S.M. Garnsey, J.H. Graham (Eds), APS Press. Pp. 92.
- Do Carmo Teixeira D, Luc Danet J, Eveillard S, Cristina Martins E, de Jesus Junior WC, Takao Yamamoto P, Aparecido Lopes S, Beozzo Bassanezi R, Juliano Ayres A, Saillard C, Bové JM. 2005. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the '*Candidatus*' *Liberibacter* species associated with the disease. *Mol. Cell. Probes;* 19(3): 173-179

Referencias informáticas

- SIRVEF, 2016. Sistema Integral de Referencia para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/HLB.aspx> / Consultado el 17 de Septiembre de 2016.
- CESAVER, Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla. 2016 <http://www.cesavep.org/descargas/HLB/FICHA%20TECNICA%20HLB.pdf> / Consultado el 17 de Septiembre de 2016.

PREDICCIÓN DE EPITOPOS DE LA PROTEÍNA ANTIGENICA B8Y674 PRESENTE EN LA MEMBRANA EXTERNA DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*

PREDICTIONS OF EPITOPES CAPACITY ANTIGEN PROTEIN PRESENT IN THE OPM OF *Candidatus Liberibacter asiaticus*

¹Rodríguez Quibrera CG., ²Mendoza Herrera A., ²Segura Cabrera A., ¹Herbert Doctor LA, ³Almeyda León IH., ⁴Álvarez Ojeda MJ.

¹Campo Experimental Ixtacuaco del CIRGOC-INIFAP Km. 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Col. Rojo Gómez CP. 93600, ²Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza, Cd. Reynosa, Tamaulipas, C.P. 88710, ³Campo Experimental General Terán del CIRNE-INIFAP Carretera Montemorelos-China Km. 31, Col. Ex Hacienda las Anacuas, General Terán CP. 67413, ⁴Campo Experimental Río Bravo del CIRNE-INIFAP Carretera Matamoros-Reynosa Km. 61, Col. Zona Rural Río Bravo C.P. 88900.

Autor para correspondencia: rodriguez.cynthia@inifap.gob.mx

RESUMEN

Debido a la rápida diseminación del Huanglongbing (HLB) enfermedad más devastadora de los cítricos a nivel mundial, es necesario desarrollar otras alternativas para su diagnóstico oportuno. En este trabajo se realizó la predicción de epítomos de la proteína B8Y674, la cual se encuentra localizada en la membrana externa de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Esta proteína presenta dominios funcionales relacionados con la capacidad antigénica, resultados obtenidos de las predicciones mediante la suite HhPred. La predicción de epítomos se logró mediante el uso de la base de datos IEDB Analysis Resource, utilizando el método de Antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar. Este método identificó 24 epítomos lineales en la proteína B8Y674 con un 91% de especificidad, además, la base de datos Immune Epitope and Analysis Resource permitió seleccionar siete epítomos validados experimentalmente.

Palabras clave: HLB, predicción, proteína, epítomos, limón.

INTRODUCCIÓN

El HLB es una enfermedad bacteriana causada por la α -protoproteína "Candidatus Liberibacter spp.", de tipo Gram negativa, que se desarrolla y desplaza a través de los poros de los tubos cribosos (Mora, 2012), limitando el flujo de los productos fotosintéticos transportados por el floema (Lin et al., 2008). Se conocen tres especies que afectan a los cítricos: *Candidatus Liberibacter africanus*, *Candidatus Liberibacter americanus* y *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Esta última es la que está presente en México y es transmitida principalmente por el insecto vector *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Robles et al., 2010). Los cítricos más susceptibles son la naranja dulce, la mandarina y los híbridos de mandarina (Halbert y Manjunath, 2004). En México se reporta mayor severidad de síntomas fisiológicos e histológicos en limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*) en comparación con naranja dulce (*Citrus sinensis*) que tiene mayor índice de severidad en otros países (Flores et al., 2011). Actualmente no existe una cura para el HLB, su manejo se realiza mediante el control de la plaga y la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter spp*, mediante el método molecular de la Reacción en Cadena de la polimerasa en Tiempo Real (QT-PCR) (Li y Levy, 2007), en virtud de que es un método muy sensible él QT-PCR podría considerarse como una herramienta para la detección "temprana" de *Candidatus Liberibacter spp*; sin embargo, resulta muy costoso e impráctico para condiciones en campo. El objetivo de este trabajo es la predicción de epítomos en una proteína con capacidad antigénica que codifica para el gen *Omp* presente en la membrana externa de *Candidatus Liberibacter asiaticus* aislada de limón Mexicano.

Se conoce que las proteínas de membrana externa están implicadas en diversas funciones, entre ellas, participan en el intercambio con el ambiente externo y en algunos casos pueden estar implicadas en la patogenicidad (Bastianel et al., 2005), presentando epítomos, que son regiones inmunológicamente activas de un inmunógeno y son reconocidos por el correspondiente receptor presente en las células B o T (Abbas y Lichtman, 2004). La Identificación de epítomos es un paso para

la producción de anticuerpos, pudiendo resultar como candidatos potenciales para el desarrollo de un posible método inmunológico de detección temprana y de bajo costo del HLB.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción de ADN de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. La extracción se realizó mediante el método del CTAB optimizado por Rodríguez et al., 2010. Se utilizaron 10 nervaduras por muestra de hojas de limón Mexicano infectadas con HLB (Figura 1). El material biológico fue donado por el Campo Experimental Tecomán-INIFAP ubicado en Tecomán, Colima (18° 57' 58.0" latitud norte y 103° 50' 34.7" longitud oeste), procedente de árboles resguardados bajo invernadero con malla antiáfidos. Se seleccionaron concentraciones entre 150 a 200 ng/ μ l, la relación DO260/DO280 se utilizó para determinar la pureza de la preparación, valores inferiores a 1.8 fueron considerados como indicadores de contaminación. Se seleccionaron las extracciones de ADN genómico con mejor calidad y pureza para realizar la PCR.



Figura 1. Hojas de limón Mexicano infectadas con HLB

Amplificación mediante PCR punto final del gen 16S ADN ribosomal de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Se emplearon iniciadores OI1 y OI2c diseñados sobre la secuencia del gen ribosomal 16S de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, que amplifican un fragmento de un tamaño aproximado de 1160 pares de bases (pb) (Jagoueix et al., 1994).

Amplificación del gen con capacidad antigénica mediante PCR punto final. Se empleó el par de iniciadores F-BY8674 y R-BY8674, que amplifican un fragmento aproximado de 1121 pb. Las condiciones de reacción fueron Buffer 1X, $MgCl_2$ 2mM, dNTP's 200 μ M, iniciadores 2pM Enzima 1U y DNAg 150 ng/ μ l, en un volumen de reacción de 25 μ l. Las condiciones de ciclado fueron primer ciclo 94°C 3 min, seguido de 35 ciclos de 94°C 30seg, 55°C 33 seg, 72°C 60 seg y una extensión final de 72 °C por 10 min (Rodríguez, 2015). Los productos de PCR se visualizaron en un gel de agarosa Low Melt al 1% teñido con SYBER Green (Invitrogen), a 95 Volts por 90 min, en un fotodocumentador BioRad, se empleó marcador de peso molecular HyperLadder™ 1 Kb (BIOLINE) y TrackIt™ 50 bp DNA Ladder 1 Kb (INVITROGEN).

Purificación de productos de PCR. Se realizó mediante el estuche comercial Wizard® SV Gel and PCR Clean-Up System, bajo las condiciones del fabricante Promega.

Clonación y Secuenciación. Los productos de PCR purificados se clonaron en el plásmido pCR-XL-TOPO de 3.5 utilizando el estuche comercial TOPO® XL PCR Cloning siguiendo las condiciones del fabricante Invitrogen. La selección de colonias transformadas se realizó cultivando las células durante 24 h durante 37°C en cajas Petri con LBK (LB más kanamicina 50 μ g/ml). La extracción de ADN plasmidico se realizó mediante el estuche comercial Wizard Minipreps Plus DNA Purification System siguiendo las condiciones del fabricante Promega. La presencia del inserto se comprobó mediante digestión enzimática con *EcoR*I. Se realizó la purificación y secuenciación ABI del ADN plasmidico que presento el inserto utilizando el estuche comercial BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing, de Applied Biosystems® bajo las condiciones del fabricante.

Análisis de la secuencia obtenida. Se realizó en línea mediante la base de datos del NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) en el apartado de BLAST.

Traducción de las secuencias a aminoácidos. Se realizó mediante la base de datos Expasy (<http://web.expasy.org/translate>).

Predicción de epítomos. La predicción de epítomos se realizó mediante la base de datos IEDB Analysis Resource (http://tools.immuneepitope.org/tols/bcell/iedb_input), utilizando el método Escala de antigenicidad de epítomos de Kolaskar y Tongaonkar.

Análisis de los epítomos obtenidos. Cada uno de los epítomos obtenidos se resolvieron mediante la base de datos Immune Epitope and Analysis Resource (<http://www.iedb.org/>), para definir cuáles han sido validados experimentalmente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la PCR se obtuvieron amplificaciones aproximadas de 1160 pb correspondientes al gen 16S de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Figura 2).

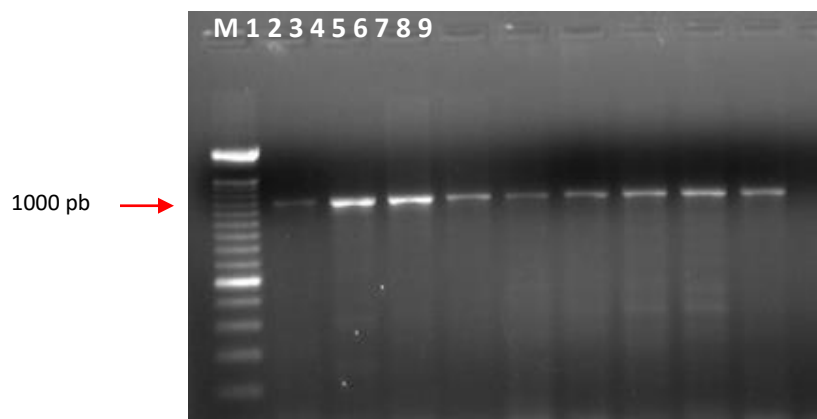
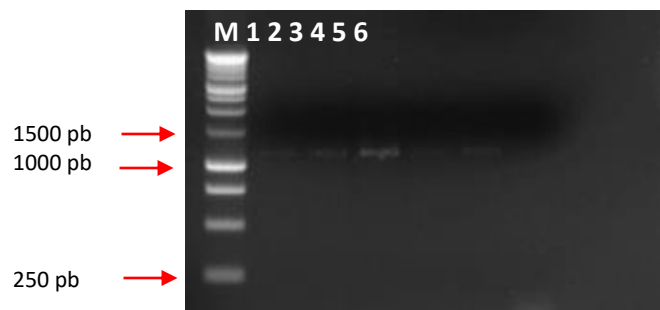


Figura 2. Amplificación del gen 16S ADNr de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Los productos se analizaron en un gel de agarosa al 1.5% en TBE 0.5%, teñido con SYBR Green (Invitrogen). Carril M: Marcador molecular de 1000 pb (1000 pb (HyperLadder™ 1Kb, Bionline). Carriles 1-9: Amplificación del gen 16S ADNr de *Candidatus Liberibacter asiaticus* aproximadamente de 1160 pb.

Se seleccionaron cinco muestras que amplificaron para el gen 16S y se procedió a realizar la PCR para la amplificación del gen *Omp* que codifica para la proteína BY8674 presente en la membrana externa de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, obteniendo productos de 1121 pb (Figura 3).

Figura 3. Amplificación de un fragmento del gen *Omp* que codifica para la proteína B8Y674 de *Candidatus Liberibacter asiaticus* utilizando el par de iniciadores F-B8Y674 y R-B8Y674. Los productos se analizaron en un gel de agarosa Low Melting al 1.5% en TBE 0.5%, teñido con SYBR Green (Invitrogen). Carril M: Marcador molecular de 1000 pb (TrackIt™ 50 bp DNA Ladder 1 Kb, INVITROGEN). Carrile: 1 control positivo, Carriles: 2-5 Producto del gen *Omp* correspondiente a 1121 pb, Carril 6: Control negativo.



Los PCR's obtenidos fueron purificados logrando eliminar posibles interferencias con bandas inespecíficas y nucleótidos no incorporados. Obteniendo fragmentos de mayor calidad, para una mejor clonación (Figura 4).

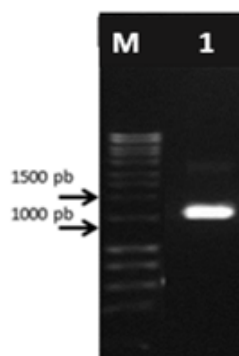


Figura 4. Purificación de productos de PCR. Gel de agarosa al 1% en TBE 0.5%, teñido con SYBR Green (Invitrogen). Carril M: Marcador molecular de 1000 pb (HyperLadder™ 1Kb, Bioline), Carril 1: Producto de 1121 pb.

Se obtuvieron mediante la clonación de 12 a 20 colonias transformadas por caja Petri, algunas fueron seleccionadas para ser analizadas y corroborar el inserto mediante la enzima de restricción *EcoRI* que flaquea la región del inserto, logrando la separación de dos fragmentos en la digestión enzimática, la cual resulto con tamaños aproximados de 3500 y 1121 pb, indicando la existencia de células transformadas (Figura 5).

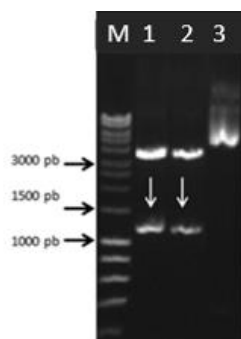


Figura 5. Liberación de los insertos del plásmido por digestión enzimática con *EcoRI*. Electroforesis 1% agarosa en TBE 0.5X, teñido con SYBR Green (Invitrogen). Carril M: Marcador molecular de 1000 pb (HyperLadder™ 1Kb, Bioline), Carril 1-2: Inserto de 1121 pb correspondiente a clona 1, Carril 3: ADN plasmidico sin digerir fragmento aproximado de 4621 pb. Las flechas señalan los insertos.

La secuencia de nucleótidos de las clonas obtenida presentaron un 98% de identidad con las previamente reportadas para *Candidatus Liberibacter asiaticus*, es importante señalar que las secuencias reportadas en el GenBank han sido obtenidas de cítricos dulces infectados con *Candidatus Liberibacter asiaticus*, a diferencia de nuestra secuencia, que fue obtenida a partir de material vegetal de limón Mexicano infectado con esta bacteria.

Posteriormente se realizó un BLAST con la secuencia de nucleótidos de la proteína obtenida con la de referencia del GenBank, con el fin de eliminar nucleótidos referentes al plásmido en nuestra secuencia, lo que además, permitió encontrar pequeñas variaciones de nucleótidos, cinco en total, entre estas dos secuencias (datos no mostrados). Kenta Tomimura en el 2009 menciona que el gen que codifica para la proteína de membrana externa posee 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, J. Chen et al. (2010)

señalaron que en el locus OMP la variación se limita a unos pocos SNPs, validando nuestros resultados.

Con la secuencia de aminoácidos resuelta en Expasy se procedió a la predicción de los epítomos. Existen diversos métodos computacionales que permiten identificar la presencia de epítomos en una proteína y constituyen una herramienta muy útil que permite reducir el trabajo experimental (Tomar, 2010).

El método utilizado para este análisis fue la Escala de antigenicidad de epítomos de Kolaskar y Tongaonkar el cual utiliza las propiedades fisicoquímicas de los residuos de aminoácidos y sus frecuencias de ocurrencia en epítomos segmentarias, de esta manera se determina el grado de antigenicidad. Los resultados permitieron obtener 8 epítomos B o T, con una especificidad del 91% (Cuadro 1).

La base de datos Immune Epitope and Analysis Resource, determino que los epítomos FSEVNISQLPANDVSDYVILRVSVKQLSAGSVGIA, RHAVQNYTLNVEDPYFLGSPISAFD, IPSIYTTLIEHG, FSSHISQSIIYNY, NYEVDKGMGVEGHID, SLDINDESA y ISEKEKIP han sido evaluados experimentalmente con identidades de 90%, 80%, 80%, 80%, 80%, 70% y 70% respectivamente, además, revelo que el tipo de célula implicada en la mayoría de los casos fue la célula B (Cuadro 2).

Cuadro 1. Predicción de Epítomos mediante el Método: Escala de antigenicidad de Kolaskar y Tongaonkar. Especificidad del 91%.

Nº	Inicio	Fin	Epítomo	Id
1	11	17	DSVIRRE	7
2	44	78	FSEVNISQLPANDVSDYVIL RVSVKQLSAGSVGIA	35
3	104	110	RARLAAG	7
4	113	138	RHAVQNYTLNVEDPYFLGS PISAGFD	26
5	155	166	SAAVRMIVPITE	12
6	173	184	KYDLRFLQYGA	12
7	190	201	IPSIYTTLIEHG	12
8	203	216	FSSHISQSIIYNY	14

Cuadro 2. Predicción de Epítomos evaluados experimentalmente.

Secuencia	% Id	Tipo de Célula implicada
FSEVNISQLPANDVSDYVILRVSVKQLS AGSVGIA	90	B
RHAVQNYTLNVEDPYFLGSPISAGFD	80	T
IPSIYTTLIEHG	80	B
FSSHISQSIIYNY	80	B

Los experimentos realizados se basan principalmente en estudios de antigenicidad para el desarrollo de vacunas y se ha visto la respuesta protectora en modelos animales. Los métodos que se han utilizado en estos experimentos son la prueba de ELISA, ELISPOT Y WESTERNBLOT. Estos datos resaltan el posible potencial de la proteína BY8674 para el desarrollo de un método inmunológico de detección temprana para la enfermedad HLB de los cítricos.

CONCLUSIONES

El estudio de predicción de epítomos en este trabajo de la proteína con capacidad antigénica permitió seleccionar siete epítomos como candidatos para el desarrollo de un método inmunológico de detección temprana del HLB. El empleo de herramientas bioinformáticas en combinación con ensayos *in vitro* es una excelente estrategia para la identificación de péptidos inmunogénicos.

LITERATURA CITADA

- Abbas AK, Lichtman AH. 2004. Inmunología celular y molecular. 5 th Ed. Madrid, España: Elsevier Science, Grafos SA.
- Bastianel, C. Garnier-Semancik, M. Renaudin, J. Bové, J.M. 2005. Diversity of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, Based on the *Omp* Gene Sequence. Appl. Environ. Microbiol. 71(11): 6473-6478.
- Chen, J., Deng, X., Sun, X., Jones, D., Irey, M., and Civerolo, E. 2010. Guangdong and Florida populations of *Candidatus* Liberibacter asiaticus distinguished by a genomic locus with short tandem repeats. Phytopathology. 100: 567-572.
- Flores-Sánchez Jorge Luis, Mora-Aguilera Gustavo, Loeza-Kuk Emiliano, Domínguez-Monge Santiago, Acevedo-Sánchez Gerardo, Sandoval-Luna Ruth, López-Arrollo José Isabel, Hernández-Chan Edwin, Munguía-Rosales Ricardo, Velázquez-Toledo Jorge y Escalante-Márquez Fernando. 2011. Influencia *Candidatus* Liberibacter asiaticus en variedades de morfológicas y organolépticas en frutos de limón Persa. 2° Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Pp.88-100
- Halbert, S. E. y Manjunath K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist. 87(3): 330-353.
- Kenta Tomimura, Shin-ichi Miyata, Noriko Furuya, Kenji Kubota, Mitsuru Okuda, Siti Subandiyah, Ting-Hsuan Hung, Hong-Ji Su, and Toru Iwanami. 2009. Evaluation of Genetic Diversity Among *Candidatus* Liberibacter asiaticus Isolates Collected in Southeast Asia. Phytopathology. 9(9): 1062-1069.
- Li, W.B., J.S. Hartung y 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 Hong, Doddapaneni H., Bai X., Yao J., Zhao X., Civerolo E. 2008. Acquisition of uncharacterized sequences from *Candidatus* Liberibacter, an unculturable bacterium, using an improved genomic walking method. Molecular and Cellular Probes. 22: 30-37.
- Mora, A.G. 2012. Huanglongbing. Ficha técnica. Colegio de postgraduados. SENASICA. SAGARPA.
- 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. En: Memoria del 1er. Simposio Nacional sobre investigación para el manejo de Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. 8 y 9 de diciembre. Monterrey, Nuevo León. Pp.141- 149.
- Rodríguez Quibrera Cynthia Guadalupe. 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.
- Rodríguez Quibrera C.G., Alanís Martínez E.I, Velázquez Monrreal J., Almeyda León I.H., 2010. Optimización de la Técnica de Extracción del DNA de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. En 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. Diciembre 2010.
- Sambrook J, Fritsch EF and Maniatis T. 1989. Molecular cloning: a laboratory manual, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- Tomar N, De RK. Immunoinformatics: an integrated scenario. Immunology 2010; 131(2):153-68.

Sección Quinta:
Tecnología de
Alimentos

NANOEMULSIONES DE CURCUMINA ESTABILIZADAS CON FOSFATIDILCOLINA MODIFICADA

CURCUMIN NANOEMULSIONS STABILIZED BY PHOSPHATIDYLCHOLINE MODIFIED

¹Ochoa Flores AA, ²Hernández Becerra JA, ³Cavazos Garduño A, ³García-Galindo HS.

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. UJAT, 25 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México. ²División de Procesos Industriales, UTTAB. 15 km carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco, México. ³UNIDA, Instituto Tecnológico de Veracruz, M.A. de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, Veracruz, Veracruz, México.
Autor para correspondencia: angelica.ochoa@ujat.mx

RESUMEN

La curcumina es un compuesto bioactivo asociado con múltiples efectos benéficos en la salud. Sin embargo, su biodisponibilidad por vía oral es baja debido a su inestabilidad y mala absorción, por lo que gran parte de la investigación relacionada con este compuesto se centra en el diseño de sistemas que faciliten su estabilidad y accesibilidad desde las diferentes formulaciones. Las nanoemulsiones incrementan la biodisponibilidad de muchos compuestos bioactivos y presentan ventajas sobre otros sistemas, como su alta estabilidad, claridad óptica y digestibilidad. Fosfatidilcolina modificada con ácidos grasos de cadena media fue utilizada como emulsificante en la formulación de nanoemulsiones de curcumina. Las nanoemulsiones preparadas con fosfatidilcolina modificada alcanzaron un menor tamaño de partícula que las nanoemulsiones preparadas con fosfatidilcolina nativa, no modificada. Además, presentaron una eficiencia en el atrapamiento del principio bioactivo del 100 % y fueron estables por 120 días a 4 °C.

Palabras clave: *curcumina, fosfatidilcolina, fosfatidilcolina modificada, nanoemulsiones.*

INTRODUCCIÓN

Las plantas contienen innumerables constituyentes y son fuentes valiosas de compuestos biológicamente activos que poseen propiedades benéficas para la salud. Uno de estos compuestos bioactivos es la curcumina, compuesto polifenólico natural y liposoluble, que se obtiene de los rizomas de la especie *Curcuma longa*, planta herbácea tropical de la familia de las zingiberáceas; se utiliza por su coloración amarilla en la gastronomía asiática y en la occidental es uno de los principales ingredientes del polvo de curry; actualmente, ha cobrado interés por su potencial para la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas, así como de algunas enfermedades malignas, incluido el cáncer (He *et al.* 2015).

Sin embargo, la biodisponibilidad de muchos compuestos bioactivos que se encuentran en los productos naturales, incluida la curcumina, es relativamente baja debido a su baja bioaccesibilidad, su inestabilidad química, o mala absorción (Moelants *et al.*, 2012), por lo que gran parte de la investigación relacionada con estos compuestos se ha centrado en el diseño de sistemas que faciliten su accesibilidad desde las diferentes formulaciones alimenticias, nutraceuticas o farmacéuticas (Safari and Zarnegar, 2014). El desarrollo de nanoemulsiones (NE) para aumentar la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos, se ha incrementado considerablemente en los últimos años, al presentar ventajas sobre otros sistemas, como su capacidad para incorporar ingredientes hidrofílicos, anfifílicos y/o lipofílicos, su alta estabilidad física, alta claridad óptica, no toxicidad, rápida digestibilidad y bioaccesibilidad (Ochoa *et al.* 2016; Cavazos-Garduño *et al.* 2014; McClements 2011).

Las NE están constituidas por una fase continua, una fase dispersa y un agente emulsificante; teniendo este último una gran influencia en su tamaño de glóbulo, así como en otras de sus propiedades (Van Nieuwenhuyzen y Szuhaj 1998). La fosfatidilcolina (PC), un emulsificante natural que se utiliza en la industria alimentaria, farmacéutica y biotecnológica, puede ser modificada por métodos químicos o enzimáticos; de acuerdo con Vikbjerg *et al.* (2006), su modificación por la incorporación de ácidos grasos saturados de cadena media (AGCM) de 6 a 10 carbonos, mejora sus propiedades emulsificantes; además, de acuerdo con Qian y McClements (2011) emulsificantes con menor tamaño de molécula, producen glóbulos de menor tamaño en las NE. Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue preparar, caracterizar y evaluar la estabilidad de nanoemulsiones

con curcumina, utilizando fosfatidilcolina modificada con ácidos grasos de cadena media como emulsificante.

METODOLOGÍA

La enzima Fosfolipasa A₁ (PLA₁) de Lecitase® Ultra, fue donada por NOVO (Salem, VA) y la Duolita A568 por Rohm & Haas (Philadelphia, PA). La curcumina fue adquirida de LKT Laboratories (St. Paul, MN) y la lecitina de soya (95 % de PC) de Avanti Polar Lipids (Alabaster, AL). El aceite de cadena media (Original Thin Oil®) se obtuvo de Sound Nutrition (Dover, ID). Se utilizó glicerol (99.5 %), solventes grado HPLC de Tecsiquim (Ciudad de México) y agua destilada desionizada en todos los experimentos.

Preparación de la fosfatidilcolina modificada (PCmod) con AGCM. Se obtuvo la mezcla de AGCM por saponificación del aceite de cadena media, de acuerdo con la metodología descrita por Kim y Hill (2006) y la inmovilización de la enzima PLA₁ en Duolita se realizó de acuerdo con la metodología de García *et al.* (2008). La PCmod con AGCM se obtuvo por una reacción enzimática de acidólisis, con la PLA₁ inmovilizada, de acuerdo con la metodología propuesta por Ochoa *et al.* (2013). La PCmod se recuperó de la mezcla de reacción por cromatografía en columna, de acuerdo con el método descrito por Vikbjerg *et al.* (2006).

Preparación de las NE. Las NE de curcumina se prepararon por ultrasonificación. Se formularon dispersando el principio bioactivo en el aceite de cadena media como fase dispersa, con glicerol como co-disolvente en la fase continua y como emulsificante PC o PCmod. Se utilizó el método de preparación de hidratación en capa delgada-emulsificación reportado por Anuchapreeda *et al.* (2012), con ligeras modificaciones. Brevemente, la PC, o PCmod, (10% en la NE) se disolvió en 5 mL de etanol, se añadió el aceite de cadena media (5% de la NE) y la curcumina (2.5 mg/g de NE), la mezcla se sonicó durante 15 min en un baño ultrasónico Aquawave 9376 (Barnstead International, Dubuque, IA); después se eliminó el disolvente en rotavapor, hasta generar la película delgada que se hidrató con la mezcla de agua desionizada destilada y glicerol (85% de la NE), la mezcla se calentó a 45 °C y se agitó durante 15 min, se homogeneizó durante 3 min a 20,000 rpm usando un homogeneizador digital T25 ULTRA-TURRAX (IKA Works, Inc., Wilmington, NC) para producir una emulsión gruesa, que posteriormente se sometió a ultrasonificación a 20 % de amplitud y 50 % del ciclo de trabajo en un Sonicador Branson Digital S-450D (Emerson Electric Co., St. Louis, MO) durante 12 minutos para obtener la nanoemulsión. Las NE fueron preparadas por triplicado.

Caracterización de las NE. Se determinó el tamaño de glóbulo (DS) y la distribución de tamaño de gota, como índice de polidispersidad (PDI), en las NE preparadas, así como la carga superficial de gota, como potencial zeta (ζ), en un dispositivo comercial de dispersión de luz dinámica Zetasizer Nano-ZS90 (Malvern Instruments Inc.) a un ángulo fijo de 90° y una temperatura de 25 °C. La concentración de curcumina (CC) en las NE se determinó por HPLC de acuerdo con el método descrito por Shaikh *et al.* (2009) y, la eficiencia de atrapamiento (EE) de curcumina en las NE se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%EE = \frac{\text{MAC}}{\text{TAC}} \times 100$$

donde:

% EE es la eficiencia de atrapamiento de curcumina en la NE,

MAC es la cantidad de curcumina en la NE y

TAC es la cantidad total de curcumina utilizada en la preparación de la NE.

Estabilidad de las NE. Las NE fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C durante 120 días. Durante este periodo, cada 30 días se les determinó DS, PDI, ζ, CC y EE.

Diseño experimental y análisis estadístico. El diseño experimental que se utilizó fue un diseño monofactorial, primero a cinco niveles, con tres repeticiones, considerando como único factor la concentración de glicerol en la fase acuosa de las NE (0, 12.5, 25.0, 37.5 y 50.0 %); segundo a dos niveles, con tres repeticiones, considerando como único factor el tipo de emulsificante utilizado (PC o PCmod) en la preparación de las NE, en ambos, para observar su efecto sobre el DS, PDI, ζ, la CC y

la EE de curcumina en las NE. El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey, utilizando el paquete estadístico STATISTICA V. 6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK); un valor de $p < 0.05$ fue considerado significativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preparación de la PCmod con AGCM. Se obtuvo la mezcla de AGCM cuya composición fue de 67.14, 30.57, 1.65 y 0.64 % de ácidos caprílico, cáprico, caproico y láurico, respectivamente; se llevó a cabo la inmovilización de la enzima fosfolipasa A₁, obteniéndose una adsorción del 61 % de la enzima sobre duolita y, para la síntesis de la PCmod con AGCM se utilizó como sustrato PC de soya, cuya composición fue de ácido palmítico 13.29 %, esteárico 3.58 %, oleico 10.72 %, cis-7-octadecenoico 1.64 %, linoleico 64.42 % y linolénico 6.35 %. La síntesis de la PCmod, enriquecida con la mezcla de AGCM a través de la reacción enzimática de acidólisis, utilizando la enzima inmovilizada, alcanzó una incorporación en AGCM del 42.52 %. La PCmod recuperada por cromatografía en columna rindió un 59.13 %, su perfil de ácidos grasos puede verse en la **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Composición en ácidos grasos (% molar) de la mezcla de AGCM, de PC y PCmod con AGCM, obtenida por la reacción enzimática de acidólisis con la enzima inmovilizada PLA₁.

Ácido graso	Mezcla de AGCM	PC	PCmod*
C6:0	1.65		
C8:0	67.14		31.39
C10:0	30.57		11.13
C12:0	0.64		
C16:0		13.29	2.46
C18:0		3.58	0.52
C18:1(9)		10.72	6.97
C18:1(7)		1.64	0.40
C18:2(6)		64.42	43.24
C18:3(3)		6.35	3.89
Total de AGCM	100	0	42.52

* Condiciones de reacción: mezcla de los sustratos PC y AGCM, a una relación molar 1:15; 12 % de enzima PLA₁ inmovilizada en Duolita; incubada por 24 h en un sistema cerrado, por lote, a 45 °C y con agitación orbital a 300 rpm. Los valores reportados son la media de tres repeticiones experimentales.

Preparación y caracterización de las NE. Con la finalidad de alcanzar un tamaño de glóbulo inferior a 108 nm, previamente reportado por nuestro grupo de trabajo para NE preparadas con PC no modificada como emulsificante y 42.5 % de glicerol (Ochoa *et al.* 2016), se prepararon NE variando la concentración del glicerol (0, 10.625, 21.25, 31.875 y 42.5 %) en la nanoemulsión. Los resultados para estas formulaciones muestran que las NE preparadas con 21.25 % de glicerol, alcanzaron el menor tamaño de glóbulo (84 %), que resultó significativamente inferior al alcanzado por las NE preparadas con un 42.5 % de glicerol (Figura 1), mientras que su PDI, ζ , CC y EE de curcumina, no presentaron cambios significativos.

Fosfolípidos con nuevas propiedades físicas y químicas se pueden obtener mediante el intercambio de sus ácidos grasos; la mayor parte de estos trabajos se enfocan en la incorporación de ácidos grasos poliinsaturados, debido a sus efectos benéficos en la salud, o en la incorporación de ácidos grasos saturados (de cadena media o larga), para mejorar su estabilidad al calor o a la oxidación, o para mejorar sus propiedades emulsionantes (Hossen y Hernández, 2005); por lo que NE con 21.25 % de glicerol fueron preparadas utilizando la PCmod como emulsificante, esta formulación alcanzó un significativo menor tamaño de glóbulo (30 nm) que las NE preparadas con PC nativa, no modificada, mientras que su EE de curcumina no resultó significativamente diferente (Cuadro 2). Estos resultados son consistentes con los reportados por Qian y McClements (2011), quienes indican que el tamaño de

glóbulo que puede alcanzarse en una nanoemulsión depende en gran medida del emulsificante, siendo que emulsificantes con pequeños tamaños de molécula, producen glóbulos de pequeño tamaño.

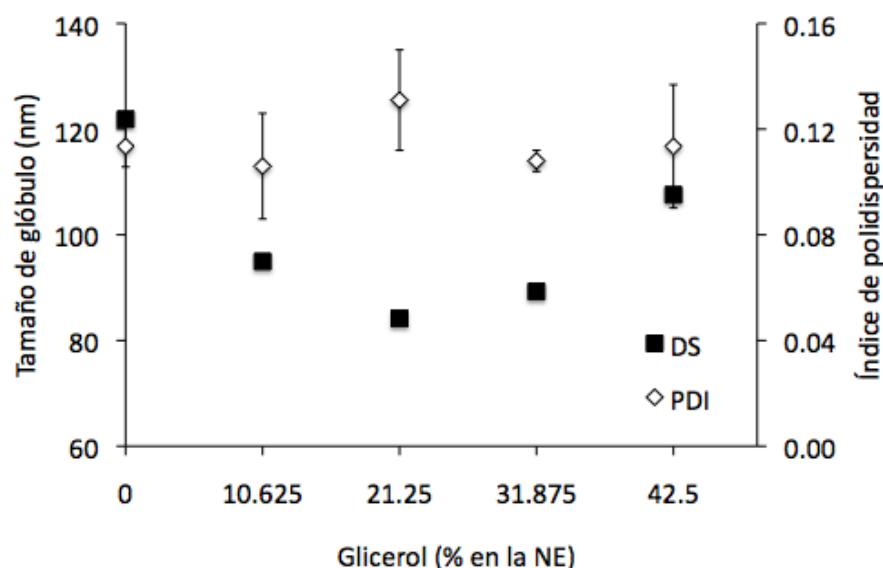


Figura 1. Efecto de la concentración de glicerol en el tamaño de glóbulo (DS) e índice de polidispersidad (PDI) de las nanoemulsiones de curcumina preparadas con PC.

Cuadro 2. Características de las NE preparadas con PC y PCmod enriquecida con AGCM

NE	DS (nm)	PDI	ζ (mV)	EE (%)	CC (mg)
PC	84 ± 1 ^a	0.13 ± 0.02 ^a	-8.3 ± 0.5 ^a	100 ± 0.5 ^a	2.5 ± 0.01 ^a
PCmod	30 ± 1 ^b	0.18 ± 0.02 ^b	-16 ± 0.7 ^b	100 ± 0.3 ^a	2.5 ± 0.01 ^a

DS = tamaño de glóbulo; PDI = índice de polidispersidad; ζ = potencial zeta; EE = eficiencia de atrapamiento; CC = concentración de curcumina; Las NE fueron preparadas con aceite de cadena media (5 %), PC o PCmod (10 %), glicerol (21.25 %) y curcumina (2.5 mg/g de nanoemulsión); Los valores reportados son la media $\pm$ SD de tres repeticiones experimentales. Los valores con letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Estabilidad de las NE. La estabilidad durante el almacenamiento a 4 °C de las NE preparadas con PC o con PCmod como emulsificantes, se evaluó durante 120 días. Después de treinta días, el tamaño de glóbulo de las NE preparadas con PCmod se incrementó un 23 % con respecto a su tamaño inicial; mientras que el tamaño de glóbulo de las NE preparadas con PC no modificada aumentó en un 30 %, alcanzando a los 120 días un tamaño de glóbulo de 144 nm, ver Figura 2(a). Por otra parte, la EE de curcumina en las NE preparadas con PCmod disminuyó después de 120 días del 100 al 97 %, lo que representa una reducción de sólo el 3 %; mientras que en las NE preparadas con PC no modificada, la disminución en la EE de curcumina fue superior (7 %), ver Figura 2(b).

CONCLUSIONES

Nanoemulsiones preparadas con fosfatidilcolina modificada, enriquecida con ácidos grasos de cadena media fueron exitosamente preparadas, alcanzándose un menor tamaño de glóbulo que para nanoemulsiones preparadas con fosfatidilcolina nativa, no modificada. Además, presentaron una eficiencia en el atrapamiento de curcumina del 100 % y fueron más estables durante su almacenamiento por 120 días a 4 °C.

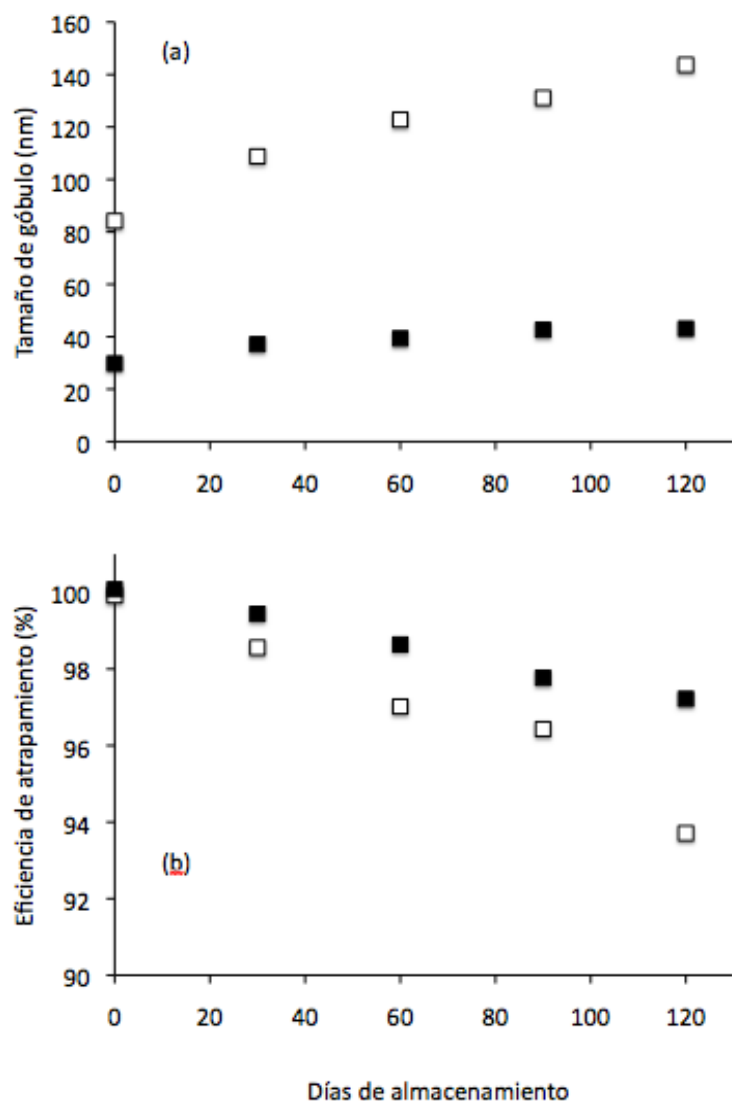


Figura 2. Tamaño de glóbulo (a) y eficiencia de atrapamiento (b) de las nanoemulsiones de curcumina, durante su almacenamiento. Los cuadros claros corresponden a la formulación estabilizada con PC y los cuadros oscuros a la formulación estabilizada con PCmod con AGCM.

LITERATURA CITADA

- Anuchapreeda S, Fukumori Y, Okonogi S, Ichikawa H (2012) Preparation of lipid nanoemulsions incorporating curcumin for cancer therapy. *J Nanotech* 2012, 1-11.
- Cavazos-Garduño A, Ochoa-Flores AA, Serrano-Niño JC, Beristain CI, García HS (2014) Operating and compositional variables for preparation of betulinic acid nanoemulsions. *Rev Mex Ing Quim* 13, 689-703.
- García HS, Kim IH, López-Hernández A, Hill CG (2008) Enrichment of lecithin with n-3 fatty acids by acidolysis using immobilized phospholipase A₁. *Grasas Aceites* 59, 368-374.
- He Y, Yue Y, Zheng X, Zhang K, Chen S, Du Z (2015) Curcumin, inflammation, and chronic diseases: How are they linked? *Molecules* 20, 9183-9213.
- Hossen M, Hernandez E (2005) Enzyme catalyzed synthesis of structured phospholipids with conjugated linolenic acid. *Eur J Lipid Sci Technol* 107, 730-736.
- Kim IH, Hill CG (2006) Lipase-catalyzed acidolysis of menhaden oil with pinolenic acid. *J Am Oil Chem Soc* 83, 109-115.
- McClements DJ (2011) Edible nanoemulsions: Fabrication, properties, and functional performance. *Soft Matter* 7, 2297-316.
- Moelants KRN, Lemmens L, Vandebroek M, Van Buggenhout S, Van Loey AM, Hendrick ME (2012) Relation between particle size and carotenoid bioaccessibility in carrot- and tomato-derived suspensions. *J Agr Food Chem* 60, 11995-12003.

- Ochoa AA, Hernández-Becerra JA, Cavazos-Garduño A, García HS, Vernon-Carter E (2016) Preparation and characterization of curcumin nanoemulsions obtained by thin-film hydration emulsification and ultrasonication methods. *Rev Mex Ing Quim* 15, 79-90.
- Ochoa AA, Hernández-Becerra JA, Cavazos-Garduño A, García HS, Vernon-Carter E (2013) Phosphatidylcholine enrichment with medium chain fatty acids by immobilized phospholipase A₁-catalyzed acidolysis. *Biotechnol Progr* 29, 230-236.
- Qian C, McClements DJ (2011) Formation of nanoemulsions stabilized by model food-grade emulsifiers using high-pressure homogenization: Factors affecting particle size. *Food Hydrocolloid* 25, 1000-1008.
- Safari J, Zarnegar Z (2014) Advanced drug delivery systems: nanotechnology of health design a review. *J Saudi Chem Soc* 18, 85-99.
- Van Nieuwenhuyzen, W, Szuhaj BF (1998) Effects of lecithin and proteins on the stability of emulsions. *Fett/Lipid* 100, 282- 291.
- Vikbjerg AF, Rusig JY, Jonsson G, Mu H, Xu X (2006a) Comparative evaluation of the emulsifying properties of phosphatidylcholine after enzymatic acyl modification. *J Agric Food Chem* 54, 3310-3316.
- Vikbjerg AF, Rusig JY, Jonsson G, Mu H, Xu X (2006b) Strategies for lipase- catalyzed production and the purification of structured phospholipids. *Eur J Lipid Sci Technol* 108, 802-811.

INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA DE TRES VARIEDADES DE QUESOS FRESCOS ELABORADOS EN QUESERÍAS DEL SURESTE DE TABASCO; MÉXICO

MICROBIOLOGICAL HARMLESSNESS OF THREE VARIETIES OF FRESH CHEESES PRODUCED IN DAIRIES IN SOUTHEASTERN TABASCO; MÉXICO

¹ Custodio- Hernández J; ² Flores-Santos R. A., ¹Zaldívar- Cruz J. M.

¹Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco. Periférico Carlos A. Molina Km 3.5. Carretera Cárdenas Huimanguillo. C.P 86500, H. Cárdenas Tabasco.

²Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera: Cárdenas-Huimanguillo Km. 2, Ranchería Paso y Playa, C.P.86500 Cárdenas, Tabasco.

Autor para correspondencia: custodio.javier@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la presencia o ausencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Listeria* spp. en 15 muestras de quesos, de 7 queserías del sureste del estado de Tabasco, para comprobar el grado de inocuidad microbiológica que guardan tres tipos de quesos frescos (Crema o Soper, Doble Crema y Oaxaca). Se emplearon los métodos microbiológicos sugeridos por la NOM-243-SSA-2010. Para la toma de la muestra se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados del crecimiento de los microorganismos en los medios XLD, VB, Sulfito Bismuto, mostraron que 100% de las colonias tuvieron características de *Salmonella* spp., mientras que en agar MacConkey, 80% de los aislados presentaron morfología colonial características de las cepas de *Escherichia coli*. En agar Soya Trypticaseína con extracto de levadura al 0.6% empleado para el aislamiento de cepas de *Listeria* se observó crecimiento del 100% en todas las muestras colectadas.

Palabras clave: Quesos Frescos, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria*.

INTRODUCCIÓN

Las variedades de quesos que son muy consumidas en México son los quesos frescos, representado por un 80%; además, de que gozan de ser muy populares en países de América Latina (Saxer *et al.*, 2013); Sin embargo, muchos de los quesos frescos elaborados en México, son elaborados de manera artesanal y con leche sin pasteurizar (Reséndiz *et al.*, 2012), tal es el caso del queso Oaxaca. Este se considera un queso imprescindible que no puede faltar en una gran variedad de recetas de comidas mexicanas, el cual se elabora a mano y con leche cruda de vaca (Villanueva-Carbajal *et al.*, 2012). Sin embargo, la variedad de quesos frescos presenta altos contenidos de humedad, lo que beneficia la proliferación de microorganismos patógenos. Ya que, el crecimiento de los microorganismos es influido por la disponibilidad del agua, pH y concentración de sal; tanto mayor es el contenido de agua, mayor la susceptibilidad a que los quesos sufran daños por microorganismos patógenos (Beresford *et al.*, 2001). Diversos son los agentes patógenos que se han vinculado con la contaminación de los alimentos lácteos, entre ellos se ha reportado *Listeria*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. En adición a esto, Omiccioli *et al.*, 2008, catalogó a las bacterias *Escherichia coli* O157, *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes* entre las bacterias patógenas más peligrosas de intoxicación por alimentos en términos de salud y enfermedad humana; De este modo, *L. monocytogenes* desde la década de los 80 ha sido vinculada con grandes brotes de listeriosis transmitidas por productos lácteos (Franco *et al.*, 2002). Un estudio hecho por Kabuki *et al.*, (2004), asoció el crecimiento de *Listeria* a los quesos frescos latinos elaborados tanto de leche pasteurizada como de leche cruda; Del mismo modo, Tomasula *et al.*, (2014), comenta que en Estados Unidos se emplea leche pasteurizada para la eliminación de bacterias patógenas; sin embargo, a pesar de su uso en la fabricación comercial de los quesos frescos, éstos no están exentos de que hayan sido retirados ocasionalmente; debido a la contaminación ambiental por *L. monocytogenes*. En cuanto a la *Salmonella*, ésta ha sido relacionada a la contaminación de los quesos elaborados con leche cruda; causando así, salmonelosis. Esta llega a los quesos por contaminación a partir de las manos del ordeñador, por heces de los animales, por contaminación del equipo de ordeño, por aguas contaminadas y por una inadecuada pasteurización (Albarracín *et al.*, 2006). Por otra parte; la *E. coli* produce Shiga-toxina causante de severas enfermedades en humanos, que pueden ser provocadas por intoxicación alimentaria y que han

aparecido en todo el mundo; esta bacteria en las heces de los bovinos son la mejor fuente de contaminación de los alimentos, especialmente la del serotipo O157:H7 la cual ha sido relacionada en más casos de brotes (Pradel *et al.*, 2008; Espie *et al.*, 2005). La leche cruda es considerada como un medio para la transmisión de este patógeno. La leche y diferentes productos lácteos, incluyendo los quesos están relacionados en los brotes de la *E. coli* O157:H7 (Rodríguez *et al.*, 2004).

En el estado de Tabasco la producción de leche fue de 99,599 litros en el año 2014 (SIAP, 2015) y cuenta con 134 queserías registradas (Castro *et al.*; 2007, INEGI 2014). Sin embargo, la manera de la elaboración deja mucho que desear, ya que la mayoría de las queserías trabajan sin aplicar las Buenas Prácticas de Manufactura para la elaboración de los productos lácteos y con el empleo de leche cruda para la fabricación de los quesos (Castro *et al.*, 2007). Por otra parte; dentro de los quesos frescos que son muy aceptados en esta región están los quesos Crema o Soperó, queso Doble Crema y queso Oaxaca; tanto el queso Crema o Soperó y Doble Crema son caracterizados por pertenecer al grupo de los quesos de pasta blanda, fresca y prensada; en tanto que el queso Oaxaca se le clasifica también como fresco de pasta blanda e hilada (Cervantes-Escoto *et al.*, 2008).

Por lo que; el objetivo de este estudio fue aislar y conservar las cepas de bacterias patógenas de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*; con el empleo de los métodos microbiológicos sugeridos por la NOM-243-SSA-2010 y así poder establecer la calidad de la inocuidad microbiológica en los productos de origen lácteos en queserías y expendios pertenecientes al sureste del estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Se colectaron 15 muestras de tres tipos de quesos: queso soperó o crema, queso Oaxaca, queso doble crema; en siete queserías pertenecientes a los municipios de Huimanguillo y Cárdenas, Tabasco.

Identificación de las muestras. Las muestras se compraron en las presentaciones que se expendían, etiquetándose y rotulando con los datos de la hora de recolección, fecha y nombre del expendio o quesería y empacándose en bolsas estériles (Ziploc[®]) y almacenándose a 5-8°C en nevera con hielo para inmediatamente ser llevada al laboratorio de Ingeniería de los alimentos del Colpos Campus Tabasco y ser procesadas en los análisis microbiológicos el mismo día de su recolección.

Diseño Estadístico

La elección de las queserías a muestrear se realizó por un tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia. El muestreo se realizó durante la estación de otoño del año 2014 en los meses de octubre a diciembre.

Métodos microbiológicos de aislamiento. Para la determinación y aislamiento de las bacterias *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* en las muestras de quesos frescos propuestos para esta investigación, se aplicaron los medios de cultivo y las condiciones de aislamiento recomendados por la NOM-243-SSA-2010. Para el aislamiento de las especies de bacterias estudiadas se realizó un procedimiento de homogenización por 60 segundos en condiciones estériles empleando una licuadora (Osterizer[®]) realizándolo a baja velocidad y seguidamente sometiéndolo a un proceso de enriquecimiento e incubándose en el tiempo y la temperatura indicada para cada microorganismo. Posteriormente se procedió con la siembra microbiológica mediante estrías en las placas conteniendo el agar sólido selectivo para cada microorganismo a estudiar.

Medios de Cultivo. Los diversos medios de cultivos que se emplearon fueron los siguientes: agua peptonada tamponada (BD Difco[™]), caldo Lauril sulfato de sodio (BD Bioxon[®]), caldo verde brillante bilis al 2% (BD Bioxon[®]), Mac conkey (BD Bioxon[®]), caldo cistina selenita (BD Difco[™]), caldo tetraciónato (BD Bioxon[®]), agar sulfito bismuto (BD Bioxon[®]), agar verde brillante (VB) (BD Bioxon[®]), agar xilosa lisina dexosicolato (XLD) (BD Bioxon[®]), caldo de soya tripticaseína (BD Bioxon[®]) con 0,6 % de extracto de levadura (BD Bioxon[®]).

Análisis microbiológicos para el aislamiento de los microorganismos.

Escherichia coli. Para la determinación y aislamiento de *E. coli* en los quesos, se empleó el método de diluciones en tubos múltiples; el cual está basado en la propiedad de los microorganismos

coliformes de producir gas fermentando lactosa; por lo que se realizó la prueba presuntiva para coliformes. Se preparó una dilución de la muestra con agua peptonada tamponada (BD Difco™) como diluyente, empleando 10 g de muestra de la parte externa e interna del queso en 90 mL del diluyente en frasco de boca ancha, se homogenizó y se transfirió 1 mL a tubos Durham que contenían 9 mL de caldo Lauril sulfato de sodio (BD Bioxon®) como medio de enriquecimiento selectivo. Se realizaron diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-3} . Los tubos se incubaron entre 24-48 h a 35°C. De los tubos que fueron positivos a la formación de gas se tomaron dos asadas y se inoculó por triplicado en los tubos Durham que contenían caldo verde brillante bilis al 2% (BD Bioxon®) como medio de confirmación, e incubándose por 24-48 h a 35°C. Los tubos que dieron positivos a la formación de gas, fueron sembrados tomando 1 asada y estriando en placas que contenían el medio agar sólido Mac conkey (BD Bioxon®) en repeticiones dobles e incubándose a 35°C por 24-48 h.

Salmonella spp. Se empleó como caldo de preenriquecimiento 225 mL de agua de peptona tamponada al 2 % p/v (BD Difco™), y en un frasco de boca ancha se le agregó 25 g de distintas partes del queso, se homogenizó en licuadora en condiciones estériles y posteriormente se incorporó al frasco de boca ancha e incubó a 35°C por 24 h; seguidamente se inoculó 1 mL del caldo de preenriquecimiento en 6 tubos que contenían 10 mL de caldo cistina selenita (BD Difco™) y otros 6 tubos con 10 mL de caldo tetratiónato (BD Bioxon®) conteniendo éste 2 mL de una solución de yodo-yoduro 1% por cada 100 mL de caldo de tetratiónato (BD Bioxon®), para su incubación a 35°C por 24 h. Los tubos que dieron positivos se sembraron por estrías en placas conteniendo los siguientes medios de cultivo: agar sulfito bismuto (BD Bioxon®), agar verde brillante (VB) (BD Bioxon®), agar xilosa lisina dexosicolato (XLD) (BD Bioxon®) e incubándose a 35 °C por 24 h haciéndose la siembra en placas por repeticiones dobles de cada agar sólido empleado.

Listeria spp. Se realizó un procedimiento de enriquecimiento en el cual se emplearon 25 g de la parte interna y externa del queso depositándose en un frasco de boca ancha que contenía 225 mL de caldo de soya tripticaseína (BD Bioxon®) con 0,6 % de extracto de levadura (BD Bioxon®) también llamado medio (ASTEL) o medio de enriquecimiento (EB) se homogenizó e incubó a 30°C por 48 h; después del periodo de incubación se tomó una asada y sembró por estrías en placas conteniendo el medio sólido e incubó a 35 °C por 24 horas.

Almacenamiento de las cepas. Se almacenaron bajo refrigeración a 4°C en medios Mac conkey y medio Astel para *E. coli* y *Listeria*, respectivamente y en verde bilis brillante para *Salmonella* spp.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2 se reportan el crecimiento microbiológico que estuvo presente en los diversos medios de cultivos empleados. De las 15 muestras de quesos analizados, para el aislamiento de *E. coli*, el 80% presentaron crecimiento en los medios líquidos de caldo Lauril Sulfato de Sodio y caldo Verde Bilis Brillante (Cuadro 2), mostrando el desarrollo de colonias con coloración rosadas-rojizas y la formación del halo transparente; propias de las colonias de *E. coli*, como reporta Pérez *et al.*, (2003). En tanto que las muestras 8, 9 y 10; pertenecientes a los quesos tipo Crema o Soper, Doble Crema y Oaxaca respectivamente; que corresponden a una misma quesería; no presentaron formación de gas debido al nulo desarrollo de microorganismos fermentadores de lactosa, por lo que; fueron descartadas para ser sembradas en el medio sólido Mac conkey; esta incidencia encontrada de *E. coli* es similar a las reportada en queso Fresco artesanal mexicano por Díaz-Cinco *et al.*, (1998). Por otra parte, las

mediciones del crecimiento de *Salmonella* estuvo presente en los tres tipos de medios empleados en un (15/15) 100% de las muestras analizadas; Presentando características específicas en cada uno de los medios de crecimiento seleccionados; así por ejemplo: en el medio selectivo VB, presentaron coloración roja del medio las muestras: 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11,12, 13, 14 y 15 (Cuadro 1); característica propia de las bacterias de *Salmonella* spp, según lo reportan BD®; las demás bacterias coloreaban el medio de color amarillo. En tanto que las muestras 1, 7, 8, 9, 11, 12 y 13, inoculadas en medio SB, presentaron colonias negras con brillo metálico. En tanto que las muestras 2,4, 6, 10, 14, 15, crecieron colonias de color verde, gris y marrón; características morfológicas propias de las bacterias de *Salmonella*; tal como lo reporta (Soto *et al.*, 2014); Asimismo también, las muestras sembradas en el medio solido XLD que presentaron características morfológicas iguales a las bacterias de *Salmonella* fueron 8, 10, 11, 13, 15 (Cuadro 1). En el medio de cultivo para *Listeria* spp., las 15 muestras

analizadas presentaron crecimiento (Cuadro 2); sin embargo este medio no es selectivo ni deferencial; por lo que estas serán confirmadas por medio de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa).

Cuadro 2. Crecimiento en placa presentado en los tres tipos de quesos frescos; Empleando medios selectivos y diferenciales para *Salmonella* spp

Quesería de procedencia	Muestra	Tipo de queso	Lugar de colecta (expendio/quesería)	Medios para <i>Salmonella</i> spp.		
				VB ¹	XLD ²	SB ³
1	1	Doble Crema	Expendio	+	+	+
2	2	Doble Crema	Expendio	+	+	+
1	3	Sopero	Expendio	+	+	+
1	4	Oaxaca	Expendio	+	+	+
3	5	Doble Crema	Quesería	+	+	+
3	6	Sopero	Expendio	+	+	+
3	7	Oaxaca	Quesería	+	+	+
4	8	Doble Crema	Quesería	+	+	+
4	9	Sopero	Quesería	+	+	+
4	10	Oaxaca	Quesería	+	+	+
5	11	Doble Crema	Expendio	+	+	+
5	12	Oaxaca	Expendio	+	+	+
6	13	Oaxaca	Expendio	+	+	+
7	14	Doble Crema	Expendio	+	+	+
7	15	Oaxaca	Expendio	+	+	+

VB¹ agar verde bilis brillante.

XLD² agar xilosa lisina dextrosicolato.

SB³ agar sulfito bismuto.

+ Crecimiento positivo.

Cuadro 2. Crecimiento en placa presentado en los tres tipos de quesos frescos; empleando medios selectivos y diferenciales para *E. coli* spp. y *Listeria* spp.

Quesería de procedencia	Muestra	Tipo de queso	Lugar de colecta (expendio/quesería)	Medio para <i>E. coli</i> spp.	Medio para <i>Listeria</i> spp.
				Mac conkey	ASTEL ⁴
1	1	Doble Crema	Expendio	+	+
2	2	Doble Crema	Expendio	+	+
1	3	Sopero	Expendio	+	+
1	4	Oaxaca	Expendio	+	+
3	5	Doble Crema	Quesería	+	+
3	6	Sopero	Expendio	+	+
3	7	Oaxaca	Quesería	+	+
4	8	Doble Crema	Quesería	No sembrada	+
4	9	Sopero	Quesería	No sembrada	+
4	10	Oaxaca	Quesería	No sembrada	+
5	11	Doble Crema	Expendio	+	+
5	12	Oaxaca	Expendio	+	+
6	13	Oaxaca	Expendio	+	+
7	14	Doble Crema	Expendio	+	+
7	15	Oaxaca	Expendio	+	+

+ Crecimiento positivo

ASTEL⁴ agar soya de tripticaseína con extracto de levadura al 0.6%

CONCLUSIONES

La presencia de *Escherichia coli* en el 80% de las muestras estuvo presente el crecimiento de esta bacteria, rebasando los límites permitidos por la NOM-243-SSA1-2010; lo cual los hace no seguros para su consumo; a pesar de que las muestras 08, 09, 10 se consideran negativas a la presencia de

este microorganismo patógeno, no se descartan como inocuas, ya que, dieron positivo a la presencia de *Salmonella* spp. y *Listeria* spp.; En cuanto a la presencia de *Salmonella* spp. fue detectada en el 100% de las muestras, lo cual indica que los quesos de los tipos Soper o Crema, Doble Crema y Oaxaca, representan un riesgo para la salud por su consumo, ya que la *Salmonella* provoca salmonelosis. Así mismo, el crecimiento y desarrollo de la bacteria en el medio de cultivo ASTEL recomendado por la NOM-243 para *Listeria* spp. estuvo presente en el 100% de las muestras, además de que para este microorganismo la NOM-243 establece que debe estar ausente. En general podemos concluir que el crecimiento de las bacterias aquí estudiadas es indicativo de una contaminación de bacterias enteropatógenas y que rebasan los límites permisibles y que todas ellas son caracterizadas por causar enfermedades gastrointestinales; y en consecuencia consumir quesos frescos representa un riesgo para la salud; aunque el crecimiento y desarrollo de bacterias enteropatógenas es evidente en los tipos de quesos estudiados

LITERATURA CITADA

- Albarracin, F. Y., Sarmiento, P., Carrascal A. K., Mercado, M. (2006). "Estimación de la proporción de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp en quesos frescos (queso de hoja, cuajada) y queso Doble Crema producidos y comercializados en el Municipio de Pamplona, Norte de Santander". Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 4 (2): 30-41.
- Beresford, T. P., Fitzsimons, N.A., Brennan, N. L., Cogan, T. M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. International Dairy Journal 11: 259–274.
- Castro-Georgana, V., Díaz-Rodríguez A. M., Torres-Torres, B. (2007). Análisis de la calidad sanitaria de las queserías y los quesos en el Estado de Tabasco en el periodo del 2002-2005. Salud en Tabasco. 3 (1): 560-567.
- Díaz-Cinco, M., Acedo, E., León DA. (1998). Survival of *Brucella abortus* in Mexican whites soft cheese processing. Recent Res Dev Nutr Res. 2: 47–57.
- Espie, E., Vaillant, V., Kurkdjian, P. M., Grimont, F., Schaller, R. M., De Valk, H., Rozand, C. V. (2005). *Escherichia coli* O157 outbreak associated with fresh unpasteurized goats' cheese. Epidemiol. Infect. 134:143–146.
- Franco, C. M., Menéndez, S., Quinto, E. J., Fente, C. A., Vázquez, B. I., Domínguez, L., Cepeda, A. (2002). Evolución de *L. monocytogenes* y *L. innocua* durante la elaboración y madurado del queso tipo "Arzúa": efecto del tratamiento con sorbato potásico. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 3(4): 236-240.
- Janda, J. M., Abbott, S. L., (2005). The Family Enterobacteriaceae. In Emanuel Goldman, E., Green, L. H. (Eds.), Practical Handbook of Microbiology (2 da ed., pp.217 - 228). New York: Taylor & Francis Group.
- Miranda, J. M., Mondragón, A., Vázquez, B. I., Fente, C. A., Cepeda, A., Franco, C. M. (2009). Microbiological quality and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* isolated from conventional and organic "Arzuá-Ulloa" cheese. CyTA – Journal of Food. 7 (2): 103–110.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos.
- Saxer, S., Miescher-Schwenninger, S., Lacroix, Ch. (2013). Characterization of the microflora of industrial Mexican cheeses produced without added chemical preservatives. LWT – Food Science and Technology. 53. pp. 314-320.
- Soto-Beltrán, M., Gerba, Ch. P., Porto-Fett, A., Luchansky, J.B., Chaidez, C. (2015). Prevalence and characterization of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* isolated from small Mexican retail markets of queso fresco. International Journal of Environmental Health Research. 25 (2): 140-148.
- Rodríguez, E., Arques, L. J., Nuñez, M., Gaya, P., Medina, M. (2005). Combined Effect of High-Pressure Treatments and Bacteriocin-Producing Lactic Acid Bacteria on Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in Raw-Milk Cheese. Applied and Environmental Microbiology 71(7):339-340.
- Pradel, N., Bertin, Y., Martin, Ch., Livrelli, V. (2008). Molecular Analysis of Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Strains Isolated from Hemolytic-Uremic Syndrome Patients and Dairy Samples in France. Applied and Environmental Microbiology. 74(7): 2118–2128.
- Perez-Reytor, D. C., Campos-Ramos, L. Y., Domínguez-Vázquez, I., Sosa-Espinosa, A. E. (2003). Verificación rápida de la pureza microbiológica de bancos de *Escherichia coli* K12. Biotecnología Aplicada 20:231-237.
- Kabuki, D. Y., Kaue, A. Y., Wiedmann, M., Boor, K.J. (2004). Molecular Subtyping and Tracking of *Listeria monocytogenes* in Latin-Style Fresh-Cheese Processing Plants. Journal Dairy Science. 87:2803–2812.
- Omiccioli, E., Amagliani, G., Brandi, G., Bruce, I. J., Magnani, M. (2009). Simultaneous direct detection of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157 in milk samples by magnetic extraction and multiplex PCR. Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology. 17:195–213.
- Villanueva-Carvajal, A., Esteban-Chavez, M., Espinoza-Ortega, A., Arriaga-Jordan, C. M., Domínguez-Lopez, A. (2012). Oaxaca cheese: Flavour, texture and their interaction in a Mexican traditional pasta filata type cheese. Ciencia y Tecnología Alimentaria 10:63–70.

QUESERÍA ARTESANAL TABASQUEÑA: ENCUESTA A EXPOSITORES DEL CUARTO FESTIVAL DEL QUESO ARTESANAL 2016, TENOSIQUE, TABASCO, MÉXICO.

TABASCAN ARTISAN CHEESE INDUSTRY: SURVEY EXHIBITORS IN THE FOURTH ARTISAN CHEESE FESTIVAL 2016, TENOSIQUE, TABASCO, MEXICO.

¹ Cámara-Córdova J, ¹ Olivé-López R, ¹ Sala P A, ² Beauregard-Solis G.

¹ Comisión de Diseño Curricular de la Maestría en Agronegocios de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

² Cuerpo Académico Educación Ambiental, Cultura y Sustentabilidad de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT.

Avenida Universidad s/n. Zona de la Cultura, Col. Magisterial. 86040 Villahermosa, Tabasco, México.

* Autor para correspondencia: jcamaracordova@yahoo.com

RESUMEN

El Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016, se realizó del 15 al 17 de julio de 2016 en Tenosique, Tabasco, México. Se aplicaron encuestas a expositores de queserías artesanales tabasqueñas participantes. Se presenta información sobre el suministro de leche, equipamiento disponible/necesario en cada unidad de producción y su problemática, estacionalidad en la producción de quesos, tipos de quesos producidos, aplicación de procesos de control de calidad de la producción, capacitación recibida, capitalización y financiamiento. El análisis de la información disponible muestra que los queseros artesanales tabasqueños, adolecen de suministro continuo y permanente de materia prima, equipamiento apropiado, procedimientos de control de calidad, capacitación, capitalización y financiamiento para incrementar tanto la cantidad como la calidad de su producción. No obstante, se incluye la importancia de esta actividad, como parte de la identidad cultural de los productores.

Palabras clave: *queso artesanal, festival del queso artesanal, Tabasco.*

INTRODUCCIÓN

La quesería artesanal tabasqueña es una arraigada tradición que, a partir de leche auténtica, sin pasteurización, obtenida de ganado bovino de doble propósito y mediante procesos tradicionales, produce diversos tipos de quesos. Su producción está orientada al consumo local o regional, con muy reducidos nichos de mercado que, están desarrollándose lentamente gracias a consumidores que buscan productos de calidad con evocación de lo tradicional y genuino, pero respetando las tradiciones locales y el medio ambiente (Hernández y Duran, 2013; Villegas y Cervantes, 2012). Estos quesos artesanales sincretizan historia y cultura regional, en tanto que son el resultado de una estrategia para el desarrollo de productores rurales emergentes y representan un saber-hacer que debe rescatarse y preservarse como muestra de nuestro patrimonio cultural intangible (Díaz et al., 2016; Costa et al., 2012; Domínguez-López et al., 2011; Beauregard et al., 2015).

Económicamente representan una salida de pequeños y medianos productores de leche, frente a la escasa rentabilidad de su producción lechera. Esta quesería artesanal es de gran relevancia por su capacidad para generar y mantener el empleo rural para ganaderos, queseros y comerciantes, además de producir un producto de reconocidas bondades nutricionales y gustativas, de gran valor gastronómico y cultural, al grado de convertirse en una naciente tradición (Villegas y Cervantes, 2012). El objetivo de este texto, es mostrar la información obtenida de la aplicación de encuestas y entrevistas con expositores en el Cuarto Festival del Queso Artesanal, que se realizó en el Centro de Convenciones Tenosique, en la cabecera municipal homónima, en Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente es un trabajo de tipo descriptivo, realizado en el marco de un evento ferial que concentró a más de medio centenar de productores artesanales de quesos del estado de Tabasco. Se aplicaron dos encuestas y se tabularon las respuestas.

El festival. Del 15 al 17 de julio de 2016, se realizó el Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016, que tuvo como sede el Centro de Convenciones Tenosique (figura 1). Con una inversión conjunta del

Gobierno del Estado y del municipio de Tenosique, de diez millones de pesos, convocó a más de 35 mil visitantes y provocó una derrama superior a los 35 millones de pesos (Lorca, 2016).



Figura 1: Panorámica del Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016.

Cuando cada expositor realizaba su registro al Festival, el personal de apoyo del evento, le hizo una batería de preguntas relacionadas con su unidad de producción y fueron anotando las respuestas en un formato identificado con un número consecutivo. Estas preguntas fueron generadas en la Secretaría de Desarrollo Económico y Turismo del Gobierno del Estado, dependencia promotora del evento y anfitriona de los autores.

Trabajo de campo. En el segundo día del evento, se aplicó una segunda batería de preguntas y se realizaron diversos registros fotográficos del evento.

Trabajo en gabinete. Durante el primer día del evento, se sistematizaron tabularmente las respuestas de la primera batería de preguntas, que respondieron los productores al registrarse al evento, que se refieren al equipamiento disponible/necesario en cada unidad de producción y su problemática, la estacionalidad en la producción de quesos, los tipos de quesos producidos, la aplicación de procesos de control de calidad de la producción, la capacitación recibida y el acceso a apoyos gubernamentales. A partir de su análisis, se generó un segundo cuestionario (cuadro 1) que se fotocopió y distribuyó a todos los expositores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primero de los tres días del Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016, se procesaron las respuestas de 30 de las encuestas aplicadas por el personal del evento al momento de registrar a los expositores, todas de productores tabasqueños. En ningún caso, se copiaron datos de identificación ni de los productores, ni de las queserías; así que toda la información que se presenta es absolutamente anónima. Al día siguiente, solo se recibieron 25 de los formularios con las respuestas a la segunda batería de preguntas. En este trabajo se presenta la tabulación de las respuestas a los apartados de abastecimiento y producción, ya que los de comercialización se presentarán independientemente.

Suministro de leche para la producción de quesos. Conforme con las respuestas escritas por los queseros artesanales en los cuestionarios respondidos por ellos en el segundo día del Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016, ocho de ellos solamente acopian leche directamente los corrales de ordeña de sus proveedores, ocho más la reciben en su quesería y siete, son productores de leche que procesan su leche. Cinco de los queseros artesanales que acopian leche, sugieren que convertirse en productores de leche los ayudaría a incrementar su producción artesanal, mientras que de aquellos que la reciben en su quesería, solo uno sugiere producirla también.

Diez de los queseros artesanales reciben leche hasta de cinco proveedores, ocho de ellos tienen entre ocho y 15 proveedores, uno recibe 25 proveedores y otro, 45. Uno de ellos liquida diariamente la leche que recibe, diez liquidan semanalmente, cuatro decenalmente, dos catorcenalmente y otros dos quincenalmente. Una docena de los queseros artesanales declararon pagar en efectivo y solamente

uno, en efectivo o con transferencia bancaria. Ninguno de ellos posee un sistema de sobreprecio para recompensar diferencialmente la calidad de la leche recibida.

Cuadro 1. Reactivos de las segunda encuesta aplicada a los productores artesanales que expusieron su producción en el Cuarto Festival del Queso Artesanal.

Nombre del Productor de Queso: _____

Nombre comercial del producto: _____

Teléfono: _____ Correo electrónico: _____

A. Abastecimiento

- . ¿Produce leche, la acopia en campo o la recibe en sus instalaciones? ¿Cómo sería mejor para su producción quesera?
- A.2. ¿Cuántos son sus proveedores? ¿Cada cuánto les paga y cómo?
- A.3. ¿Paga sobreprecios por la calidad de la leche que recibe?
- A.4. ¿Cuánto tiempo tarda entre la recepción de la leche y el inicio de su procesamiento?
- A.5. ¿Qué problemas de la producción de leche afectan su producción de queso?

B. Producción

B.1. Señale las prácticas que realiza en su fábrica de quesos:

	Si o No
Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP)	
Análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP)	
Prácticas de higiene y seguridad alimentaria	

- . Señale las Normas Oficiales y/o Normas Oficiales Mexicanas con que se realizan los procesos de producción, limpieza y desinfección en su fábrica:
- . ¿Además de los quesos, que otros productos lácteos elabora o fabrica normalmente?
- B.4. ¿Pasteuriza la leche antes de elaborar los quesos?
- . ¿Qué pruebas de control de calidad le hace a la leche que procesa?
- B.6. ¿Cómo piensa que se podrían resolver sus problemas de elaboración de quesos?

C. Comercialización

- C.1. ¿Cómo decide que tipos de queso fabricar y cuanto de cada uno?
- . ¿Cómo mantiene en su almacenamiento la temperatura baja de sus quesos recién fabricados?
- . ¿Cómo sabe el tipo y cantidad de queso que tiene almacenado?
- . ¿Vende sus quesos en su fábrica o los entrega al comprador?
- . ¿Cómo determina su ruta de entrega? ¿Cómo mantiene la temperatura baja en la ruta de entrega?
- . ¿Cómo sabe cada cuando y cuanto entregar sus quesos al cliente?

Anote de manera general, los problemas que tiene en la producción, comercialización y entrega de sus quesos:

Estacionalidad de la producción artesanal de quesos. Conforme con las respuestas escritas en 30 formatos revisados, 22 queseros artesanales declararon trabajar todo el año. Solo cinco de ellos declararon producir estacionalmente, iniciando su producción entre diciembre y mayo y suspendiéndola a principios de las lluvias, entre junio y agosto.

Equipamiento disponible/necesario en las queserías artesanales. La producción artesanal de quesos en Tabasco, descansa en un equipamiento muy rudimentario: Moldes de madera, tinas de plástico o de acero inoxidable (cuadro 2).

Cuadro 2. Equipamiento declarado por 30 queseros artesanales al registrarse en el Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016.

Núm.	Concepto	Queseros
1	Moldes de madera	18
2	Tinas de plástico	14
3	Tina de acero inoxidable	8
4	Mesas de acero	6
5	Empacadora al alto vacío	3
6	Mesas de madera	3
7	Moldes de acero inoxidable	3
8	Pasteurizadora	3
9	Prensa holandesa o neumática	3
10	Equipamiento en acero inoxidable	2
11	Equipamiento artesanal	2
12	Botes 200 L	1
13	Descremadora de alta potencia	1
14	Descremadora normal	1
15	Empacadora	1
16	Envasadora de leche	1
17	Lecheras	1
18	Malaxadora	1
19	Mesas de plástico	1
20	Panas	1
21	Planta Industrial	1
22	Refrigerador	1
23	Tina de aluminio	1
24	Tinas de acero inoxidable con doble fondo	1

Esta circunstancia refrenda las apreciaciones de los autores citados en la Introducción (Díaz et al., 2016; Hernández y Duran, 2013; Villegas y Cervantes, 2012; Costa et al., 2012; Domínguez-López et al., 2011), acerca del papel económicamente emergente y de subsistencia de la quesería artesanal. Más que un negocio próspero, de lo cual existen notables ejemplos de éxito en Tabasco, son el resultado de una estrategia que encara la escasa rentabilidad de la producción lechera.

De esto da cuenta la declaración de equipamiento necesario externada por los queseros: básicamente moldes, tinas y mesas de acero inoxidable y equipamiento con pasteurizadoras, descremadoras, cámaras de refrigeración y empacadoras al alto vacío (cuadro 3).

Cuadro 3. Equipamiento que declaran necesitar para mejorar su producción 30 queseros artesanales al registrarse en el Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016.

Núm.	Concepto	Queseros
1	Molde de acero inoxidable	9
2	Tina de acero inoxidable	9
3	Pasteurizadora	7
4	Descremadora normal	6
5	Cámara de refrigeración	4
6	Mesas de acero	4
7	Empacadora alto vacío	3
8	Moldes de madera	2
9	Prensa holandesa o neumática	2
10	Báscula	1
11	Enfriadores	1
12	Malaxadora	1
13	Panas	1
14	Termómetro	1
15	Vehículo para recolectar leche	1

Problemática de la producción artesanal de queso. Los queseros artesanales en Tabasco, no identifican las circunstancias económicas relacionadas con la escasa rentabilidad de la producción lechera como un problema. Más de tres de cada cuatro, perciben que la mayor problemática en su proceso productivo está relacionada con el abastecimiento de su materia prima, la leche: escasez de leche, fluctuación en el precio que pagan por la leche, presencia de leche ácida y el efecto de las lluvias en la producción (cuadro 4).

Cuadro 4. Problemática declarada por 30 queseros artesanales al registrarse en el Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016.

Núm.	Problemática	Frecuencia
1	Escasez de leche	23
2	Fluctuación o alza del precio de la leche en época de inundación y crecientes	6
3	Falta de equipamiento, falta de capacitación.	5
4	Pasteurización de la leche	4
5	Recolección de leche fuera del municipio	3
6	Leche muy ácida	3
7	Baja calidad de la leche	2
8	Abastecimiento de agua	1
9	Mala calidad en queso de hebra	1
10	Excedente de leche sin recolectar	1
11	Control de higiene	1
12	Comercialización	1
13	Alta producción y poca venta, baja producción y baja venta.	1

Equiparse para mejorar la producción de leche e incrementar su higiene y las posibilidades de comercialización, apenas caben en su discurso.

Quesos artesanales de Tabasco. Los queseros artesanales de Tabasco, producen 26 tipos de quesos con leche de vaca y uno de ellos, produce queso Mozzarella, con leche de búfala. El queso más popular entre los productores artesanales de Tabasco es el queso de hebra u Oaxaca, que lo producen casi todos. Le siguen el queso panela y el botanero (que no es más que queso panela con jamón y frecuentemente chiles curtidos), el queso crema y el doble crema, a los que se puede anexar el “desboronoso” (cuadro 5).

Cuadro 5. Tipos de quesos producidos con leche de vaca por 30 queseros artesanales según su declaración al registrarse en el Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016.

Núm.	Tipo	Queseros	Núm.	Tipo	Queseros
1	Hebra/ Oaxaca	25	14	Añejo enchilado	1
2	Panela	24	15	Artesanal ahumado	1
3	Botanero/ enjamonado	19	16	Bola	1
4	Crema	17	17	Con arándanos	1
5	Doble crema	10	18	Con champiñones	1
6	Poro	9	19	Empapelado	1
7	Asadero	7	20	Enchilado	1
8	Desboronoso	5	21	Manchego	1
9	Fresco	4	22	Mixto	1
10	Cincho	2	24	Poro enchilado	1
11	Cotija	2	24	Provolone	1
12	Relleno	2	25	Ranchero	1
13	Añejo	1	226	Suave crema	1

El muy promocionado queso de poro o queso Balancán, solo es producido por una tercera parte de los queseros artesanales y todos ellos, asentados en la zona Ríos. Existen otros quesos que son destinados casi exclusivamente a la exportación nacional: cincho, Cotija y manchego.

La producción de los demás quesos está orientada al consumo local o regional. Como ya señalaron Villegas y Hernández (2012) cuentan con muy reducidos nichos de mercado que poco a poco, están desarrollándose lentamente gracias a consumidores foráneos que buscan productos tradicionales, de que respeten las tradiciones locales y el ambiente.

Control de calidad de la producción artesanal de quesos. En 16 de los formatos procesados, los queseros artesanales de Tabasco declararon aplicar esquemas de control de calidad. 10 de ellos porque reciben visitas de la COFEPRIS y otro, de la Secretaría de Salud; uno más declara un sistema propio.

Dos cuelean rutinariamente la leche para identificar leche producida por vacas con mastitis, dos más utilizan el alcohol para checar la acidez de la leche y dos más miden temperatura.

Capacitación y acceso a apoyos gubernamentales. 18 queseros artesanales declararon haber tomado algún curso de capacitación y ocho declararon lo contrario.

Contradictoriamente al discurso oficial, de apoyos a la producción y a la pequeña y mediana empresa, solo tres queseros artesanales declararon haber recibido apoyos públicos para mejorar sus sistemas de producción.

CONCLUSIONES.

La producción de quesos artesanales es una actividad que podría convertirse en patrimonio cultural intangible de Tabasco, si los tabasqueños continúan transmitiéndola de una generación a la siguiente. De esta manera se contribuiría a preservar, continuar y acrecentar esta herencia como parte de nuestros bienes culturales generados localmente.

Los productores tabasqueños de queso artesanal, adolecen de suministro continuo y permanente de materia prima, equipamiento apropiado, procedimientos de control de calidad, capacitación, capitalización y financiamiento para incrementar tanto la cantidad como la calidad de su producción.

RECONOCIMIENTO

A la Secretaría de Desarrollo Económico y Turismo del Gobierno del Estado de Tabasco y al H. Ayuntamiento Constitucional de Tenosique, promotores del Cuarto Festival del Queso Artesanal 2016, por permitir y apoyar nuestras actividades en el evento.

A los queseros artesanales que a pesar de estar ocupadísimos con la demostración de su producción, nos obsequiaron parte de esos intensos días, para conversar con los autores y contestar nuestras preguntas.

LITERATURA CITADA

- Beauregard S., G.; Priego M., J.; Magaña A., M.A.; Cámara-Córdova, J. 2015. Cultura y natura en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez. Investigaciones para la enseñanza de su patrimonio cultural. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto de Cultura de Tabasco.
- Costa, T. da S.; Neiva G. S.; Camilo V. M. A.: de Freitas, F.; da Silva, I. de M. M. 2012. Workshops for good manufacturing practices: Building strategies for ensuring food security. Brazilian Journal of Food Technology. V SSA: 64-68
- Díaz R., Mayra; García G, M.; Jiménez G., J.; Villanueva C., A. 2016. Inocuidad en alimentos tradicionales: el queso de Poro de Balancán como un caso de estudio. Estudios Sociales, vol. 25, núm. 47, enero-junio, 2016, pp. 89-111
- Domínguez-López, A. et al. 2011. Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del Centro de México. Estudios Sociales, 19 (38): 166-193.
- Hernández D, N.; Durán M., T. 2013. Calidad sanitaria de los puntos. Salud pública, 12 (2): 58-62.
- Lorca, D. 2016. El Cuarto Festival del Queso dejó una derrama de 30 mdp. <http://www.diariopresente.com.mx/noticia/economia/159106/cuarto-festival-queso-dejo-una-derrama-30-mdp/> (consultado el 2016.07.26).
- Villegas de G., A.; Cervantes E., F. 2011. La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. Estudios Sociales, 19 (38): 146-164

PRODUCTOS VEGETALES COMESTIBLES OFERTADOS EN UN MERCADO PÚBLICO DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO.

EDIBLE PLANT PRODUCTS OFFERED IN A PUBLIC MARKET IN VILLAHERMOSA, TABASCO, MEXICO.

¹ Cámara-Córdova J, ² Beauregard-Solis G, ² Magaña Alejandro MA

¹ Núcleo Académico Básico de la Maestría en Seguridad Alimentaria de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

² Cuerpo Académico Educación Ambiental, Cultura y Sustentabilidad de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT.

Avenida Universidad s/n. Zona de la Cultura, Col. Magisterial. 86040 Villahermosa, Tabasco, México.

* Autor para correspondencia: jcamaracordova@yahoo.com

RESUMEN

En el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México, durante 2014-2015 se efectuaron visitas semanales en las cuales se realizaron inventarios de plantas y productos vegetales ofertados en diversas áreas y locales comerciales. Se identificaron 89 especies vegetales, agrupadas en 75 géneros y 35 familias botánicas. 21 familias estuvieron representadas con frutos, 16 como verduras, 11 como especias o condimentos y cinco con granos y semillas. Se presentan los listados de las especies botánicas en una de estas categorías utilitarias.

Palabras clave: *mercados, frutas, verduras, especias, condimentos, granos, semillas, seguridad alimentaria, Tabasco.*

INTRODUCCIÓN

El mercado público es el espacio en el que tradicionalmente se ofrecen diversos productos para su comercialización y donde se obtienen productos para su consumo doméstico, en el cual se identifica el nivel de apropiación de la naturaleza por una sociedad, representada por la diversidad de los productos naturales ofertados y constituye un punto de contacto entre el campo y la ciudad (Hirt, 2013; Villela, 2013; Ayús, 2005).

El mercado público Porfirio Díaz se construyó en 1906, en lo que actualmente es el Centro Cultural Villahermosa en la Avenida Francisco I. Madero, esquina con Zaragoza, cuando ya el mercado central resultaba insuficiente para atender la población de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en el sureste de México. El devenir histórico propició que se substituyera su nombre de Porfirio Díaz por el del Lic. José María Pino Suárez y el crecimiento de la ciudad, hizo que se reubicara al final de la ciudad, en la calle Constitución, esquina con Bastar Zozaya (Priego, 2015). Actualmente es el más grande de la ciudad y en consecuencia, juega un importante papel en la seguridad alimentaria de la capital del estado de Tabasco.

Con el objetivo de conocer la diversidad vegetal ofertada en este mercado público, se formularon las relaciones de frutas, verduras, especias y granos y semillas que se presentan más adelante.

MATERIALES Y MÉTODOS

Periodo de muestreo. De principios de 2014 y hasta mediados de 2015, se realizaron visitas semanales al mercado público Pino Suarez, para lo cual se obtuvo la autorización tanto de la Secretaría, como de la Dirección de Servicios Públicos del H. Ayuntamiento de Centro y de la Administración y la Unión de Locatarios del Mercado Público Lic. José María Pino Suárez.

Trabajo de campo. Cada visita se espació ocho días de la anterior, para paulatinamente ir cubriendo todos los días de la semana. Esto permitió repetir la visita en cada día de la semana, cada dos meses. En las visitas se recorrieron las áreas del mercado en los que se ofertan productos de origen vegetal, anotando tanto los nombres comunes de los productos de origen vegetal ofertados, como su presentación (en fresco, seco o deshidratado, preparado o cocinado). También y contando con la autorización de los locatarios y comerciantes, se realizaron registros fotográficos.

Procesamiento de los datos. En gabinete se construyó una base de datos en la que cada registro incluyó el nombre común, presentación, nombre de la especie, género, familia y origen botánico, así como fotografías y el probable origen de la cosecha. Para generar los listados se utilizó la clasificación utilitaria descrita por Beauregard et al. (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los listados levantados cada ocho días, de principios de 2014 a mediados de 2015, permitieron identificar 89 especies vegetales, agrupadas en 75 géneros y 35 familias botánicas ofertadas y disponibles para su comercialización en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez, de Villahermosa, Tabasco, México.

Estas cifras reflejan una diversidad superior a la reportada en trabajos similares. Beauregard et al. (2012), citan el trabajo de cuatro estudiantes de ciencias biológicas, que en una salida al mercado de Comalcalco (también en Tabasco) reportaron 59 especies comestibles y cinco condimentos. Molina y colaboradores (2014) reportan entre 19 y 34 especies en cinco localidades de los Valles Centrales de Oaxaca muestreadas durante tres años.

Frutas. De principios de 2014 a mediados de 2015, en el mercado Pino Suárez de Villahermosa, se identificaron 43 productos vegetales clasificados tradicionalmente como frutas y representando a 21 familias botánicas (cuadro 1).

Cuadro 1. Frutas ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
1	Anona	<i>Annona reticulata</i>	Anonaceae
2	Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Sapotaceae
3	Castaña	<i>Arctocarpus altilis</i>	Moraceae
4	Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	Oxalidaceae
5	Chicozapote	<i>Manilkara sapota</i>	Sapotaceae
6	Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	Anonaceae
7	Ciruela criolla y tuxpana	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae
8	Ciruela roja	<i>Prunus domestica</i>	Rosaceae
9	Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae
10	Cocoyol	<i>Acrocomia aculeata</i>	Arecaceae
11	Cuijinicuil	<i>Inga jinicuil</i>	Fabaceae
12	Durazno	<i>Prunus persica</i>	Rosaceae
13	Fresa	<i>Fragaria x ananassa</i>	Rosaceae
14	Grosella estrellada o de Tahití	<i>Phyllanthus acidus</i>	Euphorbiaceae
15	Guanábana	<i>Annona muricata</i>	Anonaceae
16	Guaya	<i>Talisia olivaeformis</i>	Sapindaceae
17	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
18	Jícama	<i>Pachyrhizus erosus</i>	Fabaceae
19	Jujo o granada china	<i>Passiflora ligularis</i>	Passifloraceae
20	Kiwi	<i>Actinidia deliciosa</i>	Actinidiaceae
21	Lima	<i>Citrus × limetta</i>	Rutaceae
22	Limón dulce	<i>Citrus sp.</i>	Rutaceae
23	Limón real	<i>Citrus medica</i>	Rutaceae
24	Mamey Santo Domingo	<i>Mammea americana</i>	Clusiaceae
25	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae
26	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
27	Manzana	<i>Malus domestica</i>	Rosaceae
28	Melocotón	<i>Sicana odorifera</i>	Cucurbitaceae
29	Melón chino y criollo	<i>Cucumis melo</i>	Cucurbitaceae
30	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae
31	Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae
32	Papaya	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae

Cuadro 1. Frutas ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
33	Pera	<i>Pyrus communis</i>	Rosaceae
34	Piña	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae
35	Pitahaya	<i>Hylocereus undatus</i>	Cactaceae
36	Plátano Guineo o Roatán	<i>Musa × paradisiaca</i>	Musaceae
37	Rambután	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae
38	Sandía	<i>Citrullus vulgaris</i>	Cucurbitaceae
39	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae
40	Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>	Rosaceae
41	Toronja o pomelo	<i>Citrus grandis</i>	Rutaceae
42	Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Cactaceae
43	Zapote mamey	<i>Pouteria sapota</i>	Sapotaceae

Aunque muchas de las frutas encontradas en el mercado Pino Suárez no son originarias del estado o del país, la mayoría de ellas son susceptibles de cosecharse en Tabasco o el sureste de México (Beauregard et al., 2015). Su producción local contribuye a garantizar la disponibilidad de alimentos, en tanto que su disponibilidad a lo largo del año, contribuye a lograr el acceso a los alimentos, dos de las cuatro dimensiones de la Seguridad Alimentaria (FAO, 2006).

También es de resaltar la presencia de especies que no se cultivan en nuestro país, como el kiwi. Ello da muestra de que la globalización ha llegado ya al tradicional Pino Suárez.

Verduras. En el periodo de muestreo, se identificaron 35 productos vegetales clasificados tradicionalmente como verduras, que se agrupan en 16 familias botánicas (cuadro 2).

Cuadro 2: Frutas ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México

Núm.	Verdura	Nombre científico	Familia botánica
1	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae
2	Ajo	<i>Allium sativum</i>	Alliaceae
3	Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae
4	Apio	<i>Apium graveolens</i>	Apiaceae
5	Calabacita	<i>Cucurbita pepo</i>	Cucurbitaceae
6	Calabaza criolla	<i>Cucurbita moschata</i>	Cucurbitaceae
7	Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulaceae
8	Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Amarillidaceae
9	Cebollín	<i>Allium schoenoprasum</i>	Amarillidaceae
10	Chaya	<i>Cnidocolus chayamansa</i>	Euphorbiaceae
11	Chayote	<i>Sechium edule</i>	Cucurbitaceae
12	Chile amashito	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>	Solanaceae
13	Chiles de color, dulce, jalapeño, pimiento morrón, poblano, serrano, de color, etc.	<i>Capsicum annuum</i>	Solanaceae
14	Chile habanero	<i>Capsicum chinense</i>	Solanaceae
15	Chinín	<i>Persea schiedeana</i>	Lauraceae
16	Chipilín	<i>Crotalaria longirostrata</i>	Fabaceae
17	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae
18	Ejote	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae
19	Elote	<i>Zea mays</i>	Poaceae
20	Epazote	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Amaranthaceae
21	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	Asteraceae
22	Limón agrio	<i>Citrus × limón</i>	Rutaceae
23	Limón persa	<i>Citrus × latifolia</i>	Rutaceae
24	Pan de sopa	<i>Arctocarpus altalis</i>	Moraceae
25	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Solanaceae

Cuadro 2: Frutas ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México

Núm.	Verdura	Nombre científico	Familia botánica
26	Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	Cucurbitaceae
27	Perejil criollo	<i>Eryngium foetidum</i>	Apiaceae
28	Plátano macho o Tabasco	<i>Musa × paradisiaca</i>	Musaceae
29	Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	Brassicaceae
30	Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	Amaranthaceae
31	Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i>	Brassicaceae
32	Tomate rojo o jitomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Solanaceae
33	Tomate verde	<i>Physalis philadelphica</i>	Solanaceae
34	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	Euhorbiaceae
35	Zanahoria	<i>Daucus carota</i> subsp. <i>sativus</i>	Apiaceae

A pesar de la diversidad del origen botánico de estas 35 especies, la mayoría de ellas puede ser cultivada en Tabasco y al menos, contribuyen también a lograr la Seguridad Alimentaria local.

Especies o condimentos. Los muestreos realizados durante casi año y medio en el mercado Pino Suárez, arrojaron 11 especies botánicas que son ofertadas como especias o condimentos, agrupadas en nueve familias botánicas (cuadro 3).

Cuadro 3: Especies o condimentos ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Achiote	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae
2	Almendra	<i>Prunus dulcis</i>	Rosaceae
3	Anís	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae
4	Anís de estrella	<i>Illicium verum</i>	Illiaceae
5	Azafrán	<i>Crocus sativus</i>	Iridaceae
6	Cacao seco	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae
7	Comino	<i>Cuminum cyminum</i>	Apiaceae
8	Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Lauraceae
9	Clavo de olor	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae
10	Laurel	<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae
11	Pimienta gorda	<i>Pimenta dioica</i>	Myrtaceae

Varias de las especias o condimentos encontrados en el Pino Suárez, no se cultivan en Tabasco, el sureste mexicano o el país. Esto da cuenta de la globalización del mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa. Su presencia también permite una utilización de los alimentos conforme a los diversos patrones culturales de los consumidores, contribuyendo a lograr a plenitud, la Seguridad Alimentaria de los usuarios de dicho mercado.

Granos y semillas. El trabajo de campo realizado en el mercado Pino Suárez durante casi 18 meses, permitió enlistar las semillas de 11 especies botánicas, agrupadas en cinco familias botánicas (cuadro 3)

Cuadro 4: Granos y semillas ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Alpiste	<i>Phalaris canariensis</i>	Poaceae
2	Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Poaceae
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae
4	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Poaceae
5	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae
6	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae
7	Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	Fabaceae

Cuadro 4: Granos y semillas ofertadas en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, México

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia
8	Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	Fabaceae
9	Maíz	<i>Zea mays</i>	Poaceae
10	Pimienta	<i>Pimenta dioica</i>	Myrtaceae
11	Trigo	<i>Triticum spp-</i>	Poaceae

Esta diversidad es en primera instancia, producto del mestizaje cultural de Villahermosa, que se refleja en su patrimonio cultural intangible. Semillas con origen asiático y europeo, han sido incorporadas a diversos platillos regionales, lo que ha enriquecido su gastronomía.

:

CONCLUSIONES

El muestreo realizado en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez de Villahermosa, Tabasco, generó evidencias de una diversidad superior a la de otros mercados de la región Sur-Sureste de México.

Esta diversidad de productos vegetales comestibles contribuye a la seguridad alimentaria de la ciudad capital del estado de Tabasco, asegurando la disponibilidad de frutas, verduras, especias, granos y semillas, a lo largo de todo el año.

RECONOCIMIENTO

Este reporte contribuye parcialmente a los resultados del proyecto de investigación UJAT-2014-PFIE-01: Validación de una propuesta didáctica para fortalecer la formación de estudiantes de licenciaturas de ciencias biológicas y ciencias ambientales tomando en cuenta elementos del patrimonio cultural de Tabasco.

LITERATURA CITADA

- Ayús, R. 2005. El habla en situación: conversaciones y pasiones. LA vida social en un mercado. México: El Colegio de la Frontera Sur-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-Universidad Autónoma Metropolitana-Fondo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Beauregard S., G.; Macías V., M.E.; Magaña A., M.A.; Cámara-Córdova, J. 2012. Aspectos etnobiológicos en un mercado de La Chontalpa. En Beauregard S., G. Tabasco. Cultura ambiental, patrimonio biocultural y vulnerabilidad ante el cambio climático. Material para maestros. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Beauregard S., G.; Priego M., J.; Magaña A., M.A.; Cámara-Córdova, J. 2015. Cultura y natura en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez. Investigaciones para la enseñanza de su patrimonio cultural. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto de Cultura de Tabasco.
- FAO. 2006. Seguridad alimentaria. Informe de Políticas Núm. 2, julio 2006. Roma: Dirección de Economía Agrícola y del Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Hirt, K. 2013. Los mercados prehispánicos. La economía y el comercio. Arqueología Mexicana, XXI (122): 30-35.
- Molina L., N.G.; Martínez y O., E; Arellanes C., Y.; Arellanes Me., A.; Hernández Ordoñez, O.; Campos Á., G.V.; Enríquez del V., J.R. 2014. Plantas silvestres y arvenses intercambiadas en mercados tradicionales de los valles centrales de Oaxaca. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 1 (2): 69-81.
- Priego M., J. 2015. Datos para la historia de los mercados en San Juan Bautista, hoy Villahermosa. En Beauregard S., G.; Priego M., J.; Magaña A., M.A.; Cámara-Córdova, J. Cultura y natura en el mercado público Lic. José Ma. Pino Suárez. Investigaciones para la enseñanza de su patrimonio cultural. Villahermosa, Tabasco, México: Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto de Cultura de Tabasco.
- Villela, S. 2013. Mercados indígenas en México. Arqueología Mexicana, XXI (122): 75-79.

EFFECTO DE LA COCCION A PRESION SOBRE LOS COMPUESTOS NO NUTRICIONALES EN LA SEMILLA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)

EFFECT OF COOKING ON PRESSURE AND NUTRITIONAL COMPOUNDS IN SEED CHICKPEAS (*Cicer arietinum* L.)

^{1,2}Sanchez Chino X., ²Jimenez Martinez C., ¹Castillo Dominguez E., ¹Abreu Sherrer J., ¹Godinez García LM.

¹Universidad Politécnica Mesoamericana, Carretera Tenosique – El Ceibo Km 43.5, Colonia Agrícola Sueños de Oro, Tenosique, Tabasco. C.P. 86901.

²Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN, Wilfrido Massieu 399, Gustavo A. Madero, Nueva Industrial Vallejo, 07738 Ciudad de México.

Autor para correspondencia: xariss18@hotmail.com

RESUMEN

La semilla de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) contiene una importante proporción de carbohidratos y proteínas además de otros nutrientes, sin embargo, esta fuente nutricional es afectada por la presencia de compuestos no nutricionales que interfieren en el aprovechamiento de los mismos, por lo que es necesario eliminarlos, inactivarlos o disminuir su concentración. La cocción es el proceso más habitual para el consumo de las leguminosas, en el ocurre un fenómeno de debilitamiento y lisis de las membranas celulares que recubren las células, de manera que hay un cambio en la composición de la semilla mejorando las características sensoriales y nutricionales, aumentando la digestibilidad y la biodisponibilidad de nutrientes ya que se inactivan compuestos no nutricionales; por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la cocción sobre los compuestos no nutricionales presentes en esta semillas.

Palabras clave: garbanzo, cocción, no nutricionales.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una de las leguminosas más consumidas a nivel mundial después de la soya y el frijol. Su semilla es una fuente importante de proteínas, carbohidratos y fibra (Avola et al., 2012). A pesar de que las leguminosas contienen una valiosa composición nutricional, el contenido de metabolitos secundarios que en algunos casos han sido catalogados como compuestos no nutricionales limita su valor biológico debido a que interfieren con la digestión y con sus atributos sensoriales. Los compuestos no nutricionales se pueden clasificar de acuerdo a su origen en: proteicos (inhibidores de proteasas, lectinas y péptidos) o de origen no proteico (alcaloides, taninos, ácido fítico, saponinas y fenólicos), sin embargo, se ha demostrado que estos mismos compuestos también pueden tener un impacto positivo en la salud dependiendo de la concentración en la que se encuentren (Jukanti et al., 2012) por ello es importante que la concentración se reduzca pero permanezca una parte residual.

La cocción es el proceso más antiguamente utilizado para el consumo de los alimentos, tanto de origen vegetal como animal. El propósito, es mejorar las características sensoriales y nutricionales, aumentando la digestibilidad y la biodisponibilidad de nutrientes (Avola et al., 2012), permite la inactivación de compuestos antinutricionales termolábiles como inhibidores de proteasas, ácido fítico, α -galactósidos (Vidal et al., 1994; Frias et al., 2000) y polifenoles, también se desnaturalizan y solubilizan algunas proteínas perdiéndose aminoácidos en especial Cis y Lis (Clemente et al., 1998). Generalmente la cocción es de manera directa, con un proceso de remojo previo (Frias et al., 2000) lo que ayuda a la hidratación de la semilla y ablandamiento del tejido, para acortar el tiempo de cocción, ocurriendo un fenómeno de debilitamiento y lisis de las membranas celulares, de esta manera, hay un cambio en la composición de la semilla, pero también pérdidas de nutrientes, como vitaminas y compuestos hidrosolubles (el-Adawy, 2002). Las semillas se pueden cocer en agua de 1-2 h, o bajo presión, este tipo de cocción acorta el tiempo y requiere menos energía, además de que el calor se distribuye de una manera uniforme (Wang et al., 2010).

En el presente trabajo, se evaluó el cambio en la composición no nutricional en la semilla de garbanzo después de la cocción, así como la proporción de saponinas, fitatos, fenólicos y la actividad de los

inhibidores de tripsina en el agua de remojo y cocción, para identificar las posibles pérdidas por solubilización

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó semilla de garbanzo proveniente de Sinaloa. Las semillas de garbanzo se remojaron en agua en una proporción 1:4, durante toda la noche, para que la testa y el tejido se ablandaran y el tiempo de cocción se redujera, al día siguiente se retiró el agua (reservándose para posteriores análisis) y se cocieron en una olla a presión a por 45 min, se dejaron enfriar, se retiró el agua de cocción (esta agua también se guardó para analizarla posteriormente) y se liofilizaron las semillas para su análisis.

Las semillas fueron molidas hasta tener una harina fina y se extrajeron y cuantificaron los compuestos no nutricionales en las harinas de garbanzo crudo y cocido, así como para el agua de remojo y cocción por métodos colorimétricos:

- i) *saponinas* de acuerdo al método propuesto por Hiai (1976), comparándose con diosgenina como referencia por lo que los resultados se reportan como mg eq de diosgenina/g de muestra.
- ii) *fitatos* (el método reportado por Vaintraub y Latpeva (1988), que consiste en la combinación de tiocianato con el ión Fe^{3+} , obteniéndose una coloración que puede medirse a una longitud de onda de 508 nm, los resultados se interpolan a una curva de calibración realizada con fitatos de sodio por lo que el resultado se expresa en : (mg eq de fitato de sodio/g de muestra).
- iii) la *actividad de los inhibidores de tripsina* (IT) por medio de la inhibición de la degradación de benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BAPNA), por la tripsina (Welham and Domoney, 2000) reportándose los resultados como unidades de inhibición (UI) por gramo de muestra.
- iv) Compuestos fenólicos totales por el método de Folin-Ciocalteu, la cual se basa en la propiedad de los fenoles de reaccionar frente a agentes oxidantes. Este reactivo contiene molibdato y tungstato sódico que, al reaccionar con los compuestos fenólicos presentes, forman complejos fosfomolibdico - fosfotúngstico. En medio básico la transferencia de electrones reduce estos complejos a óxidos de tungsteno (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}), cromógenos de color azul intenso que son proporcionales a la cantidad de grupos fenólicos presentes en la molécula de interés y se compararon con estándares ya conocidos por lo que los resultados se expresaron como mg eq de ácido gálico/g de muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en el cuadro 1, con la cocción a presión la concentración de fitatos en el garbanzo disminuyó 97%, debido a que son compuestos altamente solubles en agua, lo cual fue confirmado al analizar el agua de remojo y de cocción donde se encontraron 46 y 37% respectivamente del total de los fitatos presentes en la muestra sin tratar, es importante resaltar que este tipo de compuestos quelan minerales por lo que aunque las leguminosas se pueden considerar fuentes importantes de minerales, los fitatos presentes en ellas reducen la biodisponibilidad, por lo que la cocción mejoraría la absorción de estos elementos (Sánchez et al., 2015).

La concentración de saponinas se redujo en un 20% con respecto al garbanzo crudo mientras que en el agua de remojo y agua de cocción no se encontraron concentraciones significativas de estos compuestos (0.35 y 2% respectivamente). Las saponinas son un grupo de glucósidos que son conocidos por sus propiedades tensoactivas y están ampliamente distribuidos en las plantas. Las saponinas se identificaron como antinutrientes, debido a sus efectos adversos como un fuerte hemolítica la actividad de los peces y los animales de sangre fría, además, en altas concentraciones, producen un sabor amargo y astringencia, por ello es importante limitar su consumo por los seres humanos (Sánchez et al., 2015). Wang et al., (2010), reportaron una disminución de alrededor de 40% de las saponinas presentes en la semilla de garbanzo, mejorando así la digestibilidad de las semillas. La concentración de compuestos fenólicos totales disminuyó 46% después de la cocción, de estos, una parte se encontró en el agua de remojo y cocción (10 y 26% respectivamente). Estos compuestos se producen naturalmente en los granos, se sabe que tienen actividad antioxidante, que puede perderse parcialmente durante el procesamiento de esta leguminosa.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Siddhuraju and Becker (2007) estudiaron las propiedades antioxidantes de compuestos fenólicos totales extraídos de dos variedades de otra leguminosa (*Vigna unguiculata*), y concluyeron que con la cocción en autoclave redujo la actividad antioxidante de esta semilla.

Finalmente, la actividad de inhibidores de tripsina se redujo significativamente (85%) y tanto en el agua de remojo como de cocción no se encontró actividad de esta enzima. El ácido fítico, mioinositol hexakisfosfato (IP6), y sus sales derivadas constituyen la mayor reserva de fósforo, y mioinositol de las semillas de cereales y leguminosas. Desde el punto de vista nutricional, el interés del ácido fítico se debe principalmente a su capacidad de formar complejos con minerales esenciales (Cu, Zn, Fe, K, Mg y Ca) lo que disminuye la absorción intestinal y la biodisponibilidad de estos minerales en los humanos debido a que a poca actividad de fitasas que sean capaces de liberar los minerales unidos a fitatos, por otro lado los fitatos interaccionan con residuos básicos de proteínas formando complejos, proteína-fitato y proteína-fitato-mineral, por lo que se inhiben algunas reacciones enzimáticas a nivel digestivo, por ello es importante la reducción en la concentración en estos compuestos. El-Adawy (2002) mencionó que al cocer semillas de garbanzo se eliminaba el 83% del total del ácido fítico en la semilla. Los inhibidores de tripsina son compuestos termo lábiles de naturaleza proteica, que alteran la digestión de las proteínas, inhibiendo la acción de las enzimas digestivas que hidrolizan de las proteínas de la dieta, por lo que es importante inactivarlos o disminuir su actividad Wang et al., (2008) reportan una reducción en la actividad de los inhibidores de tripsina del 87%, además de una inhibición total del hemaglutinina una glucoproteína antigénica, estos compuestos al ser de origen proteico son afectados en su actividad catalítica por las altas temperaturas. Por lo que la cocción es un método recomendable para el procesamiento de las semillas de garbanzo.

Cuadro 1. Cuantificación de compuestos no nutricionales en la semilla de garbanzo

	Fitatos ¹	Saponinas ²	Fenólicos ³	Inhibidores de tripsina ⁴
Garbanzo crudo	0.93 ± 0.09a	1.02 ± 0.05 ^a	31.14 ± 0.62 ^a	12.06±0.33 ^a
Garbanzo cocido	0.03 ± 0.00d	0.81 ± 0.03b	19.49 ±1.03b	1.82 ±0.12b
Agua de remojo	0.46 ± 0.02b	0.004 ± 0.00d	0.40 ± 0.02d	0c
Agua de cocción	0.37 ± 0.02c	0.03 ± 0.01c	3.27±0.03c	0c

Se muestra el valor de 3 repeticiones ± DE. Letras diferentes en la misma columna indica diferencia significativa (p<0.05).1. mg eq de fitato de sodio/g de muestra, 2. mg eq de diosgenina/g de muestra, 3. mg eq de ácido gálico/g de muestra, 4. TIU/mg proteína

CONCLUSIONES

Con la cocción se logran eliminar los fitatos, se reduce la actividad de los inhibidores de tripsina, de saponinas y de compuestos fenólicos, por lo que se propone que los nutrientes contenidos en esta semilla se encuentren más disponibles, además al contener una parte residual podría tener una función terapéutica por lo que sería útil continuar las investigaciones con esta semilla.

LITERATURA CITADA

- Avola, G., C. Patanè, and R.N. Barbagallo. (2012) Effect of water cooking on proximate composition of grain in three Sicilian chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 49(2): 217-220.
- el-Adawy TA (2002) Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods for Human Nutrition* 57: 83-97
- Cardador A, Loarca G, Oomah BD (2002) Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6975-6980
- Clemente A, Sánchez-Vioque R, Vioque J, Bautista J, Millán F (1998) Effect of cooking on protein quality of chickpea (*Cicer arietinum*) seeds. *Food Chemistry* 62: 1-6
- Dueñas M, Sarmiento T, Aguilera Y, Benitez V, Mollá E, Esteban R, C M (2016) Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). *LWT - Food Science and Technology* 66: 72-78
- Frias J, Vidal-Valverde C, Sotomayor C, Diaz-Pollan C, Urbano G (2000) Influence of processing on available carbohydrate content and antinutritional factors of chickpeas. *European Food Research and Technology* 210: 340-345
- Hiai S, Oura H, Nakajima T (1976) Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Medica* 29: 116-122

- Jukanti AK, Gaur PM, Gowda CL, Chibbar RN (2012) Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition* 108 Suppl 1: S11-26
- Nithiyanantham, S., Selvakumar S., and. Siddhuraju P. (2012). Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* L. *Journal of Food Composition and Analysis*. 27(1): 52-60.
- Sánchez X, Jiménez C, Dávila G, Álvarez I, Madrigal E (2015) Nutrient and nonnutrient components of legumes, and its chemopreventive activity: a review. *Nutrition Cancer* 67: 401-410
- Siddhuraju P, Becker K (2007) The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry* 101: 10-19
- Vidal C, Frias J, Estrella I, Gorospe MJ, Ruiz R, Bacon J (1994) Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42: 2291-2295
- Wang N, Hatcher DW, Tyler RT, Toews R, Gawalko EJ (2010) Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International* 43: 589-594
- Welham T, Domoney C (2000) Temporal and spatial activity of a promoter from a pea enzyme inhibitor gene and its exploitation for seed quality improvement. *Plant Science* 159: 289-299

Sección Sexta:
Manejo y
Conservación de
Recursos Naturales

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL TARDÍO EN MUNA, YUCATÁN.

AGRICULTURAL CHARACTERISTICS AND YIELD OF HYBRID CORN UNDER CONDITIONS OF TEMPORARY LATE IN MUNA, YUCATAN.

¹Burgos Díaz JA, ¹Rangel Fajardo MA, ¹Tucuch Haas JI

¹Campo Experimental Mocochá. INIFAP, km. 24 carretera antigua Mérida-Motul, Mocochá, Yucatán. México C. P. 97454. Tel. 01 9994342406, e-mail: *burgos.abraham@inifap.gob.mx

RESUMEN

El maíz es el principal cereal cultivado de Yucatán, forma parte de la alimentación cotidiana. Se evaluaron siete híbridos de maíz, cinco son híbridos comerciales y dos híbridos procedentes del INIFAP. Las variables respuestas fueron características agronómicas y estimación de rendimiento. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar y la prueba de Tukey $\alpha=0.05$ para la comparación de medias. Dentro de las características agronómicas solamente en altura de planta, ancho de mazorca y número de hileras registraron diferencias ($p \geq 0.05$), en el caso de la primera variable el material H-C 5 registro la menor altura, mientras que para ancho de mazorca H 520 fue superior y en número de hileras H-C 2 y H-C5 sobresalieron. En relación al rendimiento ningún material presento diferencia ($p \geq 0.05$) sin embargo HE1B y el híbrido comercial H-C4 registraron los rendimientos más altos. Con estos resultados es necesario realizar nuevas evaluaciones que permitan comprobar estos comportamientos.

Palabras clave: *maíz, híbrido, Yucatán, rendimiento.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es base de la alimentación para el pueblo mexicano y para muchas culturas en Mesoamérica. De acuerdo con Polanco y Flores (2008) el maíz es el principal cultivo en México, se siembra en diferentes altitudes, condiciones climáticas y de suelo, además de poseer valores culturales, simbólicos y espirituales.

La producción de maíz se divide en Yucatán en siembra de temporal Primavera-Verano (P-V) y con riego (otoño-invierno) en la primera podemos encontrar los mecanizados y la milpa tradicional donde los productores asocian el maíz con otros cultivos de importancia en la región, como frijoles, calabazas, hortalizas, resultando mayor el porcentaje de hectáreas cultivadas en comparación con las de riego que tienen como objetivo la producción para consumo en elote.

Aun siendo el maíz el principal cultivo por área sembrada en Yucatán con 123,368.93 ha. (SIAP, SAGARPA, 2014). La producción obtenida es baja (74,579.90 ton) con respecto a otros estados productores como Sinaloa, Sonora, etc. (SIAP, SAGARPA, 2014). Esto está ligado a la decisión de los productores por sembrar solamente materiales criollos o variedades acriolladas que llevan generaciones con ellos, aunado a falta de capacitación de tecnologías adecuadas para la región resulta en malas prácticas agrícolas o el uso inadecuado de tecnologías, así como la falta de información de utilizar nuevos materiales que pudieran elevar su producción.

En este sentido el INIFAP evalúa materiales que pueden ser opción para los productores de la región y así ampliar el abanico de posibilidades que generen altos rendimientos. El trabajo se realizó en el Sitio Experimental Uxmal que se localiza en el sur del estado de Yucatán, donde fueron evaluados cinco materiales comerciales híbridos y dos híbridos generados por investigaciones del INIFAP con el objetivo de evaluar características y comportamiento agronómico y el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo de campo se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, Carretera Mérida– Campeche vía ruinas km 72. Muna, Yucatán. (INIFAP) clima promedio de 26 °C con una precipitación promedio entre 1000 y 1200 mm anuales y un suelo mecanizable llamado Kancab en lengua maya, clasificado como Luvisol (Duch 1991).

Material genético evaluado. En la cuadro 1 se observa la lista de materiales genéticos utilizadas junto con los materiales testigos provenientes del INIFAP.

Cuadro 1. Relación de material Genético evaluado.

TRATAMIENTO	NOMBRE
1	H-C 1
2	H 520 *
3	H E1B *
4	H-C 2
5	H-C 3
6	H-C 4
7	H-C 5
Híbridos de INIFAP	

Diseño experimental y distribución de campo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las parcelas fueron de cuatro surcos de 10 m de longitud con una distancia entre surcos de 0.8, la parcela útil para la evaluación correspondió a los dos surcos centrales de cada parcela.

Preparación del suelo. Esta etapa consistió primero en un pase de desvare para reducir el tamaño de la maleza, seguido de un pase de rastra pesada para una mejor destrucción e incorporación da maleza y por ultimo un nuevo pase de rastra liviana para terminar de romper los terrones y desmenuzar mejor la tierra.

Siembra. Previo a la siembra se realizaron pruebas de germinación de todos los materiales para asegurar la germinación y emergencia. La siembra se realizó el día 12 de septiembre de forma manual, con espeque. Los pasillos se delimitaron con hilo rafia. La siembra se realizó estando el terreno húmedo (por una lluvia previa a la siembra); se utilizaron hilos marcados de acuerdo a la distancia convenida de 30 cm entre plantas teniendo una densidad de 41625 p/ha. Se sembraron dos semillas por poceta para asegurar la población y en la fase de dos a tres hojas se realizó el aclareo para dejar solo una planta por poceta.

Control de maleza. El principal problema fue el control del zacate Johnson que fue controlado con un herbicida selectivo para maíz con el ingrediente activo Nicosulfuron, las malezas de hoja ancha, en menor porcentaje, fueron controladas con herbicida 2,4-D amina. Estas aplicaciones se realizaron los primeros 30 días después de la siembra para que posteriormente se mantuviera pasillos y calles sin maleza con un control manual para facilitar la cosecha y las evaluaciones de campo.

Control de plagas. La plaga que se presentó en el ciclo del cultivo fue *Spodoptera frugiperda* “cogollero” para el control de la larva se utilizó un insecticida Spinetoram se realizaron dos aplicaciones en el ciclo del cultivo, para cuando se realizaron las evaluaciones del rendimiento en grano hubo la presencia *Sitophilus zeamais* “gorgojo del maíz” se le aplico un insecticida con ingrediente activo Deltametrina para su control.

Fertilización. Se realizó de manera manual, 10 días después de la emergencia de la semilla. La fórmula empleada fue 100-100-100, empleando como fuentes el fosfato diamónico y Urea.

Cosecha. Considerando como parcela útil los dos surcos de centrales, y las plantas que se encontraban en una competencia completa se cosechó de forma manual.

Variables de evaluación. Para medir la **Altura de la planta** se utilizó una baliza de 4 metros marcada en cm, se midió desde la base de la planta hasta la espiga. **Altura de la mazorca**, esta variable se midió con una cinta métrica, de la base de la planta hasta la inserción de la mazorca en la planta.

Ancho de la mazorca, se midió con una cinta métrica en el diámetro central de la mazorca. **Largo de la mazorca**, se utilizó una cinta métrica, se midió desde la base de la mazorca hasta el ápice. **Plagas y enfermedades**, estas variables fueron sujetas a monitoreos visuales por día durante todo el ciclo del cultivo.

Peso de la mazorca, para esta variable se utilizó una báscula digital de la marca OHAUS.

Numero de mazorcas, al momento de la cosecha se realizó el conteo de mazorcas por planta para posteriormente hacer el promedio. **Numero de hileras**, se contaron todas las hileras completas de cada mazorca.

Numero de granos/hilera, se contaron los granos de cinco hileras de las mazorcas de la muestra. **Peso del olote y peso del grano**, para esta dos variables se utilizó una báscula digital de la marca OHAUS, se pesó cada una de las mazorcas de la muestra de estimación, seguidamente se desgrano para poder medir la diferencia entre el olote y los granos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El establecimiento del cultivo fue exitoso, el periodo de siembra de temporal para Yucatán va del 17 de Junio a finales de Agosto, sin embargo no hubo un establecimiento de lluvias óptimo para considerar la siembra, por lo que se sembró el día 12 de Septiembre que contribuyó a un buen establecimiento de la evaluación. A partir de la fecha de siembra se mantuvieron constantes las lluvias y las temperaturas (Figura 1) contribuyeron a un buen desarrollo del cultivo.

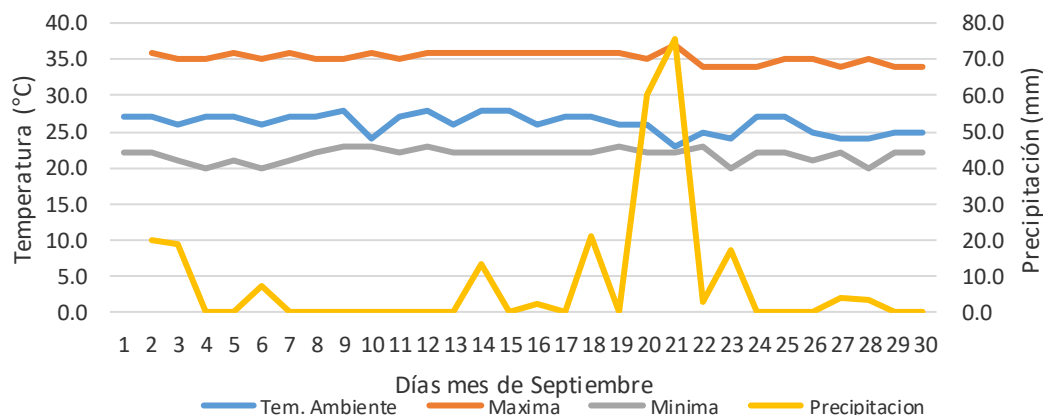


Figura 1. Precipitación y temperaturas máxima, mínima y ambiente del SE. Uxmal durante el establecimiento del ensayo.

Características agronómicas. En la cuadro 2 se presentan todas las variables de las características evaluadas de cada material. Solamente altura de planta, ancho de mazorca y numero de hileras registraron diferencias ($p \geq 0.05$). En el caso de altura de planta todos los materiales registraron alturas de 1.97 a 2.03 m con excepción de H-C 5 que solo alcanzó 1.87 m. Por otro lado la variable ancho de mazorca el híbrido H520 supero al resto de los materiales, mientras que H-C 5 registro el menor ancho de mazorca (14.47 cm); mientras tanto número de hileras los híbridos H-C 2 y H-C 5 superaron al resto de los materiales con registros de 16.7 y 16.5 respectivamente.

Cuadro 2. Características agronómicas de los híbridos evaluados bajo condiciones de temporal

Cuadro 2. Características agronómicas de los híbridos evaluados bajo condiciones de temporal																				
Material	No. Ma		Alt. mazorca (cm)		Alt. Planta (m)		P. Ma. (gr)		LM. (cm)		A. Ma (cm)		No. Hi		Gr/Hi		PO (gr)		PG (gr)	
H-C 1	1.32	a	0.63	a	2.03	a	950.8	a	16.5	a	14.99	ab	15.35	ab	37.2	a	139.5	a	767.3	a
H 520	1.32	a	0.65	a	1.99	a	903.5	a	15.57	a	15.45	a	16.1	ab	35.7	a	138.8	a	799.9	a
HE1B	1.47	a	0.66	a	1.97	ab	876.3	a	16.37	a	15.07	ab	16.5	ab	36.05	a	132.2	a	778.2	a
H-C 2	1.42	a	0.63	a	2.00	a	892.3	a	16.17	a	14.9	ab	16.7	a	35.8	a	122.8	a	714.1	a
H-C 3	1.42	a	0.64	a	2.03	a	927.3	a	16.3	a	15.17	ab	15.55	ab	35.95	a	149.4	a	775	a
H-C 4	1.17	a	0.63	a	2.03	a	851.3	a	15.42	a	14.8	ab	14.7	ab	35.35	a	119.7	a	741.5	a
H-C 5	1.25	a	0.60	a	1.87	b	842.5	a	15.7	a	14.47	b	16.65	a	36	a	116.8	a	725.9	a
DMS	0.32		0.07		0.12		272.8		1.54		0.89		1.94		3.84		52.54		191.2	

DMS: Diferencia Mínima Significativa. Promedios con la misma letra no son diferentes estadísticamente. Tukey 0.05. No.Ma= Numero de mazorca, Alt. Mazorca=altura de mazorca, Alt. de planta= altura de planta, P.Ma/gr= Peso de mazorca en gramos, LM =largo de la mazorca en centímetros, A.Ma/cm ancho de la mazorca en centímetros, No. Hi= Numero de hileras, Gr/Hi= Granos por hilera, PO (gr)=Peso del olote en gramos, PG (gr) r= Peso del grano en gramos

Rendimiento. En las cuadros 3 y 4 se observan los rendimientos promedios estimados de cada tratamiento y los promedios de rendimiento por bloque respectivamente. A pesar de no registrarse diferencias ($p > 0.05$) el híbrido H 520 supero a todos los híbridos evaluados. Probablemente esto es debido a su origen trilineal, que como lo reportan (Sierra et al 2008) quienes indican que esta condición permite aprovechar al máximo los efectos de la heterosis. En relación con los rendimientos más bajos se observa un híbrido de inifap (H E1B) y el híbrido comercial (H-C4) registraron rendimientos estimados 6.5 y 6.6 ton/ ha respectivamente, aunque los estantes alcanzaron rendimientos > 8.5 ton/ha, estos resultados parecen congruentes con lo reportado por Cantú y Reyes

(2010) quienes señalan rendimientos elevados en los híbridos de maíz amarillo N83N5 y DK-2020Y presentaron rendimientos de grano de 11.29 y 8.03 t ha⁻¹ durante el ciclo otoño- invierno. Esta respuesta puede estar asociada al desfase de la fecha de siembra temporal marcado para la península de Yucatán en inicio el 17 de junio, para el 12 de septiembre donde existieron condiciones de precipitación favorables. (Maddonni, G.A. 2012) en su trabajo menciona que es importante la ubicación y fecha de siembra para evitar algunas limitaciones climáticas para el maíz, como es la sequía, las altas y bajas temperaturas.

Cuadro 3. Rendimiento estimado, toneladas por hectárea de los materiales evaluados.

Materiales	Ton/ha	
H-C 1	8.658	a
H 520	9.02	a
HE1B	6.51	a
H-C 2	8.21	a
H-C 3	8.71	a
H-C4	6.66	a
H-C4	8.74	a
DMS	7.66	

Cuadro 4. rendimiento estimado, toneladas por hectárea de los bloques de cada material.

Bloque	Ton/ha	
1	8.6	a
2	7.6	a
3	7.73	a
4	8.55	a
DMS	4.96	

CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos no son concluyentes para recomendación de un solo híbrido para la región, es importante y necesario realizar una nueva evaluación para corroborar, sin embargo se vislumbraron alternativas dentro los híbridos de evaluación.

LITERATURA CITADA

- Cantú AMA; CA Reyes M (2010). Efecto de niveles de humedad sobre características agronómicas de híbridos de maíz. Va. Reunión Nacional de Innovación Agrícola. San Francisco de Campeche, Campeche.
- Duch G., J. 1991. Fisiografía del Estado de Yucatán. Su Relación con la Agricultura. Universidad Autónoma de Chapingo. CIR. Texcoco, México. 228 p.
- Maddonni, G.A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina-a probabilistic approach. Theoretical and Applied Climatology 107:325-345.
- Polanco-Jaime, Alejandro y Trinidad Flores Méndez (2008), Bases para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz, Foro Consultivo y Científico, a.c., México.
- SIAP, 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Consultado En mayo de 2016.

EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES MICROBIANOS SOBRE DESARROLLO DE PLANTAS DE *Stevia rebaudiana* (BERT.) VARIEDAD MORITA II.

MICROBIAL EFFECT ON DEVELOPMENT BIOFERTILIZANTES PLANTS *Stevia rebaudiana* (BERT.) VARIETY MORITA II.

¹Cauich Cauich R, ¹Lozano Contreras MG, ²Ramírez Jaramillo G

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochoá, Km 25 Carretera Mérida-Motul, Yucatán, México. ²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP. Calle 6 Num. 398 x 13, Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordáz, C.P. 97130. Mérida Yucatán, México.

Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

RESUMEN

Stevia rebaudiana (Bertoni), es cada vez más importante a nivel mundial, ya que produce esteviósidos y rebaudiósidos-A, los cuales constituyen una alternativa natural que reemplaza al azúcar y a los endulzantes tradicionalmente conocidos. El incremento en la demanda en el mercado nacional e internacional y la nula disponibilidad de materia prima ha dado lugar a iniciativas para aumentar la superficie del cultivo por parte de las autoridades gubernamentales, industriales, empresarios particulares y del sector social. Para poder llevar a cabo una producción masiva de plantas de una manera sustentable, es necesario implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos, donde los microorganismos actualmente juegan un papel importante. Por ello el objetivo de esta investigación fue evaluar la interacción y la efectividad de *Rhizophagus intraradices* y la combinación de *Azospirillum* spp. y *Bacillus* spp. sobre el desarrollo de plántulas de *Stevia rebaudiana* variedad Morita II, en sustrato Sunshine. Las bacterias *Azospirillum* spp. y *Bacillus* spp. así como el hongo micorrízico (*Rhizophagus intraradices*), ejercieron un efecto promotor de crecimiento al (1) obtener plantas más vigorosas y altas de *S. rebaudiana* y (2) al conseguir mayor emisión de hojas comparadas con el testigo sin inoculantes. Asimismo, se obtuvieron altos niveles de micorrización (83.33%) en los tratamientos inoculados con *Rhizophagus intraradices*.

Palabras clave: Esquejes, Micorrizas, Biofertilizantes, *Stevia rebaudiana*.

INTRODUCCIÓN

La estevia está atrayendo la atención de amplios sectores como un edulcorante natural que sustituye a los artificiales debido a que los glucósidos que se extraen de su hoja seca son de 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa (Jarma *et al.*, 2010). La yerba dulce constituye una alternativa natural que reemplaza al azúcar y a los endulzantes tradicionalmente conocidos. El incremento en la demanda en el mercado nacional e internacional y la nula disponibilidad de materia prima ha dado lugar a iniciativas para aumentar la superficie del cultivo por parte de las autoridades gubernamentales, industriales, empresarios particulares y del sector social. El primer paso para aumentar la superficie de este cultivo, es la producción masiva de plántulas. La reproducción de *Stevia* sobre todo asexual resulta conveniente por conservar las características de la planta madre. La reproducción vegetativa de *Stevia* puede llevarse a cabo mediante hijuelos, cultivo de tejidos y esquejes; siendo la propagación por esquejes el método más apropiado para ser usado a escala comercial (González, 2011). Para poder llevar a cabo una producción masiva de plantas de una manera sustentable, es necesario implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos, donde los microorganismos actualmente juegan un papel importante. En este sentido la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV), son una alternativa que puede emplearse para su producción, debido a sus efectos positivos que ejercen en las plantas, al producir y segregar reguladores del crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, mejorando procesos como germinación de semillas, nutrición mineral, desarrollo de raíces, empleo del agua, entre otros (Díaz *et al.*, 2001; Pan *et al.*, 1999; Zago *et al.*, 2000).

Otra de las cualidades del empleo de estos microorganismos es el aumento del esteviósido, que presenta la planta cuando se inoculan (Mandal *et al.*, 2013; Vafadar *et al.*, 2014). Por ello el objetivo

de esta investigación fue evaluar la interacción y la efectividad de *Rhizophagus intraradices* y la combinación de *Azospirillum* spp. y *Bacillus* spp. sobre el desarrollo de plántulas de *Stevia rebaudiana* variedad Morita II, en sustrato Sunshine.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. Para la producción de plantas se emplearán esquejes de *Stevia rebaudiana* Bertoni, de la variedad Morita II, estos serán propagados a partir de plantas madre de un cultivo ubicado en el Sitio experimental Uxmal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en el municipio de Muna, del estado de Yucatán.

Selección de esquejes. Se seleccionaron brotes terminales de un tamaño de 12 a 15 cm de longitud y de 3 a 4 nudos, antes de que emitieran botones florales. Estos brotes se prepararon eliminando las hojas inferiores dejando solamente de 3 a 4 pares de hojas y recortándolos para dejarlo a una altura de 8 a 10 cm. La siembra e inoculación se realizaron inmediatamente después del corte de los esquejes.

Inoculación de esquejes. Para su inoculación se utilizaron los siguientes tratamientos 1) Micorriza INIFAP® (*Rhizophagus intraradices*, ≥ 60 esporas g⁻¹), 2) Bactocrop® (BIOqualitum S.A. de C.V.) a base de *Azospirillum* spp. 2.5% (1×10^8 UFC/g) y *Bacillus* spp. 2.5% (1×10^8 UFC/g), 3) Testigo (esquejes sin inocular). La inoculación consistió en disolver 70 g de cada tratamiento en un litro de agua, cada solución se agitará para mantenerla homogénea. Los esquejes se remojaron durante un minuto en la solución antes de plantarlos, ya que la exposición prolongada en la solución puede producir daños en el enraizado. Una vez inoculados los esquejes se colocaron en charolas de unicel de 200 cavidades previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1%, que contenían el sustrato Peat moss No.3. como mantenimiento de la planta, se realizaron riegos cada dos días por las mañanas y se utilizó una regadera manual con capacidad de 8 L.

Variables estimadas. altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), peso seco de hoja (PS), longitud de raíz (LR) y peso seco de tallo (PT). Cada tratamiento estuvo constituido de diez repeticiones. Las evaluaciones se realizaron semanalmente durante cinco semanas. Al final del experimento se hicieron evaluaciones del porcentaje de colonización radical por la micorriza, con una modificación de la técnica de clareo y tinción de raíces micorrizadas (Phillips y Hayman, 1970). Los datos se analizaron con un análisis de varianza de tres factores para un diseño completamente aleatorizado y la diferencia significativa entre medias se determinó $\alpha \geq 0.05$ por la prueba de Tukey (SAS Institute, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto en la promoción de crecimiento en plántulas de *Stevia rebaudiana*. A los 35 días después de la siembra, la altura de plántula mostró diferencias significativas ($p \leq 0.001$). Los tratamientos a base de micorriza y bacterias promotoras del crecimiento vegetal, promovieron una mayor altura que oscila entre 7.60 y 7.66 cm. Con estos tratamientos se estimuló un mayor incremento en su altura, con respecto al testigo sin biofertilizante que alcanzó una altura de 6.30 cm (Cuadro 1). En relación a la ganancia de biomasa seca aérea (tallos y hojas), no se mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0.001$). Sin embargo se observó una mayor emisión de hojas en los tratamientos Bactocrop® y Micorriza INIFAP® con 21 y 17 hojas nuevas respectivamente. Siendo este nuestro principal objetivo, ya que en este cultivo, lo que se desea es una abundante emisión de hojas. Por lo que los tratamientos evaluados podrían ayudar a estimular la emisión de hojas, en ese aspecto diversos autores mencionan que tales productos modulan los procesos fisiológicos, lo que incide en una estimulación del crecimiento en longitud y grosor, y también influyen en el incremento y la homogenización de la floración, el adelanto de las cosechas y el aumento de la cantidad y calidad de los frutos (Noda *et al.*, 2013; Pecina *et al.*, 2005).

Con respecto al crecimiento de raíces en plántulas de *Stevia rebaudiana*, en los tratamientos biológicos se promovió el incremento de sus raíces (Cuadro 1). Sin embargo, aun cuando no se detectaron diferencias estadísticas, permitieron aumentos en la longitud de la raíz con respecto al testigo que presentó un escaso crecimiento con 5.70 cm.

Los resultados obtenidos en esta evaluación confirman el potencial de las micorrizas y las bacterias promotoras del crecimiento con este cultivo, Vafadar *et al.*, (2014) evaluaron el efecto de plántulas regeneradas de la stevia en cultivo de tejidos y cultivadas en macetas e inoculado con rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPRs) (*Bacillus polymixa*, *Pseudomonas putida*, y *Azotobacter chroococcum*) y hongos micorrízicos (AMF) (*Glomus intraradices*). Los resultados mostraron que, en comparación con el control, el uso de estos microorganismos aumentó significativamente la raíz y disparar la biomasa, así como el esteviosido, la clorofila, y el contenido de NPK en las plantas.

Cuadro 1. Biofertilizantes en la promoción del crecimiento en altura, emisión de hojas, longitud de raíz y biomasa seca aérea en plántulas de *S. rebaudiana*.

Variable	Tratamiento	Días de Evaluación				
		7	14	21	28	35
AP (cm)	1	5.41a*	6.02a	4.39a	7.15a	7.60a
	2	5.81a	5.67a	4.43a	7.21a	7.66a
	3	5.45a	4.66a	4.53a	7.15a	6.30b
DT (mm)	1	1.76a	1.78a	1.53a	1.59a	1.51b
	2	1.71a	1.85a	1.81a	1.62a	1.85a
	3	1.72a	1.87a	1.67a	1.75a	1.55b
NH	1	15.00a	20.80a	17.10a	22.20a	21.40a
	2	19.20a	22.20a	22.60a	24.60a	17.80a
	3	16.50a	20.60a	17.80a	20.70a	14.40a
PS (g)	1	0.14a	0.17	0.13a	0.97a	0.08a
	2	0.15a	0.15	0.14a	0.14a	0.08a
	3	0.17a	0.19a	0.14a	0.17a	0.11a
PT (g)	1	0.04a	0.04a	0.04a	0.02a	0.02a
	2	0.04a	0.05a	0.06a	0.02a	0.03a
	3	0.04a	0.05a	0.22b	0.02a	0.03a
LR (cm)	1	0.03a	0.73a	2.19b	6.26a	6.05a
	2	0.10a	1.06a	4.22a	6.35a	6.00a
	3	0.06a	0.79a	4.58a	5.97a	5.70a

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey $P \leq 0.05$.

1) Tratamiento Bactocrop®, 2) Tratamiento Micorriza INIFAP®, 3) Testigo. Variables: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), peso seco de hoja (PS), longitud de raíz (LR) y peso seco de tallo (PT).

Micorrización de *Stevia rebaudiana*. Después de los 35 días de evaluación el porcentaje de micorrización que se determinó en los tratamientos inoculados con *Rhizophagus intraradices* fue del 83.33%. Al respecto Portugal *et al.*, (2006), evaluó 7 especies de hongos MA (*Glomus intraradices*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus etunicatum*, *Entrophospora* sp., *Acaulospora* sp.), dos aislados de stevia, observando que su colonización varió de un 27% con *G. macrocarpum* y un 76% con las cepas de *Entrophospora* sp y *G. intraradices*. Los resultados demostraron que los hongos micorrízicos tienen afinidad por este cultivo.

CONCLUSIONES

Las bacterias *Azospirillum* spp. y *Bacillus* spp. así como el hongo micorrízico (*Rhizophagus intraradices*), ejercieron un efecto promotor de crecimiento al (1) obtener plantas más vigorosas y altas de *S. rebaudiana* y (2) al conseguir mayor emisión de hojas comparadas con el testigo sin inoculantes. Asimismo, se obtuvieron altos niveles de micorrización (83.33%) en los tratamientos inoculados con *Rhizophagus intraradices*.

LITERATURA CITADA

- Díaz, P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J. and Alcántara, G. 2001. Inoculation of Plant Growth-promoting Bacteria in Lettuce. Terra. 19, 327- 333.
- González, A. 2011. Aproximación a la comprensión de un endulzante natural alternativo, la *Stevia rebaudiana* Bertoni: producción, consumo y demanda potencial. Agroalimentaria. 17(32): 57-69.

- Jarma, A. de J., Combatt, E. M., Cleves, J. A. 2010. Aspectos nutricionales y metabolismo de *Stevia rebaudiana* (Bertoni). Una revisión. Agronomía Colombiana. 28(2): 199-208.
- Noda, Y., Martín, G., Matos, W., and Pentón, G. 2013. Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de *Morus alba*. Pastos y Forrajes. 36(2): 190-196.
- Pan, B., Bai, Y., Leibovitch, S. and Smith, D. 1999. Plant-growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. European Journal of Agronomy. 11,179-186.
- Phillips, J. M. and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. Transactions of the British Mycological Society. 55,158-161.
- Portugal, P., Giuliana, C., Quitério, M., Sylvio, L.H. 2006. Seleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares para Estêvia, *Stevia Rebaudiana* (bert.) Bertoni. Edilberto. MultiCiencia: Revista interdisciplinar dos Centros e Nucleos da Unicamp. 7, 2-20.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS/STAT user's guide, version 6, 4th edn. SAS Institute, Cary, NC.
- Vafadar, F., Amooaghaie, R., Mahmoud, O. 2014. Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus on plant growth, stevioside, NPK, and chlorophyll content of *Stevia rebaudiana*. Journal of Plant Interactions. 9(1): 128-136.
- Zago, V., De-Polli, H. and Rumjanek, N. 2000. *Pseudomonas* spp. Fluorescentes – Bacterias promotoras de crescimento de plantas e biocontroladoras de fitopatógenos em sistemas de produção agrícola. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia. 32 p. EMBRAPA-CNPAB, Documento N° 127. SIN 0104-6187.

EVALUACIÓN DE LAS REFORESTACIONES EN ÁREAS AFECTADAS POR EL HURACÁN BÁRBARA EN CHIAPAS, MÉXICO.

REFORESTATION ASSESSMENT IN AREAS AFFECTED BY HURRICANE BARBARA IN CHIAPAS, MEXICO

¹Reynoso Santos R, ¹López Martínez J

¹Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH) del INIFAP. Km. 3, Carretera Ocozocoautla-Cintalapa. Ocozocoautla de Espinosa, C.P. 64120. Chiapas, México.

*Autor para correspondencia: reynoso.roberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Para restaurar la vegetación del área afectada por el huracán Bárbara en 2013, la Reserva de la Biósfera La Sepultura (REBISE) inició en 2014 un proyecto de restauración a través de la reforestación en zonas de bosque de pino y selvas bajas caducifolias. El objetivo del estudio fue evaluar el porcentaje de supervivencia en reforestaciones de 2014 y 2015. Del total de predios reforestados (2,989 ha), se utilizó un muestreo aleatorio proporcional al tamaño para seleccionar los sitios a supervisar. Dentro de los polígonos los puntos de muestreo se aleatorizaron usando el comando *Random points* de Arcgis. El porcentaje de confiabilidad fue de 95 %. A pesar de los esfuerzos, los resultados nos han sido del todo alentadores. Las evaluaciones de la reforestación hecha en 2014 muestran niveles de supervivencia menores a 10%, mientras que las de 2015 se registraron en 51.5%. Los resultados están relacionados a planta de mala calidad, fechas inapropiadas de plantación y falta de seguimiento técnico en el proceso de reforestación. Para lograr el éxito en la reforestación se propone un seguimiento técnico coordinado en todos los eslabones del proceso, desde la semilla, producción y establecimiento en campo.

Palabras clave: *REBISE, restauración, supervivencia, evaluación.*

INTRODUCCIÓN

Las fuertes precipitaciones ocasionadas por el huracán Bárbara en 2013, emitió la declaratoria de desastre para 12 municipios de Chiapas. Los municipios afectados fueron Arriaga, Belisario Domínguez, Cintalapa, El Parral, Jiquipilas, La Concordia, Mapastepec, Ocozocoautla de Espinosa, Pijijiapan, Tonalá, Villa Corzo y Villaflores. Dentro de las áreas afectadas, se encuentra el Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera la Sepultura (REBISE).

En lo que respecta al área de la REBISE, se tuvo una afectación de 5,415 ha. A partir de 2014, se iniciaron diversas actividades para restaurar la vegetación dañada (2,989 ha), tales como la conservación de suelos, reforestación, producción de planta y protección de áreas para minimizar los riesgos a erosión. Las reforestaciones se establecieron en 2014 y 2015, sobre los tipos de vegetación bosques de pino, bosque de pino encino y en menor parte selva baja caducifolia.

Hasta la fecha, no se había realizado estudios previos en la zona para evaluar los programas operativos de la CONANP y apoyos de CONAFOR sobre reforestaciones, por lo que no se conoce el grado de impacto y supervivencia que han tenido las reforestaciones pasadas. A esto se suma, la falta de información cartográfica que permita conocer con precisión la ubicación espacial de las reforestaciones y prácticas de conservación de suelo realizadas.

En este marco, la Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), encomendó al INIFAP la supervisión externa de las prácticas de reforestación llevadas a cabo por dos empresas en el área de la REBISE. El objetivo del presente estudio fue evaluar la supervivencia de las reforestaciones efectuadas en 2014 y 2015 en el área de la REBISE.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la REBISE. Los polígonos reforestados se ubicaron en la REBISE localizada en la región suroeste del estado de Chiapas, en la porción noroeste de la Sierra Madre. Limita al norte y noreste con la Depresión Central de Chiapas, al este con las cumbres de la Sierra Madre, al sur con la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas y al oeste con las estribaciones de la misma Sierra Madre.

Cuenta con una superficie de 167,309-86-25 ha y 9 tipos de vegetación, dentro de los que destacan los bosques de pino-encino y las selvas bajas caducifolias (INE-SEMARNAT, 1999).

Selección de polígonos a supervisar. Del padrón de sitios reforestados en 2014 y 2015, se realizó la selección de polígonos a supervisar de acuerdo al método “selección aleatoria proporcional al tamaño” (Colpos, 2008) (Ecuación 1), bajo el supuesto de que los predios con mayor superficie tienen mayor probabilidad de ser seleccionados. El tamaño de muestra solicitado fue de 10 %, sin embargo, se pudo muestrear el 30 % de la totalidad de polígonos reforestados.

Ecuación 1. Asignación proporcional o de Bowley

$$(n_i = n * (N_i / N)).$$

Donde:

n_i : proporción dentro de la muestra.

n : tamaño de muestra

N_i : número de beneficiarios

Dentro de cada uno de estos polígonos, se generaron puntos aleatorios con la herramienta *Random points* del Arcgis para obtener las coordenadas geográficas de los sitios seleccionados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localidades seleccionadas y coordenadas geográficas para el muestreo de campo.

Predio/polígono	POINT_X (GRADOS DECIMALES)	POINT_Y (GRADOS DECIMALES)
Michoacán	-93.755846	16.385851
Michoacán	-93.753079	16.386649
Michoacán	-93.75541	16.386416
Baja California	-93.870247	16.435621
Baja California	-93.870479	16.437704
Baja California	-93.870223	16.436343
Mancomún (Tierra y Libertad)	-93.861693	16.359267
Mancomún (Tierra y Libertad)	-93.86264	16.358888
Mancomún (Tierra y Libertad)	-93.86165	16.360729
Mancomún (Tierra y Libertad)	-93.861501	16.359563
San Antonio	-93.874191	16.302814
San Antonio	-93.873013	16.303033
San Antonio	-93.871801	16.301929
Poza galana	-93.792678	16.277824
Poza galana	-93.786479	16.276944
Poza galana	-93.787882	16.276674
San Martín	-93.878797	16.28917
San Martín	-93.878936	16.288269
San Martín	-93.878521	16.288502
Santa Isabel	-93.875172	16.380727
Santa Isabel	-93.878806	16.381323
Santa Isabel	-93.875224	16.382123
Santa Isabel	-93.874842	16.379357
Total: 23		

Trazo de sitios de muestreo y registro de variables. Con las coordenadas geográficas registradas a través del proceso aleatorio, se formaron cuadrillas de supervisión para establecer sitios circulares de 100 m², en donde se registró la supervivencia de las plantas, especies plantadas, altura, Diámetro a la altura del cuello de la raíz, tamaño de la cepa, sanidad y fotografías de la reforestación.



Figura 1. Cuadrillas de supervisión en campo para registro de supervivencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general, existen terrenos aptos para la reforestación, y otros, por sus características físicas no tienen aptitud adecuada para esta actividad debido a que se han utilizado para la ganadería y como consecuencia los suelos presentan fuertes problemas de compactación y de erosión. Por otro lado, existen sitios que por el nivel de cobertura no presentan la necesidad de ser intervenidos a través de la reforestación, sino más bien a través de una estrategia integral que abarcara desde propiciar la respuesta natural del bosque a regenerarse, hasta el establecimiento de obras de conservación de suelo y fertilización.

Supervivencia de las reforestaciones. Los resultados de la supervivencia de la reforestación en 2014, muestran que en promedio se encuentran muy por debajo de la media nacional registrada en 2015 (9.85 vs. 40.2 %, respectivamente) (Cuadro 2) (CONAFOR, 2015). Para este año, todas las localidades supervisadas presentaron valores por debajo del 30 %, y algunas de ellas con valores de 0 %. Para el caso de las localidades de San Antonio y Baja California los porcentajes de supervivencia estuvieron arriba del 20 % (Cuadro 2). De acuerdo a los diferentes marcos de plantación registrados en campo, la densidad promedio de plantas por ha fue de 406 (± 290.4). La mayor densidad se registró en Baja California con 766 plantas por ha, seguida de Michoacán y San Antonio. Estos datos son muy contrastantes para algunas localidades si consideramos que el número de plantas/ha requeridas en el convenio es de 900 a 1100 plantas. La altura promedio de las plantas registradas fue de 46.4 cm (± 26.09) y el DAP de 1.03 (± 1.84). Debido a que se desconoce el tamaño y DAP promedio de las plantas al ser sembradas, no es posible realizar conjeturas acerca del crecimiento que han tenido después de 1 año de ser plantadas.

Los resultados promedio de la supervivencia de 2015 registraron valores en promedio por arriba de la media nacional (51.5 vs. 40.2, respectivamente) (Cuadro 3).

Estos resultados, aunque parecen favorables con respecto a la media nacional, al contrastarlos con otros estudios podemos inferir que los porcentajes de supervivencia registrados en REBISE son bajos (supervivencia > 80 % después de 2 meses de plantado). El análisis de las mediciones por comunidad muestra diferentes características de plantas en cuanto a DAP y altura. Es importante señalar que muchas de las plantas registradas en campo no tienen las características de calidad de diámetro a la altura del cuello de la raíz (≤ 3 mm), altura (< 15 mm). Dicha situación es particularmente importante, ya que en algunos estudios sobre supervivencia se ha identificado a la variable DAP con mayor influencia en la supervivencia de plantaciones de *Pinus* debido a que el diámetro se relaciona directamente con las reservas de carbohidratos no estructurales y con el desarrollo de las raíces (Sigala *et al.*, 2015). Además de esto, se observó que un 40 % de las plantas presentaban daños en la yema apical por lo que su crecimiento se verá limitado.

Cuadro 2. Resultados de la evaluación de la supervivencia promedio registrados en reforestaciones de 2014.

Localidad	Plantas vivas	Plantas muertas	Densidad (pl/ha)	Supervivencia (%)
Michoacán	1	6	700	14.2
Mancomún	0.3	3	350	4.2
San Antonio	1.25	3	425	23.33
Baja California	2.33	5.33	766.66	20.7
San Martín	0	0	0	0
Poza Galana	0	2	200	0
Promedio	0.77	3.22	406.94	9.85

Cuadro 3. Resultados de la evaluación de la supervivencia registrados en reforestaciones de 2015.

Localidad	Plantas vivas	Plantas muertas	Densidad (pl/ha)	Supervivencia (%)
Las Moradas	4.7	4	870	54
Niños Héroes	5.2	2.4	760	68.4
Grano de Oro	5.3	5	1030	51.4
Los Mangos	2.3	4.5	680	33.8
Rosendo Salazar	5	5	1000	50
Promedio	4.5	4.1	868	51.5

Problemática asociada al proceso de reforestación. Se registró que la mayor parte de la planta reforestada estuvo afectada por sequías debidas a las fechas inapropiadas en que se realizó la plantación. En algunos casos se tiene registrado que la planta se estableció casi a fin de la época de lluvias (Octubre-Noviembre de 2014 y 2015). Dicha situación, aunado a planta de mala calidad coadyuvó a los bajos niveles de supervivencia registrados.

Por otro lado, también se detectaron polígonos en los que no hubo alguna actividad de reforestación. También se observó una falta de seguimiento técnico durante la reforestación en campo y falta de organización de las actividades por parte de los beneficiarios. Esta situación se pudo detectar al observar el tipo de material no apropiado que fue usado por los productores para realizar la apertura de cepas. También es importante destacar que existen algunas comunidades dentro de la región que sí están organizadas y apropiadas con las actividades de reforestación, tal es el caso de Corazón de Valle donde por un lado se registraron valores altos de supervivencia (> 50%) como resultado de un proceso de plantación correcto (p. ej. tamaño de cepas 30 X 30 y densidad de plantación 1,400 plantas/ha), además de una organización del ejido para la reforestación y otras prácticas de manejo forestal (Datos no reportados en el estudio).

Esquema de reforestación para asegurar la supervivencia en campo. Es necesario la implementación de un esquema de reforestación apropiado como una alternativa para mejorar los resultados en la restauración de ecosistemas. El esquema debe considerar como elementos sustanciales la planeación desde el nivel de políticas públicas del programa de reforestación, hasta la plantación en campo. El éxito de la reforestación se debe entender como una interrelación entre diversos factores. Como primera etapa se plantea la planeación a nivel de política pública, motivación del productor para sembrar (pago por Servicios ambientales, Plantaciones Forestales Comerciales, SE, etc.), ubicación espacial de las zonas a reforestar y aptitud del terreno, ubicación de zonas de movilización de semillas (especies aptas para el sitio y propósito), uso de germoplasma de buena calidad genética (UPGF-I, NMX-169), uso de viveros semi-tecnificados para la producción de planta

(calidad física de la planta), adecuado transporte de plantas al campo, planeación de fechas de siembra idóneas y uso de técnicas adecuadas de plantación en campo, mantenimiento de la plantación (2 años de mantenimiento) y seguimiento o acompañamiento técnico continuo.

CONCLUSIONES

- En general, una proporción alta de plantas muertas.
- La densidad de plantación observada fue diferente en todos los casos: en sitios con arbolado adulto (cobertura mayor al 50 %) la densidad de siembra fue baja.
- Los sitios seleccionados para la reforestación están dentro del área afectada por el huracán Bárbara, los cuales presentan diferentes características en uso de suelo, pendiente, cobertura arbórea y fertilidad. Se encontraron terrenos aptos para la reforestación y otros, por sus características físicas, no tienen aptitud adecuada para esta actividad debido a que se han utilizado para la ganadería y los suelos presentan fuertes problemas de compactación y de erosión.
- Las fechas de plantación en todos los sitios fueron diferentes.
- La edad y calidad de la planta en vivero fue diversa y las condiciones ambientales (precipitación y viento) fueron factores que afectaron la condición y supervivencia de la planta en campo.

LITERATURA CITADA

- Colegio de Postgraduados (Colpos). 2008. Reforestación. Evaluación externa ejercicio fiscal 2007. Informe. Pp. 101
- INE-SEMARNAP. 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera La Sepultura. México. Pp. 247
- Sigala R., J. Á., M. A. González T. y J. Jiménez P. 2015. Análisis de supervivencia para una reforestación con *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el sur de Nuevo León. Ciencia UANL 18 (75): 61–66.

VARIABILIDAD GENÉTICA Y ADAPTACIÓN DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) EN TUXTLA CHICO, CHIAPAS.

GENETIC VARIABILITY AND ADAPTATION OF CASTOR BEAN (*Ricinus communis* L.) IN TUXTLA CHICO, CHIAPAS.

¹Solís Bonilla JL, ²Muñoz Orozco A, ¹Hernández Gómez E, ³Martínez Valencia BB, ²Escalante Estrada JAS, ⁴Zamarripa Colmenero A, ⁵Ramírez Guillermo MA.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa. Carretera Tapachula-Cacahoatán km 18. Tuxtla Chico, Chiapas, México.

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco. C. P. 56230, Estado de México.

³Universidad Federal de Paraná, Centro Politécnico - Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210 – Jardim das Américas. Curitiba – Paraná-Brasil.

⁴RD2 Visión, Camino a Calance S/N C. P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas.

⁵Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Huimanguillo. Carretera km 1 Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco, México.

Autor para correspondencia: solis.joseluis@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluaron características morfológicas, variables de racimos, frutos y semillas de 12 variedades higuierilla (*Ricinus communis* L.) sembradas en Tuxtla Chico, Chiapas en julio de 2013. Se encontró variabilidad en las características de planta, así como en las de racimos, frutos y semillas. De acuerdo a los componentes principales las variedades V3 (*Riric67-6*), V5(*Riric10*), V6 (*Riric19*), V7 (*Riric29*), V8 (*Riric274*) y V10 (*Riric1*) fueron las de mejor adaptación a las condiciones de siembra de julio en Tuxtla Chico, los rasgos en los que más destacaron fueron tamaño de fruto y semilla, porte bajo y precocidad (DF) en tanto que las variedades no mejoradas sobresalieron en longitud de racimo (LR) y frutos por racimo (FR). Las Lluvias fuertes en floración y fructificación provocaron considerables pérdidas de producción debido a la caída de los frutos. Los resultados obtenidos indican que existe variabilidad genética para obtener materiales promisorios que pueden ser futuras variedades de higuierilla para la producción de biocombustibles en México

Palabras claves: Producción, diversidad, adaptación, ricinocultura, biocombustible.

INTRODUCCIÓN

El INIFAP desde el año 2008, inició los trabajos de descripción y evaluación de variedades de higuierilla, disponía en Tuxtla Chico de 375 genotipos originarios de los estados de Michoacán, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Oaxaca, Guanajuato, Yucatán, Morelos y Guerrero concentrados en un Banco de Germoplasma. Se seleccionaron 16 materiales por características morfológicas y agronómicas los cuales fueron evaluados en diversos estados del País. Los resultados mostraron gran variación en el comportamiento agronómico, en función de los sitios experimentales (Zamarripa, 2011). En Tuxtla Chico ambiente de trópico húmedo, destacaron los genotipos *INIFAP RIRIC-274*, *INIFAP RIRIC-29* e *INIFAP RIRIC-19* con rendimientos de grano de 1.86 a 2.53 t ha⁻¹ (Zamarripa *et al.*, 2012; Zamarripa 2011; Solís *et al.*, 2011). Derivado de estas evaluaciones se seleccionaron 10 materiales para el presente trabajo. La época de siembra ejerce una gran influencia en el rendimiento y la calidad de la semilla de higuierilla, dependiendo de las condiciones climáticas de cada región (Queiroga y Beltrao, 2004). En las regiones tropicales, existe una relación directa entre la siembra y el rendimiento de los cultivos. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar la variabilidad genética y adaptación de un grupo de variedades de higuierilla en ambiente de trópico húmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el Campo Experimental Rosario Izapa, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas con coordenadas geográficas 92° 09' longitud Oeste y 14° 58' latitud Norte a una altitud de 435 msnm, área de selva tropical húmeda. El clima predominante en el área de influencia es de Aw2 (w) Ig correspondiendo al más húmedo de los cálidos sub-húmedos tropicales con lluvias en

verano (García, 2005). La precipitación y la temperatura media anual son de 4,194 mm y 26 °C respectivamente. La distribución pluvial ocurrió de mayo a mediados de noviembre con régimen monomodal, con la gran sequía invernal (GSI) de finales de noviembre hasta mediados de marzo. La precipitación durante la estación de crecimiento del cultivo, de julio de 2013 a septiembre de 2014, fue 7,585 mm.

Se evaluaron 11 variedades de higuera: 10 mejoradas, las colectas *CP13* y *Zajl2* (no mejoradas) (Cuadro 1). Las variedades de INIFAP fueron seleccionadas de acuerdo a resultados previos obtenidos por Zamarripa *et al.*, (2010). El experimento se estableció el 26 de julio de 2013. La parcela experimental fue de 12 metros de largo por 2.0 metros de ancho (24 m²), con cinco plantas por surco, en rectángulo a 2.0 x 3.0 m. Se usó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. Las variables evaluadas con más de una fecha de lectura fueron: altura de la planta (AP) medida desde la superficie del suelo hasta el extremo más alto, diámetro de tallo (DT) 40 cm arriba del suelo, número de hojas (NH) contadas a partir de la base del tallo hasta el extremo más alto, número de ramas (NR) de la base del tallo hasta la primera bifurcación, área del dosel vegetal (ABS): para ello se tomó el ancho (ADS) y largo (LDS) del dosel. Las variables que se registraron una vez corresponden a los días a floración (DF), número de racimos por planta (NRP), longitud del racimo (LR), número de frutos por racimo (NF), diámetro ecuatorial (DE) y polar (DP) de fruto y peso de fruto (PF). Asimismo, características en semilla: longitud (LS), Ancho (AS), grosor (GS), volumen (VL), relación largo/ancho (RLA), peso de 100 semillas (PCS) así como la producción de grano (REN). Los análisis se hicieron a través del programa estadístico SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Las medias de variedades de todas las variables en estudio fueron sometidas a análisis multivariados de componentes principales y conglomerados.

Cuadro 1. Origen de las variedades de higuera utilizadas en la evaluación en Tuxtla Chico, Chiapas.

Tratamiento	Genotipo	Forma	Origen	Altitud (msnm)	Color de semilla
1	<i>Riric269-3</i>	M	Morelia, Michoacán	1695	Café veteadado
2	<i>Riric265-1</i>	M	Barranca Honda, Michoacán	872	Crema veteadado
3	<i>Riric67-6</i>	M	Frontera Comalapa, Chiapas	687	Crema veteadado
4	<i>Riric267-2</i>	M	Tipitio, Uruapan, Michoacán	2101	Crema veteadado
5	<i>Riric10</i>	M	Unión Juárez, Chiapas	878	Crema veteadado
6	<i>Riric19</i>	M	Sierra Morena, Villa Corzo, Chiapas	1070	Crema veteadado
7	<i>Riric29</i>	M	La Garza, Villaflores, Chiapas	605	Café veteadado
8	<i>Riric274</i>	M	San Jerónimo, Unión Juárez, Chiapas	776	Crema veteadado
9	<i>Riric273</i>	M	Guatimoc, Cacahoatán, Chiapas	809	Crema veteadado
10	<i>Riric1</i>	M	Unión Roja, Cacahoatán, Chiapas	519	Café veteadado
11	<i>CP13</i>	NM	Montecillo, Texcoco, Edo. de México	2240	Gris veteadado
12	<i>Zajl2</i>	NM	Zapotiltic, Jalisco	1302	Gris veteadado

M; mejorada, NM; no mejorada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componente principales. De acuerdo al análisis de componentes principales, con los primeros dos componentes principales (CP) se explicó el 83 % de la variación total. Los valores propios de los componentes principales son para el CP1 es 13.15, el valor para CP2 es de 3.51 y el de CP3 de 1.4 % (Cuadro 2). La componente uno está relacionado con caracteres de la semilla, la dos con caracteres del desarrollo vegetativo y la tres con altura de planta y días a floración (cuadro 3)

Cuadro 2. Valores propios del ACP de 11 variedades de higuera en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre 2014.

CP	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	13.157	9.645	0.658	0.658
2	3.512	2.065	0.176	0.833
3	1.447	0.649	0.072	0.906
4	0.798	0.250	0.039	0.945
5	0.547	0.281	0.027	0.973

Las variables que contribuyeron a la variación en el CP1 fueron frutos por racimos y lo concerniente con el tamaño de fruto (diámetro polar, diámetro ecuatorial y peso de fruto) y semilla (longitud de semilla, ancho de semilla, grosor de semilla y peso de cien semillas); en el CP2 fueron diámetro de tallo, número de ramas, número de hojas, ancho del dosel, longitud del dosel y área basal variables relacionadas con la morfología de la planta (Cuadro 3)

Cuadro 3. Vectores propios del ACP de 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Variables	CP1	CP2	CP3	Variables	CP1	CP2	CP3
AP	0.187	0.289	-0.408	FR	-0.263	0.092	0.035
DT	0.094	0.446	0.187	DP	0.254	-0.111	0.037
NR	0.072	0.321	0.561	DE	0.259	-0.115	-0.006
NH	0.190	0.296	0.129	PF	0.256	-0.083	0.139
ADS	0.199	0.330	-0.017	LS	0.258	-0.158	0.039
LDS	0.208	0.308	-0.041	AS	0.264	-0.138	0.055
ABS	0.202	0.333	-0.205	GS	0.263	-0.127	0.084
DF	-0.161	-0.056	0.600	RLA	-0.256	0.067	-0.091
NRP	0.219	-0.183	-0.043	PCS	0.259	-0.160	0.016
LR	-0.246	0.174	-0.071	REN	0.227	-0.118	0.123

AP= altura de planta, DT=diámetro de tallo, NR=número de ramas, NH=número de hojas, ADS= Ancho del dosel, LDS= longitud del dosel, ABS=área basal, DF=días a floración, NRP= número de racimos por planta, LR=longitud de racimo, FR=frutos por racimo, DP=diámetro polar de fruto, DE= diámetro ecuatorial de fruto, PF= peso de fruto, LS= longitud de semilla, AS=Ancho de semilla, GS=grosor de semilla, PS=peso de semilla, RLA= relación largo/ancho, PCS=peso de 100 semillas, REN=rendimiento de semilla.

Las variedades 3(Riric67-6), 5(Riric10), 6(Riric19) 7(Riric29), 8(Riric274) y 10(Riric1) se conglomeraron en el grupo III del ACP (Figura 1)

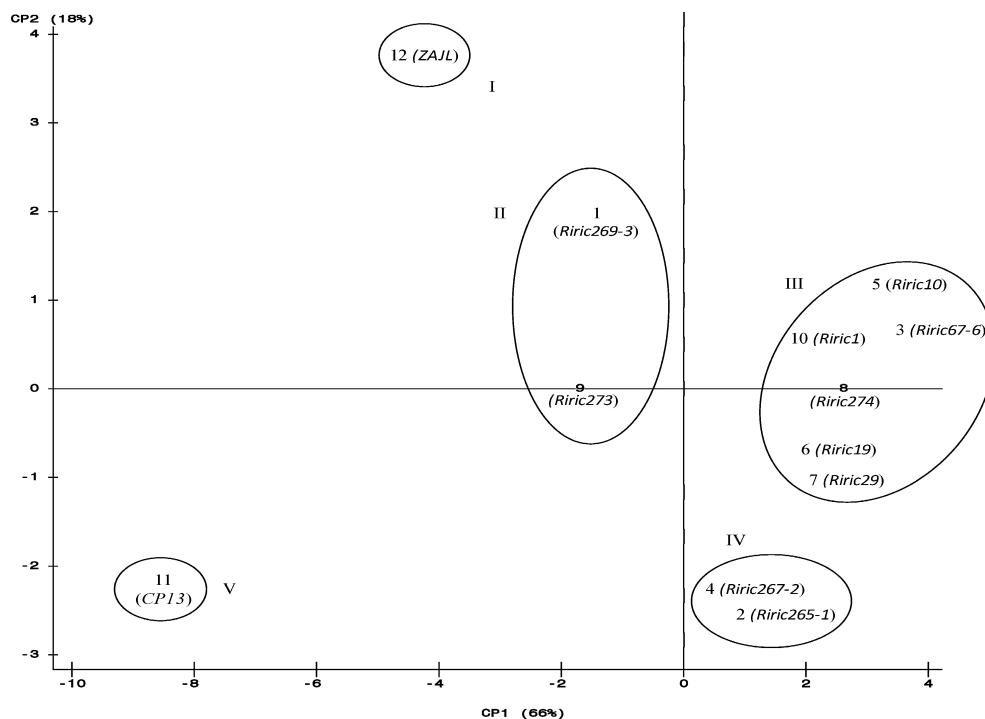


Figura 1. Distribución de las 12 variedades de higuera en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio 2013 a septiembre de 2014: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11 y v12. Conglomerados

Para diferenciar como se vinculan los grupos que integran esta variación, se realizó el análisis de conglomerados. En el dendograma queda reflejada la formación del conglomerado de las variedades 2 y 4, con origen Barranca Honda y Uruapan, Michoacán, en un corte al nivel 0.3. Se puede comprobar que la variedad CP13 pertenecen a una población diferente de acuerdo a un corte al nivel 1.25 y que las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo. La variedad Zaji2 no mejorada en este ambiente presenta cierta relación o parentesco con las mejoradas (Figura 2). Al realizar un corte a 0.80, se obtuvo la distribución que se enlista en el Cuadro 4.

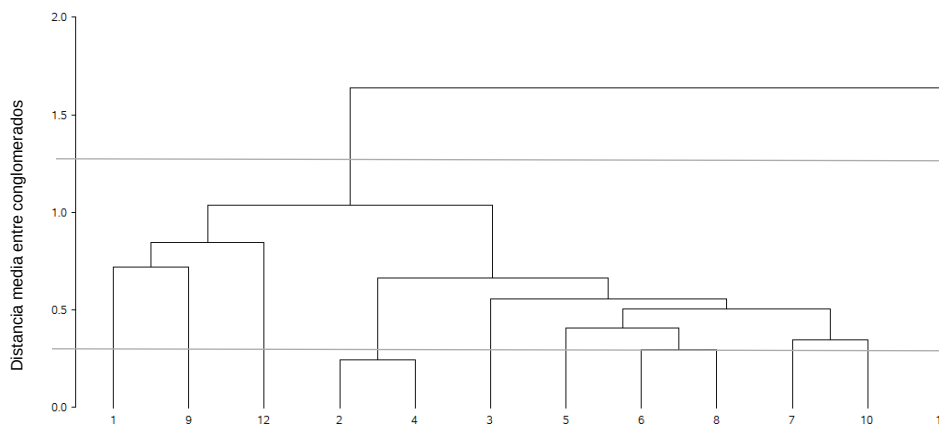


Figura 2. Dendograma de conglomerados de las 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, siembra de julio ciclo julio de 2013 a septiembre de 2014.

Cuadro 4. División de conglomerados de 12 variedades de higuierilla en Tuxtla Chico, Chiapas.

Clúster	Observación
1	1 (<i>Riric269-3</i>) y 9 (<i>Riric273</i>)
2	12 (<i>ZAJL</i>)
3	2 (<i>Riric265-1</i>), 3 (<i>Riric67-6</i>), 4 (<i>Riric267-2</i>), 5 (<i>Riric10</i>), 6 (<i>Riric19</i>), 7 (<i>Riric29</i>), 8 (<i>Riric274</i>) y 10 (<i>Riric1</i>)
4	11 (<i>CP13</i>)

Correlaciones. Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: NRP ($r=0.89$, $p<0.01$); PF ($r=0.74$, $p<0.01$), PCS; ($r=0.89$, $p>0.01$). Otras correlaciones positivas fueron NRP/PF ($r=0.73$, $p<0.1$), NRP/ PCS ($r=0.82$, $p<0.01$), LR/FR ($r=0.93$, $p<0.01$) y PF/PCS ($r=0.93$, $p<0.01$).

CONCLUSIONES

Todas las variedades estudiadas se desarrollaron vegetativamente bien en condiciones de suelo y clima de Tuxtla Chico; sin embargo, no todas presentan rasgos deseables para una buena producción de grano. Destacó la variedad 3(*Riric67-6*) de Frontera Comalapa y un grupo secundario formado por las variedades 5(*Riric10*) de Unión Juárez, 6 (*Riric19*) de Villa Corzo, 7 (*Riric29*) de Villaflores, 8 (*Riric274*) de Unión Juárez y 10 (*Riric1*) de Cacahoatán; todas ellas mejoradas. Las variedades no mejoradas pertenecen a una población diferente y las variedades mejoradas 1 a 10 guardan cierto vínculo, lo que da idea del grado de emparentamiento. Las variables que más se correlacionaron con REN fueron: NRP, PF y PCS. Los materiales evaluados tienen características de rendimiento los cuales constituyen recursos fitogenéticos promisorios para el desarrollo de la ricinucultura en México.

LITERATURA CITADA

- García E. 2005. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a ed. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Queiroga V. de P.; Beltrão N. E. de M. 2004. Produção e Armazenamento de Sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.). Comunicado Técnico 206, Embrapa Algodão. Campina Grande, PB, 7p.
- Solís-Bonilla, J.L., Zamarripa-Colmenero, A., González-Ávila A., Rico-Ponce H.R., Tapia-Vargas L. M., Teniente-Oviedo R, Zacarías -Gutiérrez M., Cruz Ramírez J.R. y Hernández-Martínez M. 2011. Guía técnica para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en, Chiapas. Folleto Técnico No. 25. Instituto Nacional

- de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. 59 p.
- Zamarripa C. A., Solís B. J.L., Martínez V. B. B., Cotoc. B. J.C., 2010. Evaluación y selección de materiales elite de higuierilla (*Ricinus communis* L.), para la obtención de biocombustibles en México. En: Memoria V Reunión Nacional de Innovación Agrícola, INIFAP. pág. 245.
- Zamarripa-Colmenero A, 2011. Informe final de proyecto "Estudio de Insumos para la Obtención de Biocombustibles en México" Convenio de colaboración SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 129 p.
- Zamarripa C. A., Solís B. J. L., Riegelhaupt E. M., Martínez V. B.B., Hernández C. M. 2012. Balance de emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de higuierilla en la producción de biodiesel en México. V Congresso Brasileiro de Mamona / II Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas & I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, Guarapari (ES). P. 1.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE COLECTAS DE MORINGA EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO.

AGRONOMIC EVALUATION OF MORINGA COLLECTIONS IN THE STATE OF YUCATAN, MEXICO.

¹Basulto Graniel JA, ¹Gamboa Antonio J, Góngora Gonzáles S, ¹Reyes Chávez E
¹Campo Experimental Mochochá. CIRSE. INIFAP. Km. 25 antigua carretera Mérida- Motul
92451 Mochochá, Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: basulto.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

Actualmente en el planeta, la mayor parte de la producción de bioenergéticos está basada en materias primas de origen agrícola; a pesar de que en la actualidad los biocombustibles representan una fracción poco significativa de la demanda global de combustibles para el transporte, se espera un crecimiento importante en el largo plazo. Para México una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas es la *Moringa oleífera*. Sin embargo, se desconoce la adaptación y tecnologías de producción para las distintas condiciones agroecológicas. El objetivo del presente trabajo fue realizar colectas de Moringa y su evaluación agronómica en el estado de Yucatán. Se colectaron 20 materiales de Moringa. El experimento se estableció en el Campo Experimental Mochochá, en un tipo de suelo Rendzinas líticas. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones. Siendo los tratamientos las 20 colectas de Yucatán y 6 más de otros estados. La siembra se realizó el 19 de julio de 2011, bajo temporal y a esquepe. Se empleó una distancia de siembra de 3 m entre plantas y 3 m entre hileras. Para altura de planta, diámetro basal, número de ramas y número de racimos con flores tomados a los 5 meses de la siembra resultaron con significancia estadística ($P \leq 0.05$) sobresaliendo las colectas 18, 24, 13 y 26. Para la variable rendimiento de semilla se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) destacando las colectas 13 y 23 con 537.37 y 320.00 kg/ha de semilla respectivamente.

Palabras claves: *Moringa*, *agronomía*, *colectas*.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas mundiales más importantes de orden económico, social, ambiental y aún de sobrevivencia de la propia humanidad, es el cambio climático provocado principalmente por la emisión de bióxido de carbono y su acumulación en la atmósfera (IPCC, 2007).

El efecto invernadero trae como consecuencias, el incremento del promedio de la temperatura de la tierra, las sequías, el deshielo de los polos y las inundaciones; estos fenómenos afectan la vida de miles de personas, las economías familiares y nacionales y la producción y productividad agropecuaria y forestal. Las pérdidas económicas por este fenómeno en 2005 fueron superiores a los 200 mil millones de dólares (Zamarripa, 2011). Ante este escenario, México está impulsando el uso de energías renovables más eficientes y limpias como los Biocombustibles para disminuir los efectos del cambio climático y contribuir a la conservación del ambiente.

Aunado a los problemas ambientales, el agotamiento de las reservas probadas de petróleo del país, cuya duración se estima en 8 años, y el aumento constante en el precio del petróleo, justifican sobremanera la necesidad de explorar nuevas fuentes de energía renovable como el etanol y el biodiesel a partir de especies agrícolas (Mergier, 2007). Además, que existe una insuficiente producción nacional de oleaginosas y granos para el desarrollo de los biocombustibles.

En este sentido, el Gobierno de México decretó en el mes de febrero de 2008, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos que considera, entre otros propósitos, la diversificación energética mediante fuentes renovables de energía como los biocombustibles y el impulso de la agroindustria para la producción de biodiesel y de etanol.

Actualmente en el mundo, la mayor parte de la producción de bioenergéticos está basada en materias primas de origen agrícola; a pesar de que en la actualidad los biocombustibles representan una fracción poco significativa de la demanda global de combustibles para el transporte, se espera un crecimiento importante en el largo plazo, principalmente en aquellas regiones donde existe un mayor potencial (Martini y Shell, 1998).

La obtención de variedades mexicanas con alta eficiencia energética, rendimiento agroindustrial y de baja emisión de contaminantes, otorgará seguridad y rentabilidad a los productores para enfrentar la competencia en el mercado. Así mismo es importante que los cultivos bioenergéticos tengan un balance positivo en la producción de energía y en la emisión de gases contaminantes, es decir que el cultivo produzca menos gases de efecto invernadero.

Para nuestro país una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas como la adaptación a diversos ambientes y suelos, bajos requerimientos de agua, alto potencial de rendimiento de grano y follaje, así como alto contenido de aceite y calidad del mismo es la Moringa oleífera, especie versátil y multipropósito, conocida como moringa la cual destaca también debido a sus cualidades nutricionales y energéticas (Zamarripa et al., 2011; Basulto et al., 2013; Basulto et al., 2015 a; Basulto et al., 2015 b).

Sin embargo, no se cuenta con variedades generadas de este cultivo bioenergético, que estén adaptadas a las regiones potenciales de México, se desconoce el manejo agronómico y el rendimiento agroindustrial; por lo tanto, se requiere iniciar la selección de genotipos elite y desarrollar tecnologías sustentables de producción para la moringa, como cultivo bioenergético en México. En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue realizar colectas de Moringa y su evaluación agronómica en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las colectas de Moringa se realizaron a nivel estatal en donde la precipitación media anual se encuentra entre los 800 y 1100 mm, y una temperatura media anual de 26° C. Las rutas de colectas partieron de la Ciudad de Mérida Yucatán, tomando las carreteras principales en dirección a los cuatro puntos cardinales, haciendo escalas para la realización de las colectas en los poblados y sus alrededores.

Para tener el punto exacto de las colectas, se tomarán las coordenadas geográficas, así como la altitud con un GPS marca GPSMAP modelo 60CSx. Las colectas de las especies se efectuaron tomando semilla madura debidamente identificadas. Las colectas se realizaron entre los meses de febrero y mayo del año 2011.

El experimento Moringa se estableció en el Campo Experimental Mocochá, situado en las coordenadas 21° 07' de latitud norte y 89° 19' de longitud oeste a una altitud de 6 msnm, en un tipo de suelo Rendzinas líticas.

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones. Siendo los tratamientos las 26 colectas de Moringa (20 colectadas en Yucatán, 3 de Chiapas y 3 de Sinaloa). La parcela útil consistió en 4 plantas en competencia completa. La preparación del suelo para los experimentos consistió en chapeo del sitio experimental y aplicación de herbicidas.

Se realizó una aplicación de herbicida antes de la siembra, y aplicaciones posteriores según lo requirió el experimento.

La siembra se realizó el 19 de julio de 2011, bajo temporal y a espeque, depositando tres semillas por piquete. Se empleó una distancia de siembra de 3 m entre plantas y 3 m entre hileras.

Se tomaron las variables altura de planta, diámetro basal, número de ramas y número de racimos con flores, a los 5 meses de la siembra. El rendimiento de semilla, número de semillas por fruto, largo del fruto, peso de 100 semillas, se tomaron a los 15 meses de la siembra. Se realizaron análisis estadísticos de análisis de varianza y de resultar significativo para la variable analizada, se efectuó una prueba de medias DMS, 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza para altura de planta, diámetro basal, número de ramas y número de racimos con flores tomados a los 5 meses de la siembra resultaron con significancia estadística ($P \leq 0.05$) por efecto de las 26 colectas evaluadas en este periodo.

Las mayores alturas a los 5 meses de la siembra se obtuvieron con las colectas 11 y 24 con 167.23 y 165.00 cm respectivamente, siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 15, 14, 3, 4, 2, 1 y 6; el mayor diámetro basal se obtuvo con la colecta 13 con 34.39 mm, siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 8, 5, 4, 3, 6, 2 y 1; el mayor número de ramas lo presentó la colecta 18 con 3.33 siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 19, 25, 16, 21, 8, 11, 6, 5, 22, 3, 4, 1 y 2 ;en racimos con inflorescencias el mayor valor se obtuvo con la colecta 18 con 12.5 racimos

siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 9, 10, 23, 25, 19, 16, 8, 15, 7, 17, 11, 20, 21, 5, 14, 22, 12, 6, 3, 4, 1 y 2 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de altura de planta, diámetro basal, número de ramas y número de racimos florales de 26 colectas de Moringa tomados a los cinco meses de la siembra (20 de diciembre de 2011).

No. colecta	Altura de planta (cm)	No. colecta	Diámetro basal (mm)	No. colecta	Número de Ramas	No. colecta	Número de racimos florales
11	167.23 a	13	34.39 a	18	3.33 a	18	12.50 a
24	165.00 a	26	33.74 ab	26	3.25 ab	26	9.25 ab
13	161.98 ab	23	33.10 ab	17	2.75 abc	24	7.67 abc
18	160.00 abc	24	32.51 ab	20	2.33 abc	13	7.31 abc
26	155.63 abc	18	32.21 ab	24	2.33 abc	9	4.34 bcd
19	153.75 abc	11	30.73 abc	23	2.13 abc	10	3.81 bcd
17	151.88 abc	15	30.24 abc	15	2.13 abc	23	3.26 bcd
25	148.65 abc	19	30.01 abc	7	1.63 abc	25	2.54 cd
23	147.81 abc	17	28.88 abc	13	1.44 abc	19	2.50 cd
12	132.50 abcd	10	28.01 abc	9	1.42 abc	16	2.375 cd
9	132.04 abcd	9	27.16 abc	14	1.38 abc	8	2.25 cd
16	129.79 abcd	25	26.69 abc	12	1.38 abc	15	2.00 cd
21	127.75 abcd	22	26.00 abc	10	1.38 abc	7	1.00 d
7	125.84 abcde	12	25.64 abcd	19	1.25 bc	17	0.94 d
5	123.33 abcdef	21	25.02 abcde	25	1.19 c	11	0.82 d
20	123.11 abcdef	20	24.49 abcdef	16	1.17 c	20	0.56 d
22	121.88 abcdef	7	24.27 abcdef	21	1.17 c	21	0.42 d
10	114.79 abcdefg	16	23.85 abcdef	8	1.17 c	5	0.33 d
8	114.38 abcdefg	14	23.70 abcdef	11	1.15 c	14	0.13 d
15	108.63 bcdefg	8	22.79 bcdef	6	1.00 c	22	0.06 d
14	107.06 cdefg	5	20.75 cdefg	5	1.00 c	12	0.00 d
3	90.00 defg	4	14.70 defg	22	1.00 c	6	0.00 d
4	81.50 defg	3	14.46 efg	3	1.00 c	3	0.00 d
2	71.72 efg	6	14.15 efg	4	1.00 c	4	0.00 d
1	68.84 fg	2	13.83 fg	1	1.00 c	1	0.00 d
6	63.89 g	1	11.35 g	2	1.00 c	2	0.00 d

DMS 54.59 11.063 2.047 6.2948

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

De manera general las colectas 18, 24, 13 y 26 son las que destacaron en las variables tomadas a los cinco meses de la siembra, ya que se encuentran entre los nueve valores más altos de cada parámetro.

Es de destacar también que a los cinco meses de la siembra se logren alturas de más de 150 cm, y ya se tengan plantas en floración.

Los análisis de varianza para, longitud de fruto, número de semillas por fruto, rendimiento de semilla y peso de 100 semillas, evaluados a los 15 meses de la siembra, resultaron con significancia estadística ($P \leq 0.05$) por efecto de las 26 colectas evaluadas en este periodo.

Los valores más altos de longitud de fruto se obtuvieron con las colectas 2 y 17 con 38.05 y 32.15 cm respectivamente, siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas restantes; el mayor número de semillas por fruto lo presentaron las colectas 22, 26 y 23 con 19, 18 y 17 semillas, siendo

estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 13, 7, 11, 16, 18, 21, 9, 24, 25, 8, 10, 19, 15, 4, 12, 5, 14, 3, 20, 1 y 6 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Longitud de fruto (cm), número de semillas por fruto, rendimiento de semilla (kg/ha) y peso de 100 semillas (gr) de 26 colectas de moringa, cosechado a los 15 meses de la siembra.

No. colecta	Longitud de fruto (cm)	No. colecta	No. de semillas por fruto	No. colecta	Rendimiento de semilla (kg/ha)	No. colecta	Peso de 100 semillas (gr)
2	38.05 a	22	19.25 a	13	537.37 a	25	30.75 a
17	32.15 b	26	18.20 ab	23	320.00 b	2	30.50 a
22	28.70 c	23	17.43 ab	17	213.33 bc	13	29.75 a
23	28.43 cd	17	16.95 bc	26	180.56 cd	18	28.00 ab
26	28.00 cd	2	16.90 bc	16	162.78 cde	11	27.50 abc
21	27.83 cd	13	15.22 cd	22	137.22 cdef	21	27.25 abc
19	27.35 cde	7	15.04 cde	19	119.44 cdef	8	27.00 abc
18	27.20 cde	11	14.40 def	7	114.03 cdef	26	27.00 abc
13	26.69 cde	16	14.30 def	25	106.67 cdef	23	26.63 abc
15	26.28 cde	18	14.30 def	21	96.67 cdef	17	25.25 bcd
9	26.08 cdef	21	14.03 def	10	84.16 cdef	9	25.13 bcd
25	25.58 defg	9	13.35 defg	9	84.16 cdef	10	24.63 bcd
7	24.41 efgh	24	13.28 defg	2	72.78 def	16	24.00 bcd
11	24.35 efgh	25	13.23 defg	24	70.83 def	19	24.00 bcd
24	22.98 fgh	8	13.15 efg	18	65.28 def	7	23.63 bcd
8	22.83 gh	10	12.58 fg	15	45.83 def	22	23.15 cde
10	22.68 gh	19	11.70 g	11	45.00 def	15	22.00 ed
16	21.40 h	15	11.65 g	8	37.78 ef	24	19.00 e
4	0.00 i	4	0.00 h	4	0.00 f	4	0.00 f
12	0.00 i	12	0.00 h	12	0.00 f	12	0.00 f
5	0.00 i	5	0.00 h	5	0.00 f	5	0.00 f
14	0.00 i	14	0.00 h	14	0.00 f	14	0.00 f
3	0.00 i	3	0.00 h	3	0.00 f	3	0.00 f
20	0.00 i	20	0.00 h	20	0.00 f	20	0.00 f
1	0.00 i	1	0.00 h	1	0.00 f	1	0.00 f
6	0.00 i	6	0.00 h	6	0.00 f	6	0.00 f

DMS 3.116 2.064 138.52 4.40

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

Los rendimientos de semilla más altos se obtuvieron con las colectas 13, 23 y 17 con 537.37, 320.00 y 213.33 kg/ha de semilla en el mismo orden, los cuales fueron estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 25, 7, 11, 24, 8, 10, 16, 4, 12, 5, 14, 3, 20, 1 y 6. Los mayores valores de peso de 100 semillas, lo presentaron las colectas 25, 2 y 13 con pesos de 30.75, 30.50 y 29.75 g, siendo estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a las colectas 17, 9, 10, 16, 19, 7, 22, 15, 24, 4, 12, 5, 14, 3, 20, 1 y 6 (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

En la fase de establecimiento de las 26 colectas de Moringa, en las variables altura de planta, diámetro basal, número de ramas y número de racimos con flores evaluados a los cinco 5 meses de la siembra; sobresalen las colectas 18, 24, 13 y 26, ya que se encuentran entre los nueve valores más altos de cada parámetro.

En la primera cosecha de fruto realizada a los 15 meses de la siembra, destacaron en longitud de fruto las colectas 2 y 17; el mayor número de semillas por fruto lo presentaron las colectas 22, 26 y 23; los rendimientos de semilla más altos se obtuvieron con las colectas 13, 23 y 17; y los mayores valores de peso de 100 semillas, lo presentaron las colectas 25, 2 y 13.

En base a lo anterior y en esta primera fase de evaluación, podemos considerar como materiales prometedores de Moringa para la elaboración de biodiesel a las colectas 13, 23 y 17.

LITERATURA CITADA

- Basulto, G.J., Gamboa, J. y Reyes, Ch.E. 2013. Evaluación agronómica de colectas de Moringa (*Moringa oleífera*) en el estado de Yucatán, México. IX Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo 8 al 12 de julio del 2013, La Habana, Cuba. (Trabajo completo).
- Basulto, G.J., Reyes, R.A.L., Gamboa, J.A y Góngora, G.S. 2015 a. Evaluación agronómica de colectas de moringa (*Moringa oleífera*) en un suelo luvisol ródico en el estado de Yucatán. XXVII Reunión Científica – Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015. Y IV Simposio Internacional de Producción Agroalimentaria Tropical. Del 5 y 6 de noviembre de 2015. Villa Hermosa, Tabasco. (Trabajo completo).
- Basulto, G.J., Reyes, A.L., Góngora, G.S., Gamboa, J. A. 2015 b. Evaluación agronómica de 20 materiales de Moringa en suelo luvisol ródico en el Estado de Yucatán, México. Convención Internacional Agroforestal, 6to. Congreso Forestal de Cuba, II Congreso Internacional de Café y Cacao y VI Encuentro Internacional de Jóvenes Investigadores, que tendrá lugar en el Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, del 13 al 17 de abril de 2015. (Trabajo completo).
- IPCC. 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Liñan, T.F. 2010. Moringa oleífera El árbol de la nutrición. Ciencia y salud Virtual. Vol. 2 No. 1, diciembre de 2010 pp. 130-138.
- Magaña, B.W. 2012. Aprovechamiento poscosecha de la moringa (*Moringa oleífera*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 13, núm. 2, 2012, pp. 171-174. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México.
- Martini, N. and J. S. Shell. 1998. Plant oils as fuels-present state of science and future development. Berlin: Springer. p. 276.
- Mergier, A.M. 2007. El destino nos alcanzó. Seminario de información y análisis No. 1580. 11 de febrero de 2007. México p. 51-56.
- Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R., Knothe, G., 2008. Moringa oleífera oil: a posible source of biodiesel. Bioresour. Technol. 99, 8175–8179.
- Zamarripa, C. A, 2011. Informe final de proyecto. Estudio de Insumos para la Obtención de Biocombustibles en México. Convenio de colaboración SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 129 p.
- Zamarripa, C.A., Solís, B.J.L., Martínez, V.B.B. y Ochoa E.X.M. 2011. Moringa oleífera: una especie vegetal con potencial de uso en México. Desplegable informativo Núm. 10. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas México.

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE SEMILLA DE MORINGA, EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

RESPONSE TO FERTILIZATION ON YIELD MORINGA SEEDS, IN THE STATE OF YUCATAN, MEXICO

¹Basulto Graniel JA, ¹Burgos Díaz JA, ¹Góngora Gonzales S, ¹Gamboa Antonio J, Reyes Chávez E

¹Campo Experimental Mocochoá. CIRSE. INIFAP. Km. 25 antigua carretera Mérida- Motul
92451 Mocochoá, Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: burgos.diaz@inifap.gob.mx

RESUMEN

La obtención de materia prima para la elaboración de bioenergéticos es el factor limitante para su producción. Esta falta de materia prima para la industria nacional, impulsa la búsqueda de nuevos cultivos productores de aceite para la elaboración de biocombustibles. Una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas como alto potencial de rendimiento de grano y follaje, así como alto contenido de aceite y calidad del mismo es *la Moringa oleífera*; especie versátil, la cual ha cobrado gran interés debido a sus cualidades nutricionales y energéticas. Sin embargo, se desconoce la adaptación y tecnologías de producción para las distintas condiciones agroecológicas del país; por lo que el objetivo fue evaluar cuatro distancias de siembra para Moringa en un suelo Luvisol ródico en el estado de Yucatán. El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, en un tipo de suelo Luvisol ródico. Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos de fertilización fueron los siguientes: T1: 40-40-40, T2: 80-60-40, T3: 120-60-60, T4: Micorriza INIFAP (1 bolsa de 500 gr/ha), T5: Micorriza INIFAP más 60-30-30, T6: Orgánico (ECONOMEX), T7: 80-40-40, T8: 120-40-40, T9: 80-00-00 y T10: Sin fertilizante (testigo). La siembra se realizó bajo temporal el 13 de junio de 2013. A los 13 meses de la siembra, destacaron los tratamientos 3 y 4 con rendimientos de semilla de 992.12 y 954.90 kg/ha respectivamente; y en el segundo año de cosecha los tratamientos 8 y 2 con 665.76 y 638.24 kg/ha en el mismo orden.

Palabras clave: *Moringa*, *Luvisol ródico*, *fertilización*, *rendimiento*.

INTRODUCCIÓN

Los combustibles alternativos son materiales, con excepción de los productos derivados del petróleo, usados para accionar un motor. Aunque los combustibles alternativos han existido por muchos años, su uso ha sido hasta ahora algo marginal. La situación actual de la inestabilidad del mercado del petróleo, la disponibilidad limitada del petróleo crudo, las refinerías que alcanzan su producción máxima, y el serio impacto que tienen los combustibles derivados del petróleo en el ambiente, darán paso sin lugar a dudas al uso de combustibles alternativos (Coello et al., 2006; Stauffer y Byron, 2007).

Así, se requiere investigar mecanismos que permitan obtener fuentes alternativas de energía que sean de bajo costo pero que reduzcan los impactos ambientales. El biodiesel, puede contribuir decididamente a avanzar en este sentido (Coello et al., 2006).

El aceite de semilla vegetal es una fuente de energía renovable no convencional, de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para diesel, keroseno y otros combustibles.

Para producir el biodiesel, el aceite se extrae de semillas cultivadas, dejando atrás harina de semilla que puede usarse como forraje animal.

La *Moringa oleífera*, se presenta como una alternativa renovable energética, a partir de la cual se pueden desarrollar materias primas sustitutas para el petróleo, además de otros usos de valor alimenticio humano y animal.

El género *Moringa*, pertenece a la familia de las Moringáceas, orden de los Capparidales, clase magnoleopsida. Incluye a 13 especies conocidas de árboles con semillas oleaginosas (Falasca y Bernave, 2008).

Moringa oleífera es un árbol originario del sur del Himalaya, desde el Noreste (NE) de Pakistán hasta el Norte (N) de Bengala del oeste, en la India. Ha sido introducido y se ha naturalizado en otras partes

de India, Bangladesh, Afganistán, Pakistán, Sri Lanka, el Sureste (SE) asiático, Asia occidental, la Península Arábiga, África del Este (E) y del Oeste (W), Madagascar, el sur de la Florida, las Islas del Caribe y América del Sur, desde México a Perú, Paraguay y Brasil (Liñan, 2010).

En América Central fue introducido como planta ornamental y como cercas vivas. Los romanos, los griegos y los egipcios extrajeron aceite comestible de las semillas y lo usaron para perfume y lociones. En el Siglo XIX, a partir de plantaciones de Moringa en el Caribe exportaron el aceite extraído de la semilla hacia Europa para perfumes y lubricantes para maquinaria (Liñan, 2010).

El árbol de Moringa vive alrededor de 20 años; aunque también existen variedades anuales que actualmente se utilizan en cultivos mecanizados. La moringa es una especie de muy rápido crecimiento, puede alcanzar hasta 5 metros en un año; aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo y lo protege de la erosión, por lo que es ideal para utilizarse en programas de reforestación. La planta de moringa es tolerante a las altas temperaturas y a la sequía; además es muy resistente a plagas y enfermedades.

La Moringa es una de las plantas más versátiles que existe en el mundo vegetal, pues todas las partes son comestibles, es útil para proteger otros cultivos en sistemas agroforestales, la leña proporciona un combustible aceptable, especialmente para cocinar, las semillas son de mucha utilidad como uno de los mejores floculantes naturales conocidos, sus tallos son utilizados como cerca vivas, es una planta melífera y es un excelente forraje para los animales entre otras muchas cualidades.

La semilla contiene un 40 por ciento de aceite, que es de alta calidad, poco viscoso y dulce, con un 73 por ciento de ácido oleico, similar al aceite de oliva.

Las semillas contienen entre 33 y 41% de aceite. El perfil de ácidos grasos es alto en ácido oleico (>70%). M. oleífera es comercialmente conocido como "aceite de ben" o "aceite de Behen", debido a su contenido de ácido behénico (docosanoico). El mismo posee una importante resistencia a la degradación por oxidación, tiene muchos usos medicinales y posee un elevado valor nutritivo (Rashid et al., 2008).

Para nuestro país una de las especies que reúnen a corto y mediano plazo, ventajas agronómicas y tecnológicas como la adaptación a diversos ambientes y suelos, bajos requerimientos de agua, alto potencial de rendimiento de grano y follaje, así como alto contenido de aceite y calidad del mismo es la *Moringa oleífera*, especie versátil y multipropósito, conocida como moringa la cual destaca también debido a sus cualidades nutricionales y energéticas (Zamarripa et al., 2011; Basulto et al., 2013; Basulto et al. 2015 a; Basulto et al 2015 b). Sin embargo, se desconoce la adaptación y tecnologías de producción para las distintas condiciones agroecológicas del país; por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar cuatro distancias de siembra para Moringa en un suelo Luvisol ródico en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Sitio Experimental Uxmal, en un tipo de suelo Luvisol ródico con clima AW₀. Ubicado en las coordenadas con Latitud Norte: 20° 24' 04" y una Longitud Oeste: 89° 45' 04". Con una altitud de 41 msnm, una temperatura media anual de 24.2°C, con Humedad relativa promedio: de mayo a octubre 78% y de noviembre a abril 73%. Con una precipitación media anual entre 900 y 1000 mm.

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al azar, con cuatro repeticiones, y 10 tratamientos. Los tratamientos de fertilización fueron los siguientes: T1: 40-40-40, T2: 80-60-40, T3: 120-60-60, T4: Micorriza INIFAP (1 bolsa de 500 gr/ha), T5: Micorriza INIFAP más 60-30-30, T6: Orgánico (ECONOMEX), T7: 80-40-40, T8: 120-40-40, T9: 80-00-00 y T10: Sin fertilizante (testigo)

La parcela experimental consistió de 6 plantas y la parcela útil en 4 plantas con competencia completa.

La preparación del suelo para el experimento consistió en tumba de la vegetación con un tractor de oruga y la aplicación de herbicida al terreno antes de la siembra. La siembra se realizó bajo temporal el 13 de junio de 2013, a espeque depositando tres semillas por piquete. Se empleó una distancia de siembra de 1.5 m entre plantas y 3 m entre hileras. Se realizó una aplicación de herbicida con glifosato para el control de maleza en las calles del experimento; y una aplicación con pantalla entre las hileras sembradas de Moringa.

Se tomaron las variables, altura de planta, diámetro basal, número de ramas, largo de fruto, peso del fruto y peso de semilla. Se realizaron análisis estadísticos de análisis de varianza y de resultar significativo para la variable analizada, se efectuó una prueba de medias DMS, 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza para altura de planta, diámetro basal y número de ramas a los 12 meses de la siembra no resultaron con significancia estadística ($P>0.05$) por efecto de los tratamientos de fertilización aplicados.

Los tratamiento que presentaron los valores más altos para altura de planta fueron el 2 y 3 ambos con 7.59 m, y los más bajos fueron el 5 y el 9 con 6.54 y 6.38 m respectivamente. Los tratamientos 6 y 8 presentaron los valores más altos para el diámetro basal con 11.81 y 12.03 cm y el más bajo el tratamiento 9 con 10.03 cm. Los tratamientos 4 y 8 presentaron el mayor número de ramas con 34.50 y 33.80 ramas, el valor más bajo de número de ramas se presentó en el tratamiento 10 con 24.75 ramas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de altura de planta (m) y diámetro basal (cm) y número de ramas, de 10 tratamientos de fertilización en Moringa, tomados a los 13 meses de la siembra en el estado de Yucatán.

Tratamiento	Altura de Planta (m)	Diámetro basal (cm)	Número de Ramas
T1	6.71	11.56	29.00
T2	7.59	11.54	28.50
T3	7.59	11.14	30.75
T4	7.41	11.46	34.50
T5	6.54	10.96	26.50
T6	7.01	11.81	30.38
T7	6.66	11.01	26.63
T8	7.09	12.03	33.88
T9	6.38	10.03	25.63
T10	6.80	11.33	24.75

La cosecha de frutos dio inicio el 1 de julio de 2014, a los 13 meses de la siembra. En el cuadro 2 se presenta el rendimiento de fruto (kg/ha), rendimiento de semilla (kg/ha) y número de frutos cosechados por árbol, para cada uno de los tratamientos de podas evaluados.

A los 13 meses de la siembra, los análisis de varianza para rendimiento de fruto, rendimiento de semilla y número de frutos por árbol no resultaron con significancia estadística ($P>0.05$) por efecto de los tratamientos de fertilización aplicados en moringa, evaluados en este periodo.

En el Cuadro 2 se puede observar que en rendimiento de fruto sobresalen los tratamientos 3 y 4 con rendimientos de 2727.50 y 2577.52 kg/ha de frutos; el menor rendimiento de fruto lo presentó el 6 con 1538.74 kg/ha de fruto. En rendimiento de semilla destacaron los tratamientos 3 y 4 con rendimientos de 992.12 y 954.90 kg/ha de semilla; el de menor rendimiento de semilla fue en el 1 con 582.72 kg/ha de semilla. En frutos cosechados por árbol sobresale el tratamiento 2 con 166 frutos; la cantidad menor de frutos cosechados por árbol lo presentó el 5 con 65 frutos.

Cuadro 2. Medias de rendimiento de fruto (kg/ha), rendimiento de semilla (kg/ha) y número de frutos por árbol de 10 tratamientos de fertilización en Moringa, tomados a los 13 meses de la siembra, para el año 2014 en el estado de Yucatán.

Tratamiento	Rendimiento de fruto (kg/ha)	Rendimiento de Semilla (kg/ha)	Frutos por árbol
T1	1633.17	582.72	77
T2	2472.00	938.8	166
T3	2727.50	992.12	125
T4	2577.52	954.9	103
T5	1972.03	710.48	65
T6	1538.74	597.16	71
T7	2055.35	642.16	73
T8	1679.83	596.61	71
T9	2605.30	886.58	84
T10	2399.76	846.03	91

En el Cuadro 3 se presentan las medias de rendimiento de fruto y rendimiento de semilla de 10 tratamientos de fertilización en Moringa, obtenidos durante el año 2015, en el estado de Yucatán. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para las variables rendimiento de fruto y rendimiento de semilla.

Cuadro 3. Medias de rendimientos de fruto (kg/ha) y rendimiento de semilla (kg/ha) en 10 tratamientos de fertilización en Moringa, para el año 2015, en el estado de Yucatán.

Tratamiento	Rendimiento de fruto (kg/ha)	Rendimiento de Semilla (kg/ha)
	Año 2015	Año 2015
T1	1117.2 ab	446.88 ab
T2	1595.6 a	638.24 a
T3	1245.3 ab	498.12 ab
T4	1240.3 ab	496.12 ab
T5	850.0 ab	340.00 ab
T6	1236.1 ab	494.44 ab
T7	1002.5 ab	401.00 ab
T8	1664.4 a	665.76 a
T9	711.7 b	284.68 b
T10	1272.2 ab	508.88 ab

DMS 870.53 348.00

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

Para la variable rendimiento de fruto se observó que el tratamiento 8 y 2 presentaron los mayores valores con 1664.4 y 1595.6 kg/ha siendo significativamente diferentes ($P < 0.05$) al tratamiento 9 que presentó el valor más bajo con 711.7 kg/ha. Y para la variable rendimiento de semilla se observó que de nuevo los tratamientos 8 y 2 sobresalieron 665.76 y 638.24 kg/ha respectivamente fueron significativamente ($P < 0.05$) al tratamiento 9 que presentó el valor más bajo con 284.68 kg/ha (Cuadro 3).

Los rendimientos obtenidos a los dos años de la siembra (año 2015) de los 10 tratamientos de fertilización de Moringa, presentaron una tendencia disminuir en comparación con los rendimientos obtenidos al primer año; esto pudo deberse a la competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes, ya que las distancias de siembra empleadas fueron muy cerradas (1.5 m entre plantas y 3 m entre hileras) y también a que no se practicó la poda en los árboles. Cosa normal, ya que se trata de un cultivo nuevo y con estos trabajos se inicia la investigación de Moringa en el INIFAP.

Hay que tomar en cuenta también que la máxima floración de la Moringa en Yucatán se da en la primera quincena de marzo, donde se presentan muy altas temperaturas, y se ha observado mucha floración caída en el suelo formando una delgada alfombra.

Los anteriores resultados nos dan pie a realizar nuevos estudios sobre distancias de siembra, altura y frecuencias de podas y sobre floración.

CONCLUSIONES

A los 12 meses de la siembra, los tratamientos que sobresalen en altura de planta y número de ramas son el 4 (Micorriza INIFAP, 1 bolsa de 500 gr/ha); y en diámetro basal y número de ramas el 8 (120-40-40).

En la cosecha a los 12 meses y medio de la siembra, destacaron los tratamientos, 3 (120-60-60) y 4 (Micorriza INIFAP, 1 bolsa de 500 gr/ha) por tener los más altos rendimientos de semilla.

Hay que considerar que es el primer año de evaluación y quizás las plantas aún no alcanzaron sus máximos rendimientos.

En el rendimiento de semilla de moringa obtenido en el año 2015, los tratamientos 8 y 2 sobresalieron 665.76 y 638.24 kg/ha respectivamente.

LITERATURA CITADA

Basulto, G.J., Gamboa, J. y Reyes, Ch.E. 2013. Evaluación agronómica de colectas de Moringa (Moringa oleífera) en el estado de Yucatán, México. IX Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo 8 al 12 de julio del 2013, La Habana, Cuba. (Trabajo completo).

- Basulto, G.J., Reyes, R.A.L., Gamboa, J.A y Góngora, G.S. 2015 a. Evaluación agronómica de colectas de moringa (*Moringa oleífera*) en un suelo luvisol ródico en el estado de Yucatán. XXVII Reunión Científica – Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2015. Y IV Simposio Internacional de Producción Agroalimentaria Tropical. Del 5 y 6 de noviembre de 2015. Villa Hermosa, Tabasco. (Trabajo completo).
- Basulto, G.J., Reyes, A.L., Góngora, G.S., Gamboa, J. A. 2015 b. Evaluación agronómica de 20 materiales de Moringa en suelo luvisol ródico en el Estado de Yucatán, México. Convención Internacional Agroforestal, 6to. Congreso Forestal de Cuba, II Congreso Internacional de Café y Cacao y VI Encuentro Internacional de Jóvenes Investigadores, que tendrá lugar en el Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, del 13 al 17 de abril de 2015. (Trabajo completo).
- Coello, J., Castro, P., Calle, J., Castillo, L. y F. Acosta. 2006. Evaluación de opciones para la producción de biodiesel a pequeña escala en el Perú. II Seminario Internacional en Biocombustibles y Combustibles Alternativos. Del 9 al 11 de agosto de 2006. Universidad Nacional de Colombia. 13p.
- Falasca, S. y Bernabe, M.A. 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleífera* en Argentina. Revista Virtual REDESMA – marzo 2008. 16p.
- Liñán, T.F. 2010. *Moringa oleífera* el árbol de la nutrición. Ciencia y salud. 2 (1): 130-138.
- Pérez, R. 2011. *Moringa oleífera*: una alternativa forrajera para ovinos. Universidad Autónoma de Sinaloa y Fundación Produce Sinaloa A.C. 11pp.
- Prosky, L. N. G., Schweizer, T. f., DeVries, J. W. and Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products. J Association of Official Analytical Chemists International, 71:1017-1023.
- Stauffer, E. and D. Byron. 2007. Alternative Fuels in Fire Debris Analysis: Biodiesel Basics. J Forensic Sci., Vol. 52, No. 2.
- Zamarripa, C.A., Solís, B.J.L., Martínez, V.B.B. y Ochoa E.X.M. 2011. *Moringa oleífera*: una especie vegetal con potencial de uso en México. Desplegable informativo Núm. 10. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas México.

ESTUDIO DETALLADO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN UN SITIO DEL ESTADO DE YUCATÁN

DETAILED SOIL FERTILITY STUDY SITE IN A STATE OF YUCATAN

¹Ramírez-Jaramillo G. ¹Ramírez-Silva JH, ¹Cano-González A de J, ¹Aguilar-Duarte Y y ²Uzcanga-Pérez NG,

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ¹Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP, Calle 6 No. 398 x13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130 Mérida Yucatán México., ²Campo Experimental Mocochoá, Km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, Mocochoá Yucatán. C.P. 97454.

Autor para correspondencia: ramirez.genovevo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Uno de los recursos naturales más importantes es el suelo. Su conocimiento se obtiene a través de levantamientos que indiquen las varias clases de suelos que podrían usarse para determinar los cultivos que pueden desarrollarse exitosamente. A nivel de predio es muy importante contar con los estudios detallados de suelos ya que permiten conocer la determinación de la distribución potencial y la adaptabilidad de cultivos individuales, rotación de cultivos, cultivos combinados y prácticas de manejo de suelos, así como La correlación entre las características de los suelos y la necesidad de fertilización para cultivos específicos, o bien detectar problemas como salinidad, pedregosidad, toxicidad o deficiencia de nutrientes. En el presente estudio se hace uso de dos herramientas: por una parte el muestreo de suelos y sus respectivos análisis y el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG son una herramienta para facilitar el análisis espacial de los suelos. Por lo anterior y con el uso de estas herramientas modernas, se realizó el estudio a nivel de predio en el rancho denominado Cenote Azul en donde se determinó la distribución espacial del pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno asimilable, fósforo, potasio, calcio, magnesio y los principales microelementos. Se encontró que los suelos son deficientes en nitrógeno y fósforo, y ricos en potasio; así como deficientes en boro, fierro y zinc.

Palabras clave: *SIG en agricultura, Fertilidad de Suelos, Análisis Espacial, Geoestadística.*

INTRODUCCIÓN

El manejo sostenible de los recursos agrícolas requiere de acciones adecuadas y para ello es importante considerar una planificación basada no solamente en el conocimiento de los factores del suelo y clima, sino también en sus interacciones. Por lo consiguiente, planificar debe tener el propósito de zonificar, separando áreas con el mismo potencial productivo e iguales limitaciones para implementar un desarrollo sostenible. Para este propósito, los sistemas de información geográfica (SIG) han surgido como una poderosa herramienta para la planeación Agropecuaria y Forestal del país.

El análisis informático con programas de SIG es un método que permite analizar y clasificar datos espaciales y se utiliza cada vez más en lugar del método manual. Su ventaja es la rapidez y la capacidad de reducir al mínimo los errores humanos, además de manejar grandes volúmenes de datos, que en general es imposible realizar con procedimientos manuales.

Se sabe que las condiciones climáticas y algunos atributos del suelo, son elementos fundamentales que determinan la distribución espacial de las especies vegetales y la disponibilidad del agua es el factor más importante que controla la sobrevivencia de las plantas y su producción. Así, el uso potencial se puede considerar como la aptitud y capacidad de uso que posee un área de terreno, determinado por las características climáticas, topográficas y edáficas.

A continuación, se presentan los resultados sobre caracterización de suelos en forma detallada para determinar su aptitud para el desarrollo de especies vegetales en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción general del área de estudio. El trabajo de Gabinete se llevó a cabo en la ciudad de Mérida, Yucatán y el de campo (muestreo) en el predio de Cenote Azul con una superficie

de 150 hectáreas, el cual se ubica a 12 metros sobre el nivel del mar y se localiza en el Municipio de Tizimín, Yucatán. Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias regulares en verano. La temperatura media anual es de 25,3 °C, la máxima se registra en el mes de mayo y la mínima se registra en enero. Calman los calores las brisas marinas y los vientos del sur y del oeste. Las lluvias en el estado de Yucatán y en particular en el oriente de la entidad, caen en la época de junio a octubre principalmente (76 % del total) y son aprovechadas para producir los cultivos de temporal como maíz, frijol y calabaza. De noviembre a abril se presentan algunos nortes como se les conoce en la región, pero en menor cantidad y frecuencia, ya que solo representan el 24 % del total.

En el municipio de Tizimín al igual que en el resto del estado, los suelos predominantes son los pedregosos o Leptosoles, no obstante, en comparación a otros municipios de la entidad, Tizimín presenta una buena cantidad de suelos arables. Leptosoles (41.29%), Luvisoles (27.47%), Phaeozem (20.82%), Cambisoles (3.86%), Solonchaks (2.23%), Vertisoles (1.15%), Arenosoles (0.55%), Gleysols (0.41%).

Muestreo. En el sitio se tomaron once muestras de suelos individuales a 0-30 y 30-60 cm, considerando el método bidimensional sistematizado aleatorio con la ubicación geográfica de cada punto mediante GPS. Las muestras se enviaron debidamente etiquetadas para su análisis a un laboratorio de Culiacán, Sinaloa y se determinaron NO₃ (Método colorimétrico con brucina ácida), PO₄ (Método Bray) y K⁺ (Ac NH₄). Para ubicar espacialmente cada muestra se asignó un centroide en el polígono correspondiente a cada lote, con el fin de obtener las coordenadas geográficas (X, Y) y anexar los valores Z (variables químicas del suelo analizadas), necesarios para realizar las interpolaciones. Los resultados de los análisis se vaciaron en una hoja de Excel con las coordenadas geográficas de cada punto, altitud, profundidad y los datos de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno asimilable, fósforo, potasio, calcio, magnesio y microelementos (Ramírez J, G y Ramírez S, J. H, 2015).

Interpolación. Se utilizó el método de interpolación IDW, los puntos de muestreo se ponderan durante la interpolación de tal manera que la influencia de un punto en relación con otros disminuye con la distancia desde el punto desconocido que se desea crear. La ponderación es asignada a los puntos de muestreo mediante la utilización de un coeficiente de ponderación que controla cómo la influencia de la ponderación decae mientras la distancia hacia el punto nuevo se incrementa. Mientras más grande sea el coeficiente de ponderación menor será el efecto que los puntos tendrán si están lejos del punto desconocido durante el proceso de interpolación. Conforme el coeficiente se incrementa, el valor de los puntos desconocidos se aproxima al valor del punto de observación más cercano (QGIS <http://docs.qgis.org.interpolation.html>. Consultado el 15 de enero de 2015).

En los SIG, los resultados de la interpolación usualmente se muestran como una capa raster de 2 dimensiones y en este caso se refiere a la ubicación y el valor de cada una de las variables del análisis de fertilidad. El SIG para realizar el proceso de interpolación fue el Arc Gis 9.3 (ESRI, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El predio se caracteriza por poseer suelos clasificados como arcillosos, franco- arcillo- arenosos y franco- arcillosos.

Los suelos de planada son de color rojo tipo *Kan Cab* en terminología Maya y *Luvisol ródico* (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007). Representan aproximadamente el 75% de la superficie (112 hectáreas) clasificados como arcillosos pero con porcentajes medios que varían de 51% a 59% de arcilla fácilmente trabajable para labores Agropecuarias. De acuerdo a experiencias agronómicas estos suelos son permeables de fácil drenaje debido al tipo de arcilla predominante Kaolinita tipo 1:1.

Por otra parte los suelos de lomerío, de mayor pedregosidad se clasifican como *Pus Luu'm* en terminología maya y *Leptosoles rendzicos* (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007), representan aproximadamente el 25% de la superficie (37 hectáreas) e tienen texturas franco-arcillo-arenosas y franco-arcillosas. Tienen piedra suelta con buena permeabilidad y pocas posibilidades de inundación. Sin embargo pueden presentar problemas para su mecanización.

El pH presente en la mayor parte del predio fluctúa entre 7.1 y 7.5, lo que va de neutro a ligeramente alcalino. En cuanto a los elementos mayores son deficientes principalmente de Fósforo, así como Nitrógeno y ricos en Potasio (Figura 1).

De los microelementos estudiados: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn) y Boro (B) se observa al Fe, Zn y B como los elementos más limitantes al tener contenidos abajo de los niveles críticos. En el caso de Cu la mayor parte de los sitios de muestreo tienen contenidos apropiados;

mientras que el Mn se comporta diferente a los demás elementos ya que en la mayoría de los sitios se reportan cantidades arriba del rango permisible incluso existen puntos de muestreo con cantidades excesivas de este elemento que podrían estar asociadas a fenómenos de inundación temporal debido a estar en las partes más bajas del paisaje.

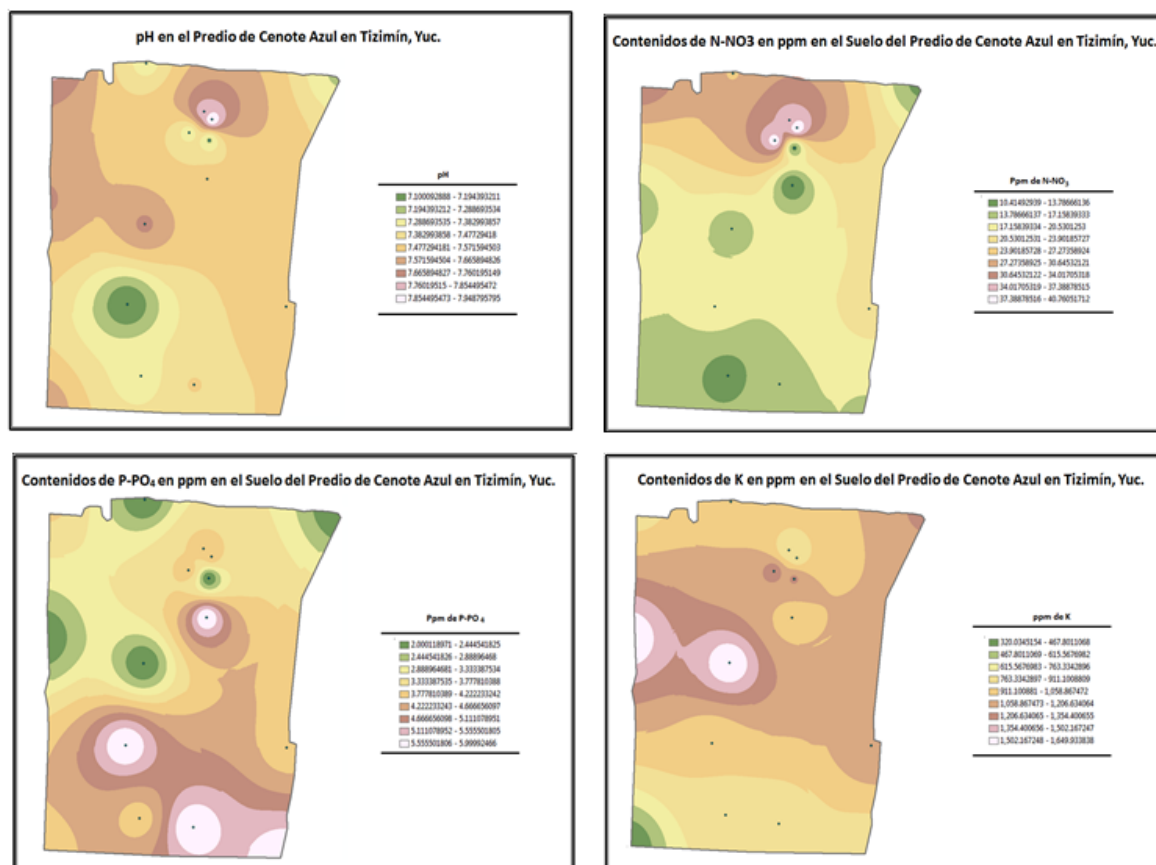


Figura 1. Distribución en el predio del contenido de cuatro de las principales variables: pH, N-NO₃, P-PO₄ y K.

CONCLUSIONES

En el predio se dispone de suelos pedregosos y arables.

Los suelos pedregosos representan aproximadamente el 25 % del total de la superficie, aproximadamente 40 de 150 hectáreas y la mayor parte esta con vegetación secundaria.

Los suelos arables constituyen el 75 % del total de la superficie, aproximadamente 110 hectáreas.

Los suelos arables son los clasificados por la FAO/Unesco como Luvisoles y por la clasificación Maya como Kan-kab.

En la región los suelos Luvisoles son los que permiten una gran diversificación de especies vegetales y en los que se pueden lograr los mayores rendimientos en el estado de Yucatán.

Los suelos no obstante de ser arcillosos, presentan un buen drenaje por el tipo de arcilla que poseen.

En cuanto al pH presente en la mayoría fluctúa entre 7.1 y 7.5 lo que va de neutro a ligeramente alcalino.

En cuanto a los elementos mayores son deficientes principalmente de Fósforo, así como Nitrógeno y ricos en Potasio.

En cuanto a los elementos menores es posible encontrar deficiencias de Zinc, Hierro y Boro.

LITERATURA CITADA

ESRI. 1996. *Automation of Map Generalization. The Cutting-Edge Technology*. Redlands, California. USA: Environmental Systems Research Institute.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Ramírez J, G y Ramírez S, J. H. 2015. Estudio de Suelos y Agua para Determinar su Aptitud para el Desarrollo de Especies Vegetales. Predio de Cenote Azul en Tizimín, Yucatán. FPY. Mérida, Yucatán. 25 p.

Análisis Espacial (Interpolación) – QGIS Documentation
http://docs.qgis.org/2.6/es/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html. 15/01/2015

FECHAS DE TRASPLANTE Y PRODUCTIVIDAD DEL CHILE HABANERO *Capsicum chinense* JACQ. CON RIEGO POR GOTEO

TRANSPLANTING DATES AND HABANERO PEPPER *Capsicum chinense* JACQ. PRODUCTIVITY WITH DRIP IRRIGATION

¹López López R, ²Inzunza Ibarra MA, ³Fierro Álvarez A, ¹Jiménez Chong JA

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco. Tel. 01 (800) 088 2222 Ext. 87515. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID RASPA). INIFAP. Canal Sacramento km 6.5, margen derecha. 35140, Gómez Palacio, Dgo., México. ³Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México, Tel. 01 (55) 54 83 7000. *Autor para correspondencia (lopez.rutilo@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Se cuantificó el efecto de la fecha de trasplante en la producción del chile habanero y el uso eficiente del agua de riego (UEA) y se determinó la rentabilidad y viabilidad económica de la producción en condiciones de riego por goteo y cubierta plástica. El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco en suelo Fluvisol éutrico. Se utilizó la variedad Orange en cinco fechas de trasplante: 1) 17 de septiembre de 2014, 2) 30 de septiembre de 2014, 3) 23 de diciembre de 2014, 4) 10 de enero de 2015 y 5) 12 de febrero de 2015. El trasplante se realizó a los 45 días después de la emergencia de las plántulas en charolas de 200 cavidades, con una densidad de 13,400 plantas ha⁻¹. El riego se aplicó con base en la evapotranspiración del cultivo ($ET_c = ET_o Kc$) donde la evapotranspiración de referencia (ET_o) se estimó con el tanque evaporímetro tipo "A". Se utilizaron los siguientes coeficientes de cultivo (Kc): 0.4, 0.8 y 0.7 en la etapa inicial, intermedia y final de desarrollo del cultivo, respectivamente. Existen diferencias significativas en la producción y en el uso eficiente del agua de riego (UEA) por el efecto de la fecha de trasplante. En el mes de septiembre se obtuvo un rendimiento promedio de 19.3 t ha⁻¹ con un UEA de 7.8 kg m⁻³. Se concluye que las fechas de trasplante del 17 de septiembre al 12 de febrero tienen un efecto similar en el rendimiento de frutos a excepción de la fecha del 10 de enero, afectada por *Phytophthora capsici*. En cuanto a la UEA, la fecha de trasplante del 30 de septiembre incrementó en 16.5 % con respecto al 12 de febrero y en 33.7 % con respecto al 10 de enero. La rentabilidad del cultivo fue mejor en las fechas de diciembre y febrero obteniéndose una relación beneficio costo de 3.1 y 3.5, respectivamente.

Palabras clave: *Capsicum chinense*, lámina de riego, rendimiento de fruto, uso eficiente del agua, análisis económico.

INTRODUCCIÓN

El chile habanero en el sureste de México se cultiva en condiciones de temporal, de humedad residual y con riego por goteo. Entre los principales problemas que se presentan en el cultivo de chile habanero, están los daños ocasionados por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y el ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*), los cuales reducen significativamente el rendimiento del cultivo. La fecha de trasplante afecta el crecimiento y desarrollo de los cultivos de chile verde (Hamma *et al.*, 2012), en la infestación y control de plagas y enfermedades (Sujay y Giraddi, 2014) y en la comercialización de los productos para el mercado regional y nacional y como consecuencia en la producción del cultivo y en el uso eficiente del agua de riego. Hamma *et al.* (2012) encontraron diferencias significativas en fechas de trasplante de agosto a octubre en el rendimiento de fruto de chile dulce en dos años continuos de evaluación.

El uso eficiente del agua (UEA) se expresa como el rendimiento de fruto verde por unidad de área por unidad total de riego o por unidad de evapotranspiración (UEA_{ET}). El UEA en los cultivos agrícolas se basa generalmente en la lámina de agua aplicada, por lo tanto, se puede expresar en kg m⁻³.

La mayoría de los estudios realizados sobre el efecto del riego en el rendimiento de chile verde y en el uso eficiente del agua de riego se limitan a las zonas climáticas subhúmedas o áridas. Varios investigadores han demostrado que en condiciones de estrés hídrico o con tratamientos de déficit

hídrico se disminuye el rendimiento de chile verde y el UEA (González-Dugo *et al.*, 2007; Sezen *et al.*, 2014; Cosic *et al.*, 2015), en comparación con tratamientos sin estrés hídrico. No obstante, Ashrafuzzaman *et al.* (2011) demostraron que con cubierta plástica y déficit hídrico se obtuvo el mayor UEA (3.5 kg m^{-3}) y fue significativamente mejor que en el suelo desnudo y el tratamiento con riego basado en la evapotranspiración del cultivo (3.1 kg m^{-3}) y el tratamiento con estrés hídrico (2.3 kg m^{-3}). Sezen *et al.* (2006) estudiaron el efecto de la lámina y frecuencia de riego en el UEA y en el rendimiento de chile (*C. annuum* L.). El rendimiento máximo fue de 33.14 a 35.3 t ha⁻¹ con un coeficiente de cultivo (K_c)=1. Los resultados indicaron que los valores de UEA disminuyeron con el aumento de los intervalos de riego, sin embargo, valores de K_c más bajos disminuyeron el rendimiento total y se obtuvieron frutos de menor calidad. Los autores antes citados sugieren que en la etapa inicial, los valores de K_c sean menores que 1 con el fin de ahorrar agua. Yildirim *et al.* (2012) concluyeron que el cultivo de chile pimienta se debe regar a intervalos de 7 días desde la siembra hasta 40-50 días después del trasplante. A partir de esta fecha, se debe reducir a 4 días, ya que durante los períodos de floración y formación de frutos del chile son más sensibles al déficit o estrés hídrico.

Nagaz *et al.* (2012) encontraron valores más bajos de productividad del agua en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.), entre 2.31 y 5.49 kg m⁻³, los cuales variaron en función de láminas de riego aplicadas con diferentes déficit de riego equivalentes de 394 a 750 mm. Karam *et al.* (2009) concluyeron que mediante el riego por goteo con el 80 % de la ET_c se obtuvieron mayores rendimientos de fruto (31.9 t ha⁻¹) en el cultivo de chile (*C. annum* L.) y mayor optimización del UEA a partir de una lámina de riego de 427 mm en un clima seco.

El riego y la fecha de siembra en el cultivo de chile habanero son importantes, a pesar de presentarse altas precipitaciones durante seis a ocho meses del año, en el sureste de México se requiere del riego suplementario para satisfacer las necesidades de evapotranspiración del cultivo, principalmente en los meses de febrero, marzo, abril y mayo donde la lluvia es insuficiente para mantener el balance hídrico. Los objetivos del presente estudio fueron: i) cuantificar el efecto de las fechas de trasplante en el rendimiento de chile habanero, el uso eficiente del agua con riego por goteo y la cubierta plástica, ii) determinar la rentabilidad y viabilidad económica del producto en el mercado regional del sureste de México.

Área de estudio. El estudio se realizó en el Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco, durante el ciclo O-I/2014-2015 y P-V/2015, el área experimental está situado geográficamente a 17° 51' 04" N y 93° 23' 47" O y una altitud de 20 m. El clima de la región es cálido húmedo, la precipitación media anual es de 2200 mm y presenta dos períodos máximos de lluvia con un intervalo de disminución en julio y agosto.

Características físicas y químicas del suelo. El suelo en el que se condujo el experimento se clasifica como Fluvisol éutrico de textura franca arcillosa, pH ligeramente ácido de 6.4, contenido bajo de materia orgánica (1.2 %), medio en amonio ($10.6 \text{ cmol kg}^{-1}$), medio en fósforo (15.2 mg kg^{-1}) y deficientes en potasio (0.5 mg kg^{-1}), alto en calcio intercambiable (16 mg kg^{-1}) pero baja Capacidad de Intercambio Catiónico. Con base en la textura del suelo, a la profundidad de 0 a 20 cm, la densidad aparente (Da), Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) son de 1.35 g cm⁻³, 36 y 18 %, respectivamente.

Producción de plántulas en charolas y densidad de plantación. La variedad utilizada fue Orange (Geneseeds Company). Las siembras se realizaron de julio a diciembre de 2014 en charolas de 200 cavidades. El sustrato usado para germinación fue *peat moss* más vermiculita (1:1). Una vez germinadas las semillas al sexto día, las plántulas fueron expuestas a la radiación solar en el vivero para evitar la elongación del tallo. Las plántulas se regaron con una solución nutritiva basada en 13-40-13 (acafos violeta) diluida al 50 % y aplicada por aspersión y el fósforo monoamónico (12-61-00) por sumersión de las charolas antes del trasplante.

Preparación del terreno, instalación de la cinta de riego y cubierta plástica. La preparación del terreno consistió en un barbecho con tres pasos de rastra. Las camas de siembra se realizaron con un bordeado de dos discos para la instalación de la cinta de riego y la cubierta plástica en forma manual. Una vez construidas las camas de siembra y colocada la cinta de riego, se instaló manualmente la cubierta plástica de color plateado y negro con un ancho de 1.2 m, para una cama de 0.6 m, calibre de 2.3 mm, con perforación parcial diámetro de 6 cm y a 50 cm entre espaciamiento.

Trasplante. El trasplante se realizó a los 45 días después de la emergencia en las charolas, las características de las plántulas al momento del trasplante fueron de 0.1 m de altura, 2 mm de diámetro

del tallo y de seis a ocho hojas verdaderas totalmente expandidas. El arreglo de la plantación en campo fue de 1.5 m entre hileras y 0.5 m entre plantas, para una densidad de población de 13,400 plantas por hectárea.

Riego por goteo. Las láminas de riego se aplicaron en función de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), donde la evapotranspiración de referencia (ET_0) se obtuvo por el método de tanque evaporímetro tipo “A” a partir de la ecuación (1):

$$ET_0 = Ev K_t \quad (1)$$

donde Ev es la evaporación diaria obtenida en tanque de una estación meteorológica ubicada en el Campo Experimental Huimanguillo, K_t es el coeficiente de tanque asumido igual a 0.8 (Doorenbos y Kasam 1986; Allen *et al.*, 2006). Los coeficientes de cultivos (K_c) usados para el chile habanero con cubierta plástica fueron: 0.4, 0.8 y 0.7 en la etapa inicial, intermedia y final, respectivamente. Con el K_c se estimó la evapotranspiración del cultivo (ET_c) de acuerdo con la ecuación (2)

$$ET_c = ET_0 K_c \quad (2)$$

La eficiencia de uniformidad (EU) del riego por goteo obtenida mediante la evaluación hidráulica por el método de Chistiansen, variaron entre 81 al 88 %. Las características nominales son: diámetro interno de 16 mm, calibre 6 mil (0.15 mm), flujo de 1.02 L h⁻¹, espacio entre emisores de 0.2 m, y presión de 8 PSI (55.2 kPa).

Fertirrigación. La fertilización base consistió en la aplicación de 100 Kg de fosfato diamónico (DAP) equivalente a 18 Kg de nitrógeno y 46 Kg de fósforo antes del trasplante. La fórmula de fertilización aplicada en el fertirriego fue de 200-150-180, distribuida de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo (inicial, intermedia y final). Las fuentes de fertilizantes solubles fueron: 8-24-00 líquido, de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, fosfato monoamónico (12-61-00), nitrato de potasio (13-00-46), nitrato de calcio (13-00-00-17), y ácido fosfórico al 20 %. La frecuencia de aplicación del fertirriego fue de dos veces por semana mediante un inyector Venturi.

Control de plagas y enfermedades. El control de plagas y enfermedades se realizó mediante cultivos trampa de maíz (*Zea mays* L.) sembrado en los bordes laterales del terreno y aplicaciones de insecticidas basados en cipermetrina y metamidofos en dosis de 0.5, y un L ha⁻¹, respectivamente. El acaro blanco (*P. latus*) se combatió con spirodiclofen (envidor® 240 SC) y abamectina (hortimec 1.8 y agriver 1.8% CE) en dosis de 18 g de i.a. L⁻¹ de agua (0.5 L ha⁻¹). La mosca blanca (*B. tabaci*) fue combatida mediante la rotación de insecticidas basados en imidacloprid (confidor) en dosis de 0.5 L ha⁻¹, dinotefuran (venom 20 SG) a razón de 0.5 kg ha⁻¹; pyriprosyfen (knack, 103 g L⁻¹), a razón de 250 mL ha⁻¹, spiromesifen (oberon® 240 SC) y spirotetramat (movento® 150 g de i. a.) a razón de 0.5 L ha⁻¹. Se aplicaron productos orgánicos basados en argemonina, berberina y ricinina como el biodie y extractos de neem (nimicide 80) en dosis de un L ha⁻¹, cada 15 días durante el periodo de cosecha.

La prevención de enfermedades se realizó con mezclas de carbendazin a razón de 1 cc más 2 cc de Propamocarb clorhidrato por litro de agua. Para la prevención de enfermedades fungosas y bacterianas, se usaron el Oxicloruro de cobre más terramicinas (oxitetraciclinas). Todos los productos químicos fueron aplicados por aspersión con bomba de mochila en las dosis recomendadas por los fabricantes. Para la marchitez de la planta causada por *Phytophthora capsici* Leonian se aplicó metalaxil mas clorotalonil (Ridomil Gold® Bravo SC) en dosis de un L ha⁻¹ (40 + 400 g de i. a. L⁻¹).

Cosecha. Los cortes se hicieron cuando los frutos presentaron los índices de cosecha característicos del cultivo: coloración verde intenso y textura dura. El número de cortes fueron de siete a 15, los cuales dependieron de las fechas de trasplante.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos aplicados fueron cinco fechas de trasplante: 17 y 30 de septiembre, y 23 de diciembre de 2014, 10 de enero y 12 de febrero de 2015. Los tratamientos fueron analizados en un diseño completamente al azar, donde se obtuvieron cinco submuestras tomadas al azar en el sitio experimental por fecha de siembra, la cual consistió en tres hileras de cinco m de longitud (15 m²), donde se registró el rendimiento de fruto verde por corte y el total. El área experimental por fecha de trasplante fue sembrada en una superficie promedio de 4,500 m² para completar una superficie de 22,500 m².

Variables medidas. Los datos de precipitación, evaporación y temperaturas se obtuvieron de la estación climatológica del Campo Experimental Huimanguillo. El rendimiento de fruto verde se obtuvo de los cortes realizados durante el ciclo del cultivo; se obtuvieron los gastos directos más gastos de inversión e ingresos netos con base en el precio promedio de venta del producto en la época de cosecha. El uso eficiente del agua de riego se definió como el rendimiento de fruto verde obtenido por

unidad de volumen de agua de riego aplicado en kg m^{-3} aplicada desde el trasplante hasta el último corte o cosecha, no se incluye la precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo. Las sondas “watermark” para medir el potencial matricial, cuyo rango de medida es de 0 a -200 kPa, fueron instaladas a las profundidades de 0.1 y 0.3 m en cada tratamiento.

Análisis estadístico y económico. Se hicieron análisis de varianza para el rendimiento de fruto verde y uso eficiente del agua de riego mediante el programa Statistical Analysis Systems (SAS, 2009). La comparación de medias de los tratamientos se realizó con la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$). El análisis económico se realizó por el método de análisis de ingreso para cultivos anuales (Gittinger, 1985) proyectado a 10 años considerando una tasa de interés anual de 3.2 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la fecha de trasplante en el rendimiento de frutos y en el uso eficiente del agua de riego (UEA)

En el Cuadro 1 se presenta la lámina de riego (mm), la precipitación en mm, la duración del cultivo en días y el número de cortes realizados por fecha de trasplante. Se observa (Cuadro 1) que existen diferencias de estas variables por el efecto de las fecha de trasplante, donde las fechas del mes de septiembre presentan una duración del cultivo de 207 a 220 días y por consiguiente se aumentó el número de cortes (15). La precipitación durante el ciclo del cultivo fue mayor (entre 1456.2 a 1557 mm) pero debido a la mayor duración del cultivo, las láminas de riego aumentaron de 240 a 252 mm. En cambio, las fechas de trasplante del mes de diciembre a febrero, la duración del cultivo fue mucho menor (135 a 185 días) con precipitaciones entre 425.9 hasta 835.6 mm obteniéndose de 7 a 12 cortes con láminas de riego aplicadas de 228 a 313 mm. Estas láminas de riego tienden a aumentarse debido a que en estas fechas de trasplante, el ciclo del cultivo coincide con los meses más secos del año (febrero a mayo) y el incremento de las temperaturas relacionada con el aumento de la población de *B. tabaci* redujeron el rendimiento y la calidad del fruto de chile habanero (López-López *et al.* 2015). Cabe señalar, que durante la etapa de floración y desarrollo de frutos para las fechas de trasplante del mes de diciembre a febrero ocurrió un evento extraordinario (27 de abril de 2015) con temperaturas de 40 °C y evaporación de 10.9 mm (Figura 1), y además ráfagas de viento de 40.7 km h^{-1} (CONAGUA, 2015). Esto ocasionó caída de flores y frutos pequeños en el cultivo, originando reducción de los rendimientos de frutos en tres cortes intermedios.

Las láminas de riego aplicadas variaron entre 1.5 a 6 mm por día, basadas en el cálculo de la evapotranspiración del cultivo y los coeficientes de cultivo con cubierta plástica, utilizados en el estudio, aumentaron el uso eficiente del agua de riego en las fechas de trasplante del mes de septiembre y como consecuencia hubo un ahorro de agua de aproximadamente el 18.0 % comparado con los coeficientes de cultivos que proponen Allen *et al.* (2006) para el cultivo de chile verde: 0.6 en la etapa inicial, 1.15 en la intermedia y 0.8 en la etapa final.

Cuadro 1. Lámina de riego, precipitación, duración del cultivo y número de cortes por fecha de trasplante.

Tratamiento	Lamina de riego (mm)	Precipitación (mm)	Duración del cultivo (días)	Número de cortes
17 de septiembre/14	252.0	1557.0	220	15
30 de septiembre/14	240.0	1456.2	207	15
23 de diciembre/14	313.0	835.6	185	12
10 de enero/15	228.0	425.9	135	7
12 de febrero/15	277.5	561.9	149	11

Los análisis de varianzas mostraron que las fechas de trasplante tuvieron un efecto significativo en el rendimiento de frutos y en el uso eficiente del agua ($p \leq 0.05$). La prueba de comparación de medias por Duncan ($\alpha=0.05$) indican que los rendimiento de frutos y el UEA, mostró los más altos valores en las fechas de trasplante del 17 de septiembre (19.1 t ha^{-1} y 7.6 kg m^{-3}) y 30 de septiembre (19.5 t ha^{-1} y 8.1 kg m^{-3}), del 23 de diciembre (18.9 t ha^{-1} y 6.0 t ha^{-1}) y del 12 de febrero (18.8 t ha^{-1} y 6.8 kg m^{-3}), las cuales fueron estadísticamente iguales entre si y significativamente superiores a la fecha del 10 de enero del 2015 con rendimiento de 12.3 t ha^{-1} y UEA de 5.4 kg m^{-3} (Cuadro 2). El bajo rendimiento del cultivo y UEA en la fecha del 10 de enero fue debido a que el cultivo fue dañado por la marchites de la planta causado por el hongo *Phytophthora capsici* Leonian, reduciéndose la duración del cultivo en

135 días y obteniéndose solo siete cortes. Sezen *et al.* (2014) reportaron que esta enfermedad afecta la producción de chiles verdes y encontraron que *Fusarium* spp. tiene una relación con el estrés hídrico en chiles rojos, en tratamientos con mayor estrés hídrico es mayor la incidencia de estas enfermedades fungosas. Al respecto, López-López *et al.* (2015) reportaron que en fechas de trasplante del 30 de enero y 15 de febrero, en condiciones de riego por goteo y cubierta plástica, los rendimientos y el UEA fueron similares.

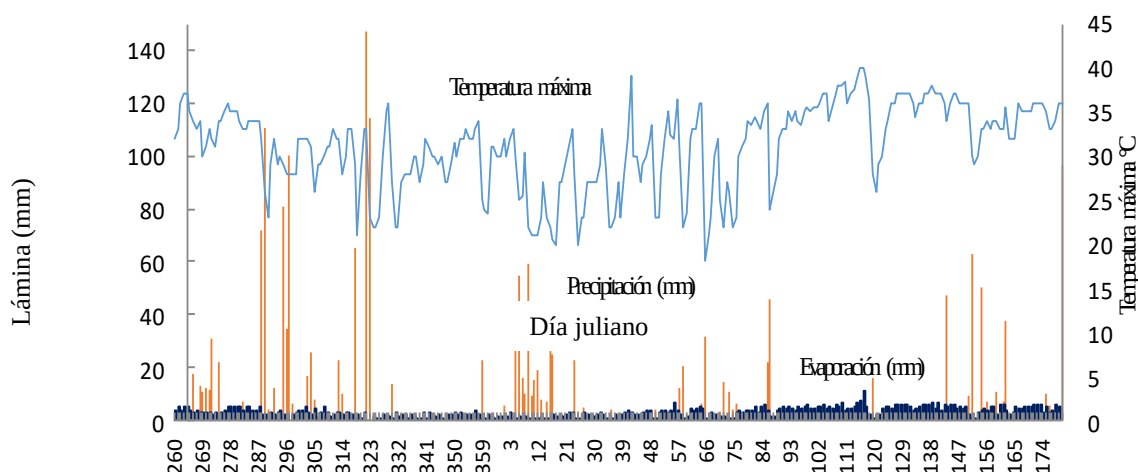


Figura 1. Precipitación en mm, evaporación en mm y temperatura máxima (°C) registrada durante el ciclo del cultivo de chile habanero en diferentes fechas de trasplante.

Cuadro 2. Rendimiento acumulado de frutos y eficiencia en el uso del agua de riego para las fechas de trasplante utilizadas en el cultivo de chile habanero con riego por goteo y cubierta plástica.

Fecha de trasplante	Rendimiento de frutos (Kg ha ⁻¹)	Uso eficiente del agua de riego (kg m ⁻³)
17 de septiembre/14	19,160.0 a	7.603 a b ^z
30 de septiembre/14	19,527.5 a	8.136 a
23 de diciembre/14	18,863.0 a b	6.026 a b
10 de enero/15	12,292.0 b	5.391 b
12 de febrero/15	18,857.0 a b	6.795 a b
Media	17,855.3	6.828
Desviación estándar	4404.7	1.654

^zValores con la misma letra dentro de columna son iguales según Duncan (p≤0.05).

Con base en los rendimientos de fruto verde obtenidos en los cinco tratamientos y el volumen de agua de riego aplicado por unidad de superficie, los valores más altos del uso eficiente del agua fueron de 7.6 kg m⁻³ para la fecha de 17 de septiembre de 2014 y 8.1 kg m⁻³ para la fecha del 30 de septiembre de 2014. El uso eficiente del agua de riego para la fecha de trasplante del 10 de enero/2015 obtuvo el valor más bajo de 5.39 kg m⁻³, no obstante, fue estadísticamente igual a las fechas del 17 de septiembre, 23 de diciembre/2014 y 12 de febrero/2015. Sezen *et al.* (2006) encontraron en *C. annuum* valores máximos de UEA de riego de 7.7 kg m⁻³ con el 50 % de la ET₀ y mínimo de 4.8 kg m⁻³ con el 100 % de la ET₀. De aquí la importancia de aplicar las láminas de riego basadas en la evapotranspiración del cultivo para maximizar el rendimiento y aumentar la calidad del chile.

Análisis económico. El análisis de rentabilidad del sistema de producción de chile habanero con riego por goteo y cubierta plástica, basada en diferentes fechas de trasplante se presenta en el Cuadro 3. Los gastos directos del cultivo fueron de \$82,950.00 por hectárea, más gastos de inversión de \$35,000.00. Los gastos directos del cultivo corresponden a las prácticas realizadas desde la preparación del terreno, producción de plántulas en charolas, fertirrigación, control de plagas y

enfermedades, hasta la cosecha. Los gastos de inversión consiste en la construcción de un pozo profundo de 0.102 m de diámetro y 18 m de profundidad, más la adquisición del sistema de riego por goteo. Se consideró el precio del fruto en campo basado por la oferta y demanda del producto en el mercado regional.

El análisis económico indicó que el cultivo presenta una rentabilidad desde el primer año, si se considera un rendimiento promedio de 19.3 t ha⁻¹ y un precio promedio de campo de \$15.00 kg⁻¹. El flujo de efectivo es positivo desde el primer año y se obtienen los indicadores de eficiencia financiera más atractivos como son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación beneficio costo (BC). La relación beneficio costo varió principalmente por el precio promedio en campo del fruto verde en el mercado. Para las fechas de trasplante del 23 de diciembre y 12 de febrero se obtuvieron los indicadores financieros más altos, debido a que el precio promedio fue de \$24.75 kg⁻¹ y \$28.30 Kg⁻¹, respectivamente, con un mínimo de \$15.00 kg⁻¹ y un máximo de \$42.00 kg⁻¹. Para las fechas de trasplante de septiembre se obtuvieron los indicadores financieros más bajos: relación beneficio costo entre 2.6 a 2.8 considerándose precios promedios de \$14.9 kg⁻¹. Al respecto, López-López *et al.* (2015) encontraron con fechas de trasplante del 30 de enero de 2013 y 15 de febrero de 2013 diferencias en la relación beneficio costo de 3.3 y 1.6, respectivamente, donde el rendimiento de fruto en la fecha de trasplante del 15 de febrero fue afectado principalmente por mosca blanca (*B. tabaci*). Paul *et al.* (2013) encontraron en *C. annum* un incremento de 54 % de la relación beneficio costo de 2.4 con sistema de riego por goteo y sin cubierta plástica.

La rentabilidad del chile habanero fue mayor cuando se trasplantó en el mes febrero y diciembre, ya que alcanza precios promedios en campo de \$ 28.30 kg⁻¹ y \$ 24.75 Kg⁻¹ de fruto verde, respectivamente. Sin embargo, los rendimientos pueden ser más afectados por la mosca blanca y los requerimientos de riego son mayores que las fechas de trasplante de septiembre, lo que disminuye el UEA. Los resultados obtenidos en términos reales se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de rentabilidad del cultivo de chile habanero con riego por goteo y cubierta plástica en cinco fechas de trasplantes.

Concepto	Fecha de trasplante				
	17-09-14	30-09-14	23-12-14	10-01-15	12-02-15
Tasa interna de retorno (TIR)%	130.1	134.4	251.7	87.7	321.9
Valor presente neto (VPN)	434,333.4	451,933.3	611,618.1	213,321.9	692,795.4
Relación beneficio costo (RBC)	2.476	2.523	3.123	2.02	3.516
VAN de los beneficios	1,029,106	1,048,818	1,184,163	696,037	1,243,556
VAN de los costos	415,703	415,703	379,200	345,167	353,675

Si se considera el valor de la producción por m³ de agua aplicada, en términos del VPN, los valores varían desde \$ 93.5 m⁻³ con la fecha de trasplante del 10 de enero hasta \$ 195.4 m⁻³ para la fecha de trasplante del 23 de diciembre. Fan *et al.* (2014) obtuvieron para *C. annum* UEA de riego de 3.01 kg m⁻³ y un valor de la producción por m³ de agua de \$ 5.7 m⁻³ (0.31 dólares m⁻³). Los resultados demuestran la rentabilidad del cultivo de chile habanero con sistemas de riego por goteo al obtenerse valores de producción más altos por unidad de volumen de agua aplicada.

CONCLUSIONES

El efecto de las fechas de trasplante del 17 de septiembre al 12 de febrero en el rendimiento de frutos de chile habanero fueron similares a excepción de la fecha del 10 de enero que fue afectada por la enfermedad *Phytophthora capsici*. En cuanto al uso eficiente del agua de riego por goteo con cubierta plástica, la fecha de trasplante del 30 de septiembre se incrementó en 16.5 % con respecto al 12 de febrero y en 33.7 % con respecto al 10 de enero. La rentabilidad del cultivo fue mejor en las fechas de diciembre y febrero obteniéndose una relación beneficio costo de 3.1 y 3.5, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Allen G. R., L. Pereira S, D. Raes and M. Smith (2006) Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy. 300 p.
- Ashrafuzzaman M., M. Abdul H, M. Razi I, S. Shahidullah M and M. Alamgir H (2011) Effect of Plastic Mulch on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 54: 321-330.

- CONAGUA (2015) Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.conagua.gob.mx/emas/> (30 de Marzo de 2015).
- Cosic M., N. Djurovic, M. Todorovic, R. Maletic, B. Zecevic and R. Stricevic (2015) Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. *Agricultural Water Management*. 159:139–147
- Doorenbos J. and H. Kassam A (1986) Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 33. FAO, Rome, Italy.
- Fan Y., C. Wang and Z. Nan (2014) Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China. *Agricultural Water Management* 146: 335–345.
- Gittinger J. P. 1985 Análisis económico de proyectos Agrícolas, Editorial Tecnos, España.
- González-Dugo V., F. Orgaz and E. Fereres (2007) Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. *Scientia Horticulturae* 114: 77–82.
- Hamma I. L., U. Ibrahim and M. Haruna (2012) Effect of planting date and spacing on the growth and yield of Sweet pepper (*Capsicum Annuum* L.) in Samaru Area of Zaria in Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 8(1):63-66.
- Karam F., R. Masaad, R. Bachour, C. Rhayem and Y. Rouphael (2009) Water and Radiation Use Efficiencies in Drip-irrigated Pepper (*Capsicum annuum* L.): Response to Full and Deficit Irrigation Regimes. *European Journal Horticultural Science*. 74: 79–85.
- López-López R., M. A. Inzunza-Ibarra, I. Sánchez-Cohen, A. Fierro-Álvarez and E. Sifuentes-Ibarra (2015) Water use efficiency and productivity of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) based on two transplanting dates. *Water Science and Technology*. 71:885-891
- Nagaz K., M. Moncef M. and N. Ben M (2012) Effects of deficit drip-irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield, water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*. 106: 85-103.
- Paul J. C., J. N. Mishra, P. L. Pradhan and B. Panigrahi (2013) Effect of drip and surface irrigation on yield, water use-efficiency and economics of capsicum (*Capsicum annuum* L.) Grown under mulch and non mulch conditions in Eastern Coastal India. *European Journal of Sustainable Development*. 2: 99-108.
- SAS (2009) SAS/STAT® 9.2. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 232 p.
- Sezen S. M., A. Yazar and S. Eker (2006) Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. *Agricultural Water Management*. 81: 115–131.
- Sezen S. M., A. Yazar, Y. Dasgan, S. Yucel, A. Akyildiz, S. Tekin and Y. Akhoundnejad (2014) Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. *Agricultural Water Management*. 143: 59–70
- Sujay Y. H. and S. Giraddi R. (2014) Investigation on the effects of planting time and plant geometry on the activity of sucking pests of chilli *Capsicum Annuum* L. *Global Journal of Science Frontier Research*. <http://www.journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/view/1173/1035> (enero de 2016)
- Yildirim M., K. Demirel and E. Bahar (2012) Effect of restricted water supply and stress development on growth of bell pepper (*Capsicum Annuum* L.) under drought conditions. *Journal of AgroCrop Science*.3:1-9.

ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN LIMÓN PERSA INJERTADO EN DRAGON VOLADOR EN VERACRUZ

HIGH DENSITIES IN PERSIAN LEMON GRAFTED DRAGON FLYING VERACRUZ

¹Hernández-Guerra C., ¹Curti-Díaz S.A., ¹Pablo-Mendoza M.C., y ¹Rodríguez-Quibrera C.G.

¹Campo Experimental Ixtacuaco del CIRGOC-INIFAP, Km. 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Col. Rojo Gómez Tlapacoyan C.P. 93600, Veracruz.

Autor para correspondencia: hernandez.carlos@inifap.gob.mx

RESUMEN

México es el quinto productor de cítricos en el mundo. El país en 2014 contaba con una extensión de más de 560 mil hectáreas establecidas en 28 estados, en los que se produjeron aproximadamente 7.7 millones de toneladas. El valor de la producción de los cítricos es superior a los 17.3 millones de pesos (ANONIMO, 2014). Los productores de cítricos de México se ubicaban en tercer lugar en la producción de limas y limones, el quinto en naranjas, el tercero en toronjas y el décimo tercero en mandarinas (ANONIMO, 2013).

La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social. Dado la creciente demanda de cítricos en los mercados nacionales e internacionales hacen que la investigación sea orientada hacia la búsqueda del incremento de la producción y calidad de frutos en los cultivares, es por ello, que el objetivo del presente estudio es: Determinar el rendimiento y calidad de limón Persa establecido en diferentes distancias de plantación. En dicho experimento se registraron las dimensiones del árbol, producción y calidad de fruto.

Palabras clave: *Citrus latifolia, dimensiones, rendimiento, calidad.*

INTRODUCCIÓN

La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social. Se realiza en más de medio millón de hectáreas en regiones con clima tropical y subtropical en 28 entidades federativas. Dentro de los principales cultivos cítricos destacan el naranjo, el limón Mexicano y Persa, el toronjo y el mandarino (ANONIMO, 2014). La superficie dedicada a la producción de limón persa en México en 2014 era de 84,448.13 ha, que produjeron 1,066,441.60 ton de fruta con un valor de 3,980.25 millones de pesos. El estado de Veracruz concentra la mayor producción de este frutal ya que en esta misma fecha tenía una superficie de 43,415.26 ha plantada con este frutal, que produjeron 623,062.06 ton de fruta y su valor fue de 2,383.00 millones de pesos (ANONIMO, 2014).

Si bien es cierto que Veracruz se ha mantenido como un productor de cítricos importante en el país, el crecimiento de la citricultura Veracruzana está basado en el incremento anual de la superficie plantada y no en la producción por área de cultivo. En 2014 la producción media anual de limón persa fue de 15.4 toneladas por hectárea, por lo que es fundamental incrementar la producción por área.

Para atender el problema de la baja producción del limón persa Veracruz, existen técnicas que permiten aumentar los rendimientos y por ende obtener una mayor rentabilidad del cultivo.

Una de estas técnicas que se podrían poner en práctica, es el establecimiento de nuevas plantaciones con densidades superiores a las que actualmente se utilizan en cítricos. Las altas densidades en el cultivo de los cítricos son una tendencia actual, la cual busca el aumento de la producción por unidad de superficie de suelo y una mayor rentabilidad.

Medina et al., (2010) Señala que las ventajas de las altas densidades en cítricos son: mayor producción por área, retorno más rápido del capital invertido, facilidad de la cosecha, mayor aprovechamiento de los fertilizantes y plaguicidas y estabilidad temprana de la producción. Las desventajas son: mayor inversión por la compra y siembra de plantas y la necesidad de poda debido al cerramiento de la copa de los árboles lo que dificulta un manejo eficiente de la huerta y en consecuencia una significativa reducción de la vida productiva de los árboles (Tucker et al., 1991; Medina et al., 2010).

A pesar de lo anterior, los resultados de estudios en cítricos sobre altas densidades han demostrado que tiene efectos favorables en la producción a corto plazo lo cual puede resultar favorable a la creciente tendencia a la atomización y alto valor del terreno, los elevados costos de producción, el continuo incremento en el costos de los energéticos para la movilización de la maquinaria y equipo

agrícola, la rápida recuperación del capital invertido, las experiencias exitosas del uso de altas densidades en otros países, y la presencia de enfermedades que disminuyen la vida productiva de los árboles, como es el caso del Huanglongbing (HLB) y el virus de la tristeza de los cítricos (VTC) (Medina et al., 2010). Las altas densidades son usadas como prácticas de rutina en Japón, España, Italia, Israel, Marruecos, entre otros países. Esta práctica es realizada debido a la disminución de áreas de cultivo y al alto valor de las tierras en aquellos países. En Italia, la recomendación general está en torno a 400 plantas por hectárea, Israel y España cerca de 500 plantas por hectárea. En África del Sur, los huertos con mayor número de plantas llegan a producir de 40 a 58 % más de fruto en los primeros años de cosecha, en comparación con los espacios convencionales.

Estudios para conocer las óptimas densidades de plantación en diferentes especies de cítricos se han realizado tanto en regiones con clima tropical como subtropical (Hirano et al., 1981; Hutton y Cullis 1981; Intrigliolo et al., 1992; Wheaton et al., 1990; Morimoto y Ozawa 2000; Roberto et al., 1992; Sánchez-Stuchi et al., 2000, Sánchez-Stuchi 2005). En condiciones tropicales, se ha reportado que los máximos rendimientos promedio en 10 años de árboles de cítricos injertados sobre portainjertos de tamaño estándar se obtienen al utilizar 250 a 358 árboles por hectárea en distintos arreglos rectangulares (Tucker et al., 1991). En condiciones tropicales las óptimas densidades de plantación varían entre 416 y 555 árboles por hectárea. El criterio para determinar las densidades óptimas en estos estudios se basó en determinar las densidades que permiten la mayor producción y alta rentabilidad a largo plazo lo que supone una longevidad de los árboles cítricos de 10 a 12 años en el trópico y más de 12 años en el subtrópico (Tucker et al., 1991).

Curti-Díaz et al., 2012 en un estudio sobre productividad del limón Persa Injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México concluye que el comportamiento agronómico de Carrizo y Swingle, en cuanto a vigor, porte, eficiencia productiva, calidad de fruta y tolerancia a las termitas, ofrece mayores ventajas para cultivar limón Persa en suelos de sabana.

Resultados sobre estudios de patrones enanizantes para cítricos evaluados en diferentes condiciones de suelo fueron capaces de reducir el tamaño de los árboles de limón mexicano en Colima, México (Medina-Urrutia et al., 2010). Entre los portainjertos promisorios con estas características se citan a Hiryu, Dragón Volador, Sunki y los híbridos Sunki x Swingle y Rangpur x Troyer. Los portainjertos achaparrantes reducen el crecimiento de los árboles de limón entre 20 y 50 % con respecto a los limones injertados en Macrofila y Volkameriana). En un suelo franco arenoso el rendimiento del limón sobre el patrón Macrofila fue de 125 kilogramos por árbol, mientras que sobre portainjertos enanizantes el limón produjo de 40 a 120 kilogramos por árbol. Con base al crecimiento de la copa a los 10 años de edad, se puede calcular la densidad de árboles de limón sobre Macrofila, por lo que se determina que es posible utilizar una densidad de 583 árboles por hectárea, lo cual origina un rendimiento potencial de 36 toneladas por hectárea por año. Tomando el criterio anterior, los árboles de limón sobre patrón achaparrante es posible plantar a una densidad de 875 árboles por hectárea y generar un rendimiento potencial de 70 a 100 toneladas por hectárea por año.

En Brasil Sanches-Stuchi (2005) en un experimento de altas densidades en limón Persa (IAC-5) sobre Dragón Volador a los 8 años de edad y conducido bajo riego los dos últimos años obtuvo un rendimiento de 72.5 toneladas por hectárea usando una densidad de 2500 plantas por hectárea.

Reciente mente en Texas se propuso que ante el problema del HLB, se utilicen bajas distancias de plantación (1000 a 5000 árboles por hectárea) utilizando árboles de cítricos desarrollados por microinjerto (Hanagriff y Skaria, 2008).

El objetivo de presente trabajo, fue determinar el rendimiento y calidad externa del limón persa injertado en dragón volador establecido con diferentes distancias de plantación. Así como definir el efecto de las diferentes distancias de plantación en el crecimiento y rendimiento de árboles de limón 'Persa' injertado en dragón volador; y determinar la calidad externa de la fruta del limón 'Persa' con diferentes distancias de plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Ubicación y período de estudio. El ensayo se realizó de septiembre de 2015 a agosto de 2016, en el rancho San Rafael, ejido Paso Largo, de Martínez de la Torre, Veracruz, México, en una huerta de limón Persa injertada en dragón volador plantada en diferentes marcos de plantación en 2009. El suelo es tipo sabana de textura arcillosa, el cual se agrieta en tiempo de sequía y se anega durante el periodo de lluvias, muy delgado, con tepetate a 30 cm de profundidad, motivo por el cual los árboles fueron plantados en un bancal de suelo de 40 cm de altura; de reacción fuertemente ácida (pH 4.5)

con fertilidad baja en fósforo y azufre, media en nitrógeno, calcio y zinc y alta en potasio, magnesio y manganeso.

Manejo de la huerta. El manejo agronómico de la huerta lo realizó el productor cooperante de manera uniforme para todos los tratamientos, como se describe:

a) Maleza. El manejo de la maleza se realizó cada tres meses combinando el control químico y manual; b) Fertilización del suelo. Se aplicaron 655-360-360 gramos por árbol de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente repartidos en octubre, noviembre y diciembre del 2015 y enero, febrero y abril del 2016. En noviembre del 2015 se aplicó 1.250 kg de cal industrial, 10 días antes de la fertilización al suelo, para aumentar la disponibilidad de los nutrientes del suelo; c) Fertilización al follaje: se realizaron ocho aspersiones al follaje durante todo el año, principalmente con nitratos (amonio, potasio, magnesio y calcio), urea, fosfato monoamónico y triple 18, que en conjunto aportaron a cada árbol 88, 81, 43, 13, y 22 gramos de N, P_2O_5 , K_2O , MgO , y CaO , respectivamente; también se aplicaron elementos menores; d) Poda. Eliminación de 'chupones', ramas secas o enfermas durante todo el año; e) Las plagas con mayor presencia durante el periodo de la evaluación fueron: diaforina, escama blanca, hormigas, ácaro blanco y araña roja, para su control se realizaron aspersiones foliares de productos químicos recomendados en limón persa; f) Las enfermedades presentes fueron antracnosis, mancha grasienta, gomosis y melanosis, todas controladas por medio de aspersiones foliares de fungicidas recomendados en limón persa; g) Riego. La huerta se mantuvo con la humedad de las lluvias ocurridas durante el periodo de estudio; h) Cosecha. Se realizó cuando los frutos alcanzaron un diámetro ecuatorial mínimo de 50 mm (calibre 250).

Variables de respuesta. Se registraron las dimensiones del árbol, el rendimiento y calidad externa de fruta de la manera siguiente:

Dimensiones del tronco. Diámetro del tronco del portainjerto y del limón Persa. Se dividió la circunferencia de cada uno de los troncos, medida a 10 centímetros arriba (limón Persa) y abajo (portainjerto) de la unión portainjerto/injerto (cm), entre el valor de π (3.1416), y se expresará en cm.

Dimensiones de la copa. Esta variable, así como las dimensiones del tronco se registraron en enero del presente año. En la copa se considerarán las variables siguientes:

- Altura total e inferior de la copa. Se registró la altura total del árbol y la altura (m) donde inician las primeras ramas (altura inferior) partiendo en ambos casos desde el suelo.
- Diámetro. Se obtuvo promediando el diámetro del árbol (m) registrado en dos direcciones (E-O y N-S), medidos a 1 m de altura del suelo y siguiendo la forma normal de la copa; es decir, sin considerar las ramas largas, que sobresalen de la misma.

Rendimiento. Se registró el número y peso de frutos por árbol, durante cada una de las cosechas que se realizarán en el año. El peso se determinará con una báscula de plataforma marca Oken, con capacidad de 120 kg. Para determinar el peso promedio del fruto, se dividirá el rendimiento del árbol entre el número de frutos producidos por el mismo.

Calidad de la fruta. En campo se clasificará visualmente la fruta cosechada de cada árbol en tres calidades comerciales, llamadas regionalmente: "Estados Unidos", "Segunda" y "Tercera". Esta clasificación de la fruta es muy subjetiva y para este estudio se consideraron los criterios siguientes: 1) EEUU, con 70% o más de su superficie de color verde, menos de 10% de daños y no sobremadurados (turgencia y rugosidad visibles); 2) Segunda, con 50 % o más de color verde, menos de 20 % de daños y no sobremadurados; y 3) Tercera: Generalmente frutos verdes amarillentos, o con daños mayores al 20 %, sobremadurados (sin turgencia, lisos). Si tienen una de estas dos características, el tamaño carece de importancia; o bien frutos muy pequeños (menores del calibre 250) o grandes (mayores al calibre 110), aun siendo verdes y sin daños.

Diseño experimental y análisis de varianza. Los experimentos en campo para evaluar distancias de plantación de árboles frutales, son muy grandes, pues requiere hacer lotes de árboles de al menos tres hileras por cinco árboles (15 árboles por repetición), donde los tres árboles del interior son la parcela útil. Esto implica experimentos de al menos 450 árboles y con la gran dificultad para colocar las parcelas, que tienen diferentes distancias de plantación, en forma aleatoria. Es por ello que se ha optado por establecer al menos tres hileras de 45 árboles y tomar como árboles útiles la hilera central, sin incluir los dos árboles al extremo. Los árboles de la hilera central se ordenan por tamaño de la copa, y se plantan de mayor a menor, aun cuando esta diferencia en tamaño no fue muy grande. La distancia de plantación dentro de hileras no varió dentro de cada tratamiento.

De esta manera, la información se analizó estadísticamente como si fuera un diseño de bloques al azar, con tres distancias de plantación entre hileras (2.5 x 6, 2.5 x 5 y 2.5 x 4 m) tratamientos y con 33

repeticiones, usando un árbol como parcela experimental. Los datos registrados se analizaron con el programa SAS versión 9.3 (2015) y para la separación de medias se usó la Prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones del tronco. Las dimensiones del troco de dragón volador y limón persa no fueron afectadas, cuando fueron plantados en tres marcos de plantación (Cuadro 1). Al dividir el diámetro medio del tallo de el patrón entre el de limón persa se obtiene un valor que cuando es cercano a uno, se asocia a una buena compatibilidad entre ambos (Schaffer et al., 2001; Milla et al., 2009), al dividir el diámetro medio de dragón volador y limón persa se obtuvo una relación de 1.27, resultado comparable con Swingle y limón Persa cuya relación fue de 1.49 (Curti et al., 2012). Al respecto Schaffe et al. (2001) indican que los troncos de *Poncirus trifoliata* y sus híbridos generalmente presentan un diámetro mayor que el de sus injertos y que son compatibles con un gran número de especies cítricas.

Cuadro 1. Dimensiones del tronco de limón Persa injertado en dragón volador y desarrollando en un suelo tipo sabana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

Distancia de plantación (m)	Diámetro (cm)	
	Patrón	Limón Persa
2.5 x 6	31.51 a ^z	24.97 a
2.5 x 5	31.36 a	24.13 a
2.5 x 4	30.48 a	24.25 a
MEDIA	31.12	24.46
DMS ^y	3.55	3.17
CV (%) ^x	18.81	21.37

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

^y Diferencia Mínima Significativa

^x Coeficiente de variación

Dimensiones de la copa. A los siete años de edad de la plantación estudiada la altura total, real y diámetro de copa no mostro significancia en las distancias de plantación que fueron utilizadas para establecer limón persa injertado en Dragón Volador (cuadro 2). La altura media total fue de 1.89 m mientras que la real de 1.46 m y el diámetro medio de copa de 2.33 m. La altura total del limón Persa fue menor en 23.28 % con respecto al diámetro medio de copa. Al respecto Curti et al. (2012) en un estudio con cuatro portainjertos indica que el diámetro de copa de limón persa de 11 años de edad, injertado con Rugoso fue (4.48 m) y mayor a Swingle (4.01 m) y fue igual al conseguido con Carrizo y Volkameriana. Estos valores confirman la capacidad de Dragón Volador para reducir el tamaño del injerto. Ledo et al. (2008) señala que los portainjertos deben formar copas pequeñas, con alta eficiencia productiva con relación al volumen de la misma, para aumentar la densidad de plantación y la producción de la huerta.

Rendimiento de fruta. El número de frutos por árbol en los tratamientos fue similar (Cuadro 3), el promedio de frutos fue de (520.88), mientras que el rendimiento medio fue de (52.89 kg). Estos rendimientos se consideran altos, si se comparan con los obtenidos y señalados por (Sánchez-Stuchi et al., 2003), cuyo rendimiento medio por árbol fue de 27.5 kg (Dragón Volador) a los siete años de edad. Al respecto Figueiredo et al (2002) menciona que el promedio de ocho cosechas con Swingle y Volkameriana fue de 39.7 y 36.5 kg respectivamente.

El peso del fruto no fue afectado por las distancias de plantación, el promedio por fruto de limón Persa injertado en Dragón Volador fue de (101 g), superior al señalado por Curti et al. (2012) para Carrizo (92.63 g), Rugoso (93.20 g), Swingle (88.88 g) y Volkameriana (79.47 g).

Distribución de la producción. El comportamiento del limón Persa, con relación a la producción de fruta durante el año, fue muy similar con las tres distancias estudiadas, aunque existen diferencias estadísticas en dos cosechas (octubre 15 y mayo 16) (Cuadro 4). Hubo cuatro cosechas importantes en los meses de septiembre y diciembre de 2015 y marzo y agosto de 2016, que corresponden a las floraciones de febrero, junio, octubre de 2015 y febrero de 2016. Estas cuatro producciones aportan el 93, 95 y 92 % de la producción anual obtenida en las distancias de 2.5 x 6, 2.5 x 5 y 2.5 x 4 m

respectivamente. Generalmente la cosecha julio-agosto es la más abundante y con menor precio, mientras que enero-marzo es la más escasa, pero se obtienen los mejores precios. La suma de las cosechas de diciembre y marzo, que corresponden al periodo llamado “invierno”, representan 44, 42 y 43 % de rendimiento anual conseguido con las distancias de plantación mencionadas. Estos rendimientos son altos si se compara con lo que los citricultores señalan que obtienen normalmente (15 – 20%).

Cuadro 2. Dimensiones de la copa del limón Persa injertado en dragón volador y desarrollando en un suelo tipo sabana. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

Distancia de plantación (m)	Altura de copa (m)		Diámetro de copa (m)
	Total	Real	
2.5 x 6	1.87 a ^z	1.45 a	2.31 a
2.5 x 5	1.90 a	1.42 a	2.33 a
2.5 x 4	1.90 a	1.50 a	2.35 a
MEDIA	1.89	1.46	2.33
DMS ^y	0.22	0.21	0.28
CV (%) ^x	19.97	23.86	20.39

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

^y Diferencia Mínima Significativa

^x Coeficiente de variación

Cuadro 3. Rendimiento total y peso promedio de fruto del limón Persa injertado en dragón volador. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

Distancia de plantación (m)	Producción total por árbol		Peso promedio de fruto (g)
	Frutos	Peso (Kg)	
2.5 x 6	559.24 a	56.89 a	101 a
2.5 x 5	502.40 a	50.89 a	100 a
2.5 x 4	497.94 a	50.53 a	100 a
MEDIA	520.88	52.89	101
DMS ^y	138.92	14.73	7.7
CV ^x	43.87	45.83	12.45

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

^y Diferencia Mínima Significativa

^x Coeficiente de variación

Aparentemente las altas producciones fueron una respuesta al manejo agronómico que se le dio a la huerta. Está bien documentado el papel del nitrógeno aplicado al suelo o al follaje (Ali y Lovatt, 1994; Lovatt, 1999; Saleem et al., 2008), como urea u otros compuestos nitrogenados en la floración, amarre y rendimiento de los cítricos. Durante el estudio se aplicaron, al suelo (seis veces) y al follaje (ocho veces), un total de 743 g N·árbol⁻¹, cantidad superior a los 0.45 a 0.65 kg N·árbol⁻¹, sin importar el método de aplicación. La remoción de hojas apicales o un despunte de brotes maduros estimula la apertura de yemas laterales y si el brote, antes de despuntarlo, se ha expuesto a bajas temperaturas produce brotes generativos (Davenport, 2000). El limón ‘Persa’ sometido a dos semanas de sequía (-0.90 MPa, antes del amanecer) produjo 16 % de brotes florales (Southwick y Davenport, 1986).

Calidad de la fruta. El limón persa se recolecta y pone a la venta cuando su coloración es verde oscuro, esto junto con la rugosidad de la cascara son las características de mayor importancia que determinan el valor de la fruta en los mercados destino. El porcentaje promedio de fruta producida con calidad “Estados Unidos” que es la más importante en el mercado, fue 67 % en los marcos de plantación que se estudiaron. Para la calidad “Segunda” el promedio fue 21% mientras que para la calidad “Tercera” 12 %. Al respecto Curti et al. (2012) al estudiar cuatro portainjertos (Carrizo, Rugoso, Swingle y Volkameriana) con limón Persa, encontró que la calidad promedio “Estados Unidos”, “Segunda” y “Tercera” fue 58, 28 y 14 % respectivamente.

Cuadro 4. Comportamiento del limón Persa injertado en dragón volador, con relación a su producción por árbol durante el período de estudio. Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

Distancia de plantación (m)	Rendimiento por fecha de cosecha (kg·árbol ⁻¹)							TOTAL
	Sep 15	Oct 15	Dic 15	Mar 16	Abr 16	May 16	Ago 16	
2.5 x 6	11.86 a ^z	2.46 ab	11.80 a	13.36 a	0.68 a	0.63 ab	16.10 a	56.92 a
2.5 x 5	11.15 a	1.39 b	11.45 a	9.88 a	0.38 a	0.97 a	15.65 a	50.89 a
2.5 x 4	8.29 a	3.62 a	10.88 a	10.65 a	0.36 a	0.52 b	15.94 a	50.53 a
MEDIA	10.53	2.50	11.38	11.36	0.48	0.70	15.90	52.89
DMS ^y	3.03	1.38	4.76	4.58	0.44	0.42	5.51	14.73
CV ^x	63.04	90.86	68.79	66.40	152.90	0.70	57.08	45.83

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

^y Diferencia Mínima Significativa

^x Coeficiente de variación

Cuadro 5. Producción total de frutos limón Persa injertado en dragón volador según calidad (%). Martínez de la Torre, Ver. INIFAP. 2016.

Distancia de plantación (m)	Producción total por árbol según calidad (%)		Calidad Tercera
	Calidad EEUU	Calidad Segunda	Calidad Tercera
2.5 x 6	68.11	19.46	12.43
2.5 x 5	63.79	23.08	13.13
2.5 x 4	68.31	19.73	11.96
MEDIA	66.74	20.76	12.51

CONCLUSIONES

El crecimiento de árboles de limón 'Persa' injertado en Dragón volador no fue afectado por distancias de plantación. El rendimiento de fruto por árbol en limón 'Persa' fue similar en las diferentes distancias de plantación evaluadas. La mayor producción (50.53 ton·ha⁻¹) se obtuvo con la siembra de 1.000 plantas por hectárea la cual corresponde a una distancia de plantación 2.5 x 4 m. El porcentaje promedio de fruta producida con calidad "Estados Unidos" que es, la más importante en el mercado, fue 67 % en los marcos de plantación que se estudiaron.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2013. Anuarios estadísticos de la producción agrícola, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). http://faostat3.fao.org/download/Q/*S.
- Anónimo. 2014. 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>.
- Ali, A. G.; Lovatt, C. J. 1994. Winter application of low-biuret urea to the foliage of 'Washington' navel orange increase yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(6):1144-1150.
- CARY, P. R. 1981. Citrus tree density and pruning practices for the 21 st century. Pro. Int. Soc. Citriculture: 165-168.
- Curti-Díaz, S. A.; Hernández-Guerra, C.; Loreda-Salazar, R. X. 2012. Productividad del limón Persa injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo serie horticultura, vol. 18, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 291-305.
- Davenport, T. L. 2000. Processes influencing floral initiation and bloom: The role of phytohormones in a conceptual flowering model. HortTechnology 10(4): 733-739.
- Figueiredo, J. O. De; Stuchi, E. S.; Donadio, L. C.; Sobrinho, J. T.; Laranjeira, F. F.; Pio, R. M.; Sempionato, O. R. 2002. Porta-enxertos para a lima ácida 'Tahiti' na região de Bebedouro, SP. Rev. Bras. Frutic. 24(1): 155-159.
- Hanagriff, R. D.; Skaria, M. 2008. Using capital budgeting to measure differences in production from microbudded ultrahigh density citrus planting. IABR and ITLC Conference Proceedings. Pag 1.
- Hirano, S.; Morika, S.; Tachibana. 1981. Tree density and age as related to fruit field per field area in the Satsuma mandarin: estimation for optimum leaf area index on field basis. Proc. Int. Soc. Citriculture: 184-186.
- Hutton, R. J.; Cullis, B. R. 1981. Tree spacing effects on productivity of high density orange trees. Proc. Int. Soc. Citriculture. 186-190.
- Intrigliolo, F.; Reforgiato-Recupero, G.; Giuffrida, G. 1992. Effect of planting density and rootstock on performance of "Valencia" orange. Proc. Int. Soc. Citriculture. 705-708.
- Ledo, A. Das.; Oliveira, T. K. DE.; Ritzinger, R.; Azevedo, F. F. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. Revista Ciencia Agronômica 39(2): 263-268.

- Lovatt, C. J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTechnology* 9(4): 607-612.
- Medina-Urrutia, V. M.; Becerra-Rodríguez, S.; Robles-González, M. M.; 2000. Trifoliate orange rootstocks to control tree size of "Mexican" lime. *Proc. Int. Soc. Citriculture*: 490-493.
- Medina-Urrutia, V.; Robles-Gonzalez, M. M.; Manzanilla-Ramirez, M. A.; Virgen-Calleros, G. 2010. Portainjertos y altas densidades de plantación en limón mexicano: perspectivas frente al HLB. VI Simposio Internacional Citrícola. 174-184.
- Milla, D.; Arizaleta, M.; Díaz, L. 2009. Crecimiento del limero 'Tahiti' (*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.
- Morimoto, J.; OSawa, Y. 2000. High density planting systems for Satsuma mandarins in Wakayayama Prefecture Japan. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 465-466.
- Roberto, S. R.; Donadio, L. C.; Sempionato, O.; Cabrita, J. R. M.; De Negri, J.D. 1992. Tree in high densities and costs for planting citrus in Brazil. *Proc. Int. Soc. Citriculture*: 721-722.
- Schäffer, G.; Bastianel, M.; Cunha Dornelles. 2001. Porta-enxertos utilizados na citricultura. *Ciencia Rural*, Santa Maria 31(4): 723-733.
- Saleem, B. A.; Malik, A. U.; Maqbool, M.; Din, I. U.; Farooq, M.; Rajwana, I. A. 2008. Early winter spray of low biuret urea improves marketable and fruit quality of sweet oranges. *Pak. J. Bot.* 40(4): 1455-1465.
- Sanches-Stuchi, E. 2005. Densidade de plantio em citrus. *Memoria científica. III Simposio Internacional Citricola. SAGARPA-Conalim-Coelim*. 162-169.
- Sanches-Stuchi, E.; Donadio, C.; Sempionato, R. O. 2000. Behavior of Tahiti lime on trifoliate orange "Flying Dragon" at four spacings in Bebedouro. *Proc. Int. Soc. Citriculture*: 487-489.
- Sanches-Stuchi, E.; Donadio, C.; Sempionato, R. O. 2003. Performance of Tahiti lime on Ponsilus trifoliata var. Monstrosa Flying Dragon in four densities. *Fruits*, v.58, n.2 p.1-5.
- Southwick, S. M.; Davenport, T. L. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. *Plant Physiol.* 81: 26-29.
- Tucker, D. P. H.; Wheaton, R. P.; Muraro, R. P. 1991. Citrus tree spacing and pruning. Florida Cooperative Extension Service. IFAS-University of Florida. SP-74. 15 pages.
- Wheaton, T. A.; Castle, W. S.; Whitney, J. D.; Tucker, D. P. H.; Murano. 1990. A high density citrus planting. *Proc. Fla. Sta. Hort. Soc.* 103: 55-59.

Sección Séptima:
**Socioeconomía y
Desarrollo Rural**

ÍNDICE SINTÉTICO PARA LA TIPIFICACIÓN DE MUNICIPIOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN SEGÚN SU CAPACIDAD PRODUCTIVA DE MAÍZ

SYNTHETIC INDEX FOR TYPING MUNICIPALITIES OF THE YUCATÁN PENINSULA BY ITS PRODUCTION CAPACITY OF CORN

¹Uzcanga-Pérez NG, ²Cano-González A de J, ³Uresti-Gil J., ²Ramírez-Jaramillo G. y ²Ramírez-Silva JH

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mucochá, INIFAP. Km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, Mucochá Yucatán. C.P. 97454; ²Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP, Calle 6 No. 398 x13, Av. Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130 Mérida Yucatán México., ³ Campo Experimental Cotaxtla
Autor para correspondencia: Uzcanga.nelda@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estudio se realizó con información estadística de cinco años de variables tanto de producción como socioeconómicas (volumen, precios, beneficiarios de PROCAMPO, población en edad de trabajar, índice de marginación, superficie sembrada, rendimientos, valor y número de beneficiarios de equipo portátil, implementos para tractor, maquinaria y equipo, agricultura de precisión, así como datos de superficie sembrada fertilizada, uso de semilla mejorada, acciones fitosanitarias y asistencia técnica) para 127 municipios que conforman la Península de Yucatán. El objetivo de este trabajo fue construir un índice sintético (ICAP) para la tipificación municipal de acuerdo a su capacidad productiva orientada al cultivo de maíz. Esto se logró con la generación de cinco indicadores parciales: 1) producción, 2) ocupación y empleo, 3) capacidad del productor para el desarrollo, 4) infraestructura y equipo y 5) desarrollo tecnológico utilizando estadística multivariada para la reducción de dimensiones con el método de análisis de componentes principales y otros métodos para la integración de indicadores; de acuerdo con la naturaleza de las variables. Los resultados indican que existen tres municipios con índices altos para la intensificación productiva como Hopelchén (81.6), Campeche (57.5) y Champotón (54.8). Las entidades menos favorables son Yucatán (7.2) y Quintana Roo (13.8); donde la inversión y los esfuerzos deberán ser mayores para incrementar la producción de maíz de temporal.

Palabras claves: *análisis económico, método de agregación, herramienta de análisis.*

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos de la investigación es contar con datos estadísticos confiables y sistematizados que permitan facilitar la toma de decisiones, por lo general este tipo de información se encuentra dispersa en diferentes fuentes de información dificultando su análisis. Como parte del método científico, la clasificación es uno de los procesos fundamentales que permite ordenar los fenómenos para poderlos entender. Para ello; se han desarrollado diferentes sistemas que facilitan la organización de estos fenómenos para su análisis y comparación.

Un método comúnmente utilizado por su simplicidad y por la síntesis de información es la generación de indicadores; porque permite valorar e interpretar correctamente los datos estadísticos.

Diversos estudios como los presentados por Astier y Hollands (2007); Masera y López-Ridaura (2000); Speelman *et al.* (2007) han incluido indicadores para analizar información multivariable en materia ambiental. Otros han sido empleados para explicar el potencial del mercado como indican Mondéjar y Vargas (2008), OCDE (2008) y Schuschny y Soto (2009), estudiar la evolución de la actividad económica o simplemente para representar una situación determinada (Donnet, 2012; Ba 1994).

Este análisis puede realizarse a través de indicadores simples (medidas cualitativas o cuantitativas que permiten realizar evaluaciones) o indicadores sintéticos (cualquier combinación de indicadores simples). El presente trabajo de investigación tiene como objetivo tipificar los 127 municipios de la Península de Yucatán de acuerdo a su capacidad productiva para el cultivo de maíz en condiciones de temporal, debido a que es uno de los cultivos de mayor importancia socioeconómica en la zona de

estudio además que de 2007 al 2014 se han sembrado en promedio 371,190 ha y por lo tanto, se generó un indicador sintético denominado Índice de Capacidad Productiva (ICAP) para facilitar la toma de decisiones en materia de generación y transferencia de tecnología.

MATERIALES Y MÉTODOS

La tipificación de los municipios se realizó a través de la integración de un Indicador sintético construido a partir de cinco indicadores parciales: 1) producción, 2) ocupación y empleo, 3) capacidad del productor para el desarrollo, 4) infraestructura y equipo y 5) desarrollo tecnológico.

De manera general se realizaron las siguientes actividades:

- a) Se seleccionaron los indicadores que se van a tomar en consideración, de acuerdo con ciertos criterios formales como la disponibilidad de los datos, significado económico, frecuencia etc.
- b) Se eliminaron los datos atípicos y se deflactaron los indicadores simples con análisis estadístico previo.
- c) Se seleccionó el método de componentes principales para la agregación del indicador parcial 3, y otros métodos como el valor de la producción a precios constantes y relación para la integración de indicadores parciales de acuerdo con la naturaleza de las variables
- d) Finalmente, con la información se generó un indicador sintético para modelar la situación actual por municipio.

Indicador parcial 1: Producción. Para la construcción de este indicador se utilizó una serie de datos de producción en toneladas y precios medios rurales por municipio del 2010 al 2014 del cultivo de maíz, obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA.

Los precios medios rurales fueron deflactados con el Índice de Precios al Consumidor (IPC) según la variación porcentual registrada de junio de 2010 a junio de 2011 y así sucesivamente hasta el 2014 utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{valor inicial} = \frac{\text{Valor final}}{1 + (\text{IPC} : 100)}$$

La ajustabilidad de los precios se realizó con referencia a la variación en porcentaje del índice nacional de precios. De tal manera, que estos precios medios rurales también llamados precios corrientes, fuesen transformados en una unidad comparable en el tiempo o también llamados precios constantes.

Una vez transformados los precios se calculó el valor de la producción a escala municipal por año. Estos valores fueron normalizados (INEGI, 2009) y se calculó el valor promedio de la producción en los últimos cinco años.

Indicador parcial 2: Ocupación y empleo. El indicador de ocupación y empleo se calculó con el cociente del número de productores de maíz que han sido beneficiados con PROCAMPO y la población con capacidad de trabajar al 100% de eficiencia (Chalita, 1968), descrita como la población de 20 a 60 años.

Indicador parcial 3: Capacidad de desarrollo del productor. Este indicador se construyó a partir de la combinación de tres factores: Índice de marginación tomado de la CONAPO (www.conapo.gob.mx), tamaño del predio agrícola y productividad agrícola (www.siap.gob.mx; Uzcanga *et al*; 2015a).

Los pesos de cada variable (marginación, tamaño y productividad) se calcularán con el método de componentes principales. Los valores extraídos del indicador 3, se extrajeron de la siguiente manera: $\text{Indicador 3} = (0.761) * (\text{tamaño del predio}) + (0.858) * (\text{productividad}) + 0.951(\text{marginación})$.

Indicador parcial 4: Infraestructura y equipo. El índice de infraestructura y equipo se construyó de la relación existente entre cinco variables seleccionadas de la siguiente manera:

$$(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{y_{ij}}$$

Dónde:

x_i = valor en pesos del indicador i para la unidad de análisis j ,

y_j = número de beneficiarios del indicador i para la unidad de análisis j ,

i = equipo portátil, equipo o implementos para tractor, equipo para agricultura de precisión, maquinaria y equipo y reparación de tractores.
 j = municipio

Indicador parcial 5: Desarrollo tecnológico. Este indicador se construyó con información de superficie sembrada, fertilizada, con semilla mejorada, con acciones fitosanitarias y con asistencia técnica para maíz de temporal del 2011 al 2013. Cada uno de los datos de superficie fue normalizado y con él, se obtuvo el promedio de los tres años por cada una de las variables. El indicador final se construyó con la suma de los promedios normalizados de las superficies.

Todos los valores de las variables empleadas para la construcción de los cinco indicadores parciales se normalizaron; es decir, se transformó la variable en bruto (x_i), en un índice sin unidades que toma valores de 0 y 1 fue la siguiente (INEGI, 2009):

$$I_{x_i} = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)}$$

Donde $\min(x_i)$ y $\max(x_i)$ son los valores mínimos y máximos que la variable x puede tomar, respectivamente.

Finalmente, los valores de cada uno de los indicadores parciales se transformaron a porcentajes para agregarlos a través de ponderadores asignados con juicio de expertos (Cuadro 1) y escalas calculadas con el método de Kazmier y Díaz (1991) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Proporción asignada a cada indicador parcial

Índice	%	Proporción	Descripción
1) Producción	10	0.10	Impacto económico de los otros cuatro índices
2) Tasa de Empleo	15	0.15	Población disponible para desarrollar la actividad
3) Capacidad de Desarrollo	30	0.30	Aspectos socioeconómicos para la producción de maíz
4) Infraestructura y equipo	15	0.15	Equipo que puede ser rentado
5) Desarrollo Tecnológico	30	0.30	Uso de componentes tecnológicos para la producción
	10		
Total	0	1.00	

Cuadro 2. Escala cualitativa del indicador sintético

Valores	Escala nominal
-1.7 - 26.07	Bajo
26.07 - 53.84	Moderado
53.84 - 81.61	Alto

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se discutirán por entidad los resultados de los indicadores parciales descritos en el Cuadro 3. Del análisis de estos indicadores se observa que el 81.8% de los municipios del estado de Campeche presenta un puntaje alto para la producción del cultivo de maíz debido a que durante el período de análisis (2010-2014), el valor de la producción mantuvo una tendencia a la alza. Estos resultados coinciden con lo publicado por Maya *et al.* (2010) sobre la importancia socioeconómica de la cadena por el valor de la producción y su tendencia a la alza. No obstante, la población dedicada al cultivo de maíz y con capacidad de trabajar con el 100% de eficiencia es baja (340,900 personas) (INEGI (2010).

En cuanto a la capacidad de desarrollo, se observa que 54.55% de los municipios se caracteriza por valores altos y el resto por puntajes moderados, implicando que 6/11 municipios cuentan con niveles moderados de marginación resultados coincidentes con la regionalización socioeconómica I y II que comprende a los municipios que reflejan la mejor situación relativa (Uzcanga *et al.*, 2010), como Campeche, Champotón y Hopelchén además sus predios agrícolas y rendimientos obtenidos (3.28 ton/ha) se ubican por encima de la media peninsular estimada en 2.88 ton/ha (Uzcanga *et al.*, 2015b).

La disponibilidad de infraestructura y equipo clasificó a los municipios por valores altos y moderados en 36.36% cada uno y solo un 27.27% se clasificaron en bajos, lo que refleja la inversión gubernamental realizada a través del programa PIDETEC para el fortalecimiento de la actividad agrícola. Finalmente, se observa que el 81.8% de los municipios del estado de Campeche se ubican en alto nivel de desarrollo tecnológico por el uso de semilla mejorada, fertilizantes, acciones fitosanitarias y asistencia técnica (SIAP, 2013).

Situación contraria para el estado de Quintana Roo, entidad que durante los cinco años de análisis, presentó una tendencia del valor de la producción a la baja. El 90.0% de los municipios presenta indicadores parciales bajos para la tasa de empleo, capacidad de desarrollo y desarrollo tecnológico. Sólo dos de diez municipios (Felipe Carrillo Puerto y Bacalar) tienen valores moderados para el indicador de infraestructura y equipo. En el municipio de Othón P. Blanco, se obtuvieron valores altos tanto para éste último indicador como para el desarrollo tecnológico.

A pesar que el estado de Yucatán cuenta con el mayor número de municipios (106), su descripción obtenida a través de los indicadores parciales infieren que el valor de la producción tiene una tendencia a la baja, resultado de varios factores como la baja eficiencia de la mano de obra disponible para la actividad. Además 99.06% de la superficie cultivada en estos municipios se realiza sin tecnología debido a los valores bajos del indicador de desarrollo tecnológico, implicando el bajo uso de semilla mejorada, fertilizantes, acciones fitosanitarias y asistencia técnica (SIAP, 2013); características propiamente de la agricultura de subsistencia y con sistemas de producción poco eficientes (Uzcanga et al., 2015b). A este escenario se agrega la baja capacidad de desarrollo de la población vinculada con el cultivo, debido a niveles de marginación altos, rendimientos bajos y alta fragmentación de predios agrícolas.

Cuadro 3. Indicadores parciales por tipo y entidad federativa en porcentaje

Indicadores/Campeche	Alto		Moderado		Bajo	
	No. MUN	%	No. MUN	%	No. MUN	%
Producción	9	81.82	1	9.09	1	9.09
Tasa de empleo	0	0.00	0	0.00	11	100.00
Capacidad de desarrollo	6	54.55	5	45.45	0	0.00
Infraestructura y equipo	4	36.36	4	36.36	3	27.27
Desarrollo tecnológico	9	81.82	1	9.09	1	9.09
Indicadores/Quintana Roo	Alto		Moderado		Bajo	
	No. MUN	%	No. MUN	%	No. MUN	%
Producción	0	0.00	0	0.00	10	100.00
Tasa de empleo	0	0.00	1	10.00	9	90.00
Capacidad de desarrollo	0	0.00	1	10.00	9	90.00
Infraestructura y equipo	1	10.00	2	20.00	7	70.00
Desarrollo tecnológico	1	10.00	0	0.00	9	90.00
Indicadores/Yucatán	Alto		Moderado		Bajo	
	No. MUN	%	No. MUN	%	No. MUN	%
Producción	0	0.00	0	0.00	106	100.00
Tasa de empleo	4	3.77	14	13.21	88	83.02
Capacidad de desarrollo	0	0.00	2	1.89	104	98.11
Infraestructura y equipo	0	0.00	1	0.94	105	99.06
Desarrollo tecnológico	0	0.00	1	0.94	105	99.06

CONCLUSIONES

De los 127 municipios de la Península de Yucatán, el 90.55% se ubica con baja capacidad productiva para el cultivo de maíz. No obstante, la entidad con mayor potencialidad para la intensificación productiva fue Campeche debido a que el 63.64% de sus municipios obtuvieron valores moderados del índice sintético y 27.27% valores altos, particularmente en Champotón, Campeche y Hopelchén, entidades donde es factible a través de la implementación de tecnología incrementar la producción de maíz de temporal.

LITERATURA CITADA

- Astier M. y J. Hollands (2007). *Sustentabilidad y Campesinado. Seis Experiencias Agroecológicas en Latinoamérica*, 2da edición, Mundiprensa/GIRA/ILEIA/México.
- Bakkes, J.A., G.J. Van den Born, J.C. Helder, R.J. Swart, C.W. Hope, y J.D.E. Parker (1994). *An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspective*. UNEP/RIVM, Nairobi, Kenia.
- Chalita Tovar, L.E. (1968). *Planificación agrícola en una región ejidal*. Tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 80 p.
- CONAPO (2010). *Índice de marginación a nivel localidad*. www.conapo.gob.mx
- Donnet, L. D. López., J. Arista., F. Carrión., V. Hernández. y A. González (2012). *El potencial del mercado de semillas mejoradas de maíz en México*. Programa de socioeconomía. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT. Documento de trabajo 8. 30p.
- INEGI (2009). *Indicadores sintéticos*. Boletín de los sistemas nacionales estadísticos y de información geográfica. Vol 2 No.3 Sep-dic. 2013. 309-364p.
- Kazmier, L. y Díaz, A. (1991). *Estadística aplicada a administración y economía*. McGrawHill. México D.F. Segunda Edición. Cap. 2:8-10
- Masera, O.R., y S. López-Ridaura (2000). *Sustentabilidad y sistemas Campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Mundipresnsa/GIRA/Programa Universitario del Medio Ambiente/Instituto de Ecología-UNAM, México.
- Maya, M.A., De la Rosa, V.A., Góngora, G.S., Uzcanga, P. N. y Sánchez, Zubieta, A. (2010). *Actualización de las cadenas agroalimentarias y Agroindustriales del estado de Campeche*. Informe técnico final. INIFAP-Fundación produce Campeche. 72p.
- Mondéjar, J. y M. Vargas (2008). *Indicadores sintéticos: una visión de los métodos de agregación*. Revista economía, sociedad y territorio. México. 7(27):565-585.
- OECD (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*.
- Schuschny, A. y H. Soto (2009). *Guía Metodológica Diseño de Indicadores Compuestos de Desarrollo Sostenible*. Documento de proyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 109p.
- SIAP (2013). *Estadísticas de producción agropecuaria y pesquera, agricultura y tecnificación*. www.siap.gob.mx
- Speelman, E. N., S. López-Ridaura, C.N. Alina, M. Astier y M. Masera (2007). *Ten Years of Sustainability Evaluation using The MESMIS Framework: Lesson Learned from its Application in 28 Latin American Case Studies*. International Journal of Sustainable Development and Word Ecology, 14; 345-361.
- Uzcanga, P.N., Cano, G. A. de J., Medina, M. J. y Espinoza, A. J. de J. (2015a). *Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México*. Revista Mexicana de Agronegocios. México. 36(1):1295-1305.
- Uzcanga, P.N., Cano, G. A. de J., Medina, M. J. y Espinoza, A. J. de J. (2015b). *Características socioeconómicas y rentabilidad de los sistemas de producción de maíz bajo condiciones de temporal de la Península de Yucatán, México*. Revista Mexicana de Agronegocios. México. 37(2):173-183.
- Uzcanga, P.N., Maya, M. A. y Cano, G. A. (2010). *Diagnostico Sectorial para la Planeación en el Estado de Campeche*. INIFAP-CIRSE, Campeche, Camp. 148p. Capítulo 3.

LOS PLANES DE NEGOCIOS; BASE DE LOS AGRONEGOCIOS Y LA VINCULACIÓN AL MERCADO DE LOS CAMPESINOS DE ZONAS DE ALTA Y MUY ALTA MARGINACIÓN

BUSINESS PLANS; BASE OF AGRIBUSINESS AND LINKING FARMERS MARKET AREAS OF HIGH AND VERY HIGH MARGINALIZATION

¹Cadena Iñiguez P, ¹Salinas Cruz E, ²Rodríguez Hernández RF y ³Rendón Medel R

¹ Campo Experimental Centro de Chiapas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa Km.3, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México.

² Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Calle Melchor Ocampo No. 7, 68200, Santo Domingo Barrio Bajo, Etla, Oaxaca, México,

³Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

Autor para correspondencia: cadena.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

La pobreza es una característica de la mayor parte de las familias que viven en el medio rural, los campesinos dependen de la producción agropecuaria como una de las principales actividades, sin embargo, la productividad es muy baja por el escaso nivel tecnológico, los pequeños agricultores no son competitivos porque no tienen acceso a nuevas tecnologías, se encuentran poco vinculados al mercado, la superficie de tierra es escasa y no cuentan con capital suficiente; por consiguiente su ingreso monetario es muy limitado y no les alcanza para cubrir sus necesidades de consumo. El principal reto consiste en propiciar la competitividad de las familias campesinas en esta condición, mediante una mayor vinculación a la economía global. La presente propuesta de investigación pretende como objetivo central generar un modelo metodológico operativo para lograr la competitividad de los pequeños agricultores en condición de pobreza y marginación. El proyecto se desarrolló en el municipio de Ocoatepec, considerado dentro de la Cruzada contra el hambre en el estado Chiapas; se dividió en dos etapas, la etapa uno, se refiere a la Identificación de los factores que limitan la competitividad rural y determinación del portafolio de oportunidades de negocio en las condiciones de marginación y pobreza; la etapa dos consiste en el diseño de los Planes de Negocios.

Palabras clave: *Plan de negocios; competitividad; mercado; pobreza; marginación.*

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el desarrollo rural ha carecido de un enfoque empresarial; por lo que se requiere de un enfoque de demanda de mercado, para convertir al productor rural independientemente de su tamaño o estrato socioeconómico, con un mínimo de capital y financiamiento adecuado y oportuno, podrá convertir su unidad de producción de autoconsumo a un empresa rural con niveles de rentabilidad adecuados para ser competitivos (Cadena *et al.*, 2013; Rodríguez, *Et al.*, 2013); y podría ser a través de dos factores, primeramente la innovación como base para la competitividad a través de la interacción productiva inherente a la primera para lograr la segunda, y por medio de relaciones que expliquen los flujos de comunicación como el proceso de adopción y adaptación (Rendón *et al.*, 2013; Ayala, 2014). Entendiéndose la competitividad como la capacidad de las empresas para competir en los mercados y, con base en su éxito, ganar cuota de mercado, incrementar sus beneficios y crecer (Berumen *et al.*, 2009 y Figueroa *et al.*, 2012), aunque del Canto Fresno, (2000), indica diferentes tipos de competitividad, sin embargo, destaca la “competitividad territorial”, que consta de cuatro dimensiones: Social, Medio ambiental, Económica y la localización en el contexto global”, Canzanelli, (2004), indicó claramente que los cambios entre ser campesino a ser empresario, sean en forma individual o en una forma de cooperativa entre campesinos tienden a ser paulatinos. Desde el punto de vista de la economía clásica donde todo lo que se pueda vincular al mercado esta forzosamente destinado a lograr ganancias, sin embargo, en las áreas marginadas no todo debe estar privilegiado en la óptica de mercado, no en las primeras etapas, pero si en las etapas subsecuentes cuando empieza a madurar la organización y las proyecciones productivas están enfocadas para el mercado.

El objetivo principal de este estudio fue en primera instancia analizar la situación productiva del municipio de Ocoatepec, con la finalidad de establecer el nivel de competitividad de la unidad familiar, analizando la información recabada por medio de una encuesta de todos los activos y medios de vida de los productores. Utilizando la metodología de Matriz de análisis de políticas (MAP), se realizó un estudio denominado análisis sin proyecto, estableciendo los lineamientos para determinar el nivel de competitividad por medio del índice o relación de competitividad (RCR), en comparación con un estudio con proyecto, además del desarrollo de capacidades, transferencia de tecnología y capacitaciones para lograr la innovación, y la adopción además del impacto en las Unidades de Producción y para acercarlos a la idea de los planes de negocios. Al respecto Cadena *et al.*, (2009), y Ayala, *et al.*, (2014), indicaron que la adopción de tecnología no siempre es el resultado de un proceso de transferencia, muchas veces es un fenómeno que depende de la observación, la inteligencia, la decisión y el riesgo de los propios productores. Una vez establecidos los niveles de competitividad de los productores y detectando los productos potenciales para destinarlo al mercado e incrementar el nivel de ingresos con la finalidad de mejorar el nivel de vida de los productores, se estableció un plan de negocios en el cultivo de aguacate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio sobre competitividad que dio paso a la realización de planes de negocios se realizó en el municipio de Ocoatepec, Chiapas. Para el análisis de competitividad se estableció la metodología denominada Matriz de análisis de políticas (MAP). La cual se basa fundamentalmente en el análisis de presupuestos, a precios de mercado y a precios sociales (costos de oportunidad). Así se determina la competitividad (medida como la rentabilidad privada) y las ventajas comparativas (eficiencia en el uso de los recursos domésticos en la producción) de distintos sistemas productivos y diferentes zonas de producción (Naylor *et al.*, 2005). Este método tiene como objetivo principal, medir el impacto de políticas gubernamentales y distorsiones de mercados sobre la rentabilidad privada y la eficiencia en el uso de los recursos (Rebollar *et al.*, 2009), se determina la competitividad y la mide a través de la relación de competitividad (RCR) (Escobar *et al.*, 1999); para ello, se determina el coeficiente del costo de los factores (C) y el valor agregado a precios privados, representada en la ecuación 1.

$$RCP = \frac{C}{(A-B)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Dónde: RCP = Relación del costo privado;

C= Costo de los factores domésticos;

A-B= Valor agregado valuado a precios privados.

RCP tomara valores entre 0 y 1; $0 > RCP < 1$ Si el valor es más cercano a 0 significa que es más competitivo, si tiende a uno significara lo contrario

Planes de Negocios. Se realizó un plan de negocios tomando en cuenta la información secundaria existente para el sistema producto aguacate y de estos la variedad Hass, además de que este fruto fue el elegido por los productores, es el que presenta mayores posibilidades de comercializar y es el que más demanda tiene en el portafolio de oportunidades realizado para determinar que producto era factible de comercializar con mayor rapidez, esta opción fue elegida por los productores quienes calificaron a este cultivo. Los pasos metodológicos para llegar a este fueron siete: 1). Identificación de los productos con potencial de mercado y valor agregado; 2). Realización del análisis FODA, misión, visión y objetivos, 3). Se realizó una revisión del panorama internacional, nacional o regional de la situación actual del producto, 4). Se realizó un estudio de mercado a través de la obtención de información en campo por medio de entrevistas o información secundaria, 5). Se realizó un estudio de mercadotecnia, 6). Constitución de una Sociedad Cooperativa en vías de su protocolización y obtención de la figura legal, 7). Redacción del documento del plan de negocios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación de competitividad indica si las unidades familiares son competitivas o no, dependiendo del porcentaje que se obtenga (Cadena *et al.*, 2013); para el caso de Ocoatepec se estableció en el año 2009 un diagnóstico inicial donde se realizaron 120 encuestas, tomando datos de cada actividad productiva y obteniendo indicadores como la relación de costo privado o RCP, a través de la MAP, de acuerdo a los resultados obtenidos se establecieron tres estratos definidos en negativos, competitivos y mayores a uno y siguiendo con esta misma dinámica de análisis, para el año 2011 se establecen los

misimos estratos, con la finalidad de realizar un comparativo adecuado en los dos años de estudio y establecer las dimensiones que se alcanzaron en cuanto a los objetivos generales del proyecto. Las unidades que se encuentran dentro del indicador negativo para el 2009 refieren a una relación de competitividad de -17.53 y de acuerdo a la definición de este indicador el RCP no toma un valor entre cero y uno, por lo tanto no son competitivos; y podría establecerse que las unidades familiares que se encuentran dentro de este estrato no solamente no son competitivas, sino además no cuentan con mecanismos sólidos en su estructura productiva que permitan vincularse en el mercado, lo cual refiere a que son aquellos productores de subsistencia, que no solamente su producción es de autoconsumo sino que necesitan de algún otro ingreso o apoyo económico de otra dependencia para su sobrevivencia. Dentro del estrato de mayores a uno, se establece que de igual manera estos no tiene la pertinencia en su producción para poder vincularse en el mercado y quizá se encuentran en la misma situación que los negativos, es decir; su dinámica de vida tiende al autoconsumo y a establecer mecanismos en sus medios de vida a través de apoyos o beneficios obtenidos en forma de ayuda o apoyo de gobierno o instituciones no gubernamentales. La diferencia radica en el valor agregado en el estrato de negativos es menor a los costos, es decir, el valor de la producción no cubre los costos totales lo que lo hace establecerse como un pérdida; mientras que los mayores a uno, el valor de la producción puede cubrir los costos totales, pero se obtiene una mínima ganancia; por lo que al calcular el RCP y ser mayor el nominador que el denominador tiende a ser mayor a uno. Sin embargo, esto indica que existe poca vinculación al mercado quizá porque mayormente la producción es de autoconsumo y las ventas son mínimas. Ante este panorama todo hace indicar que estos productores caen en la conceptualización que los clásicos consideran como campesinos (Chayanov (1974); Wolf (1975) y posteriormente retomados por Martínez en (1987) y Galesky (1997); Palerm, (2008); Jurado y Bartra (2012), quienes lo describen amplia y exhaustivamente.

En cuanto a las unidades de producción que se encuentra dentro del estrato de los competitivos, el índice de competitividad es de 0.74, es decir, estas unidades de producción muestran la vinculación que pueden tener al mercado y que además de solventar su consumo, destinan un parte importante de su producción al mercado, por lo tanto son unidades rentables. Para el año 2011 y después de la intervención de para la mejora de sus procesos productivos con la finalidad de detectar productos potenciales al mercado, se estableció un nuevo análisis de competitividad denominado "con proyecto". Los resultados obtenidos se establecieron en tres estratos, donde: El estrato de negativos muestra una tendencia a ser más negativos (-26.66), no necesariamente por ser más dependientes de otros factores fuera de su producción, si no más la falta de vinculación al mercado. Que conlleva a establecer mecanismos más fuertes para poder encaminarlos a no solamente ser de autoconsumo, si no a demás a las ventas de sus productos. El estrato de mayores a uno muestra una disminución en cuanto al indicador de CRP significativo, ya que para el año 2011 es de 3.77; por lo que se esperaría que algunas unidades de producción podrían haber pasado de ser mayores a uno a ser competitivas o bien con la intervención e implementación de nuevas tecnologías aumentar el valor de producción y disminuir los costos, que hacen la tendencia hacia la competitividad. Mientras que el estrato denominado como competitivo muestra una disminución del indicador obtenido en el año base, siendo de 0.67; indicando que las unidades productoras que se encuentran dentro de este estrato al establecer las tecnologías en sus procesos de producción pudieron tener un mejor vinculación en el mercado. En términos generales, el cambio en el índice de competitividad, el cual con la intervención de tecnológicas transferidas a productores cooperantes y como una de las finalidades dentro del desarrollo del presente estudio fue el disminuir en un 30%, el CRP; los resultados obtenidos fueron al inicio de proyecto presento el índice de competitividad en el municipio de Ocotepéc fue en general de 1.94, posteriormente en un nuevo análisis se presentó un índice de 1.33; lo que refleja una disminución del 31.4% en términos generales. Sin embargo existen algunos factores que pueden afectar a la competitividad de un producto, los cuales podrían ser, la productividad, los costos de producción, los precios internacionales y la ubicación relativa de las zonas productoras a los centros de consumo (García *et al.*, 2006); por lo cual se deben establecer mecanismos de apoyo para que los productores puedan tener el nivel acceso al mercado, y es a través de planes de negocios los cuales se plantan para la mejora de los procesos productivos y la internación y competitividad de los productores.

Plan de Negocios. El establecimiento de los índices de competitividad, permitió, además de conocer la situación de las unidades de producción analizadas, establecer los lineamientos necesarios para vincular

los productos potenciales a través de planes de negocios; dando como resultado un estudio para aguacate Hass. Para ser competitivos se deben encontrar factores diferenciadores que se generen valores agregados que establezcan ventajas sobre el producto obtenido por encima de los demás (Corredor, 2015). Como forma tradicional los cultivos de Maíz, frijol y tubérculos sobre todo la Yuca, son producidos principalmente para el sostenimiento de las familias. Dentro de estos productos el maíz es el producto más destacable, debido a que se cultiva en mayor porcentaje sobre la superficie con la que cuentan los productores y al que se le da un proceso de producción constante para que los rendimientos obtenidos sean altos y puedan sostener a su familia en un tiempo considerado; en cuanto a los otros cultivos estos son en menor escala y sirven como complemento en su dieta diaria o bien para alimentación de sus animales de traspatio. En cuanto al aguacate este producto es nuevo, debido a que se estableció aproximadamente 6 años, en los cuales con apoyo de varias instituciones se establecieron dentro del sistema Maíz Intercalado con Árboles Frutales (MIAF) sistema de plantación ampliamente descrito por Turrent *et al.*, (2014); 100 árboles (equivalentes a 1 ha en producción en huerto), de la variedad Hass. Dentro del plan de negocios se establece un componente de viabilidad comercial, donde se incorpora el análisis de demanda, oferta y su contrastación, así como la propuesta de precio de venta y el canal de comercialización (Peña *et al.*, 2015)

Cadena Productiva. Para el estado de Chiapas en la cadena productiva se establecen cuatro eslabones: el productor, mayorista, minorista y consumidor final. Los productores o abastecedores se localizan en los estados de Puebla, Michoacán y Chiapas; los productores de Michoacán se convierten en mayoristas distribuyendo su producción a minorista o consumidores finales. Existe otra vía de abastecimiento que va de productor a minorista o comerciantes ubicados en mercados de la región o tiendas de productos varios y finalmente la última vía es la del productor o bodega al consumidor final. Los consumidores finales se centran en los habitantes de la región y los restaurantes.

Mayoristas y minoristas: El mercado de aguacate dentro del estado de Chiapas según datos obtenidos de los mayoristas es, que a lo largo de todo el año el abastecimiento existe: el aguacate proviene principalmente de los estados de Puebla y Michoacán. Los mayoristas de encuentran ubicados en la central de Abastos de Tuxtla Gutiérrez, cada uno cuenta con una bodega donde comercializan no solamente este fruto, sino otros productos como cebolla, chile, papas, calabazas, jícamas, etc., algunos cuentan con cuartos fríos, muy importante para la conservación de los productos en venta y la madurez de algunos de estos como es el caso de aguacate. Otros mayoristas del estado de Michoacán, tienen la capacidad de trasladar su producción e introducirla al estado de Chiapas; mediante asociaciones de productores de los diferentes municipios productores de dicho estado. Comercializan en dos niveles; distribuyendo a otros mayoristas, a minoristas en mercados y a cliente finales. Cuentan con cámara de frío para que el producto llegue a su estado de madurez apto para el mercado. La comercialización del producto para los dos tipos de mayoristas es de acuerdo a la caracterización de la norma del CODEX para el aguacate (CODEX STAN 1997-1995).

Clientes Finales: Los consumidores finales son aquellos pobladores donde llega el producto final en fresco, las características principales que busca el consumidor final es la de un fruto maduro, color verde con tonos amarillos, con sabor agradable, la pulpa debe de ser firme y principalmente que no tenga el proceso de oxidación presente de manera muy rápida cuando se parte el fruto para ser consumido.

Situación del mercado con respecto a la producción de los productores: Los productores de San Pablo Huacán, en el municipio de Ocoatepec, Chiapas, cuentan con una producción por hectárea de 6 t ha⁻¹ en promedio de aguacate Hass. Actualmente tiene un mercado raquíutico, debido a que solo comercializan dentro del pueblo o en las orillas del camino y no cuentan con un comprador, que pueda comprar todo el producto o no existe una estrategia de comercialización que permita vender su producción en los mercados locales. El aguacate con el que cuenta los productores de San Pablo Huacán es de la variedad Hass, y según la clasificación CODEX STAN 197-1995, se clasifica en primera y hasta cuarta calidad. El total de la producción por el grupo de productores es de 2 t ha⁻¹, lo que permitirá establecer un contrato con algún mayorista para la compra-venta a través de un contrato a lo largo del tiempo de producción.

Posicionamiento de la organización: La organización de productores está integrada por 12 miembros, actualmente no tiene una constitución legal, pero si un grupo de trabajo que les ha permitido trabajar y obtener algunos apoyos como la obtención de aguacate y la asesoría por parte de expertos en la reproducción de plantas y producción de esta fruta, además de mejorar sus sistema de producción maíz y frijol. Los productores de Aguacate de San Pablo Huacanó están convencidos de que es necesario tener una empresa capaz de solventar las inclemencias del mercado; por ello es de su interés constituirse legalmente en una asociación y con ello asegurar el nivel de producto que comercializaran para abastecer al mercado de corto, mediano y largo plazo de acuerdo a la exigencia del mercado se pretende vender producto entre primera y hasta tercera calidad, pero también asegurar la disponibilidad en el nivel de producción para poder abastecer la demanda de sus socios comerciales.

Tamaño del mercado objetivo: El mercado meta está planificado en un corto, mediano y largo plazo, esto implica establecer estrategias para poder abastecer el tipo de mercado al que se desea llegar. En un corto plazo se tiene establecido vender al menudeo en los municipios de Copainalá y Tecpatán, municipios cercanos al área de producción, donde existen 5240 hogares y 21,050 pobladores en el municipio de Copainalá lo que equivaldría al consumo de por lo menos 1681 toneladas de aguacate anuales, mientras que en el municipio de Tepactán se tiene 9,582 hogares con un total de 41,045 pobladores, por lo que el mercado potencial para abastecer una demanda de hasta es de 328 toneladas.

Análisis Financiero: Para el análisis económico y financiero se toma como base la metodología de evaluación de proyectos, donde cada uno de los indicadores son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión de la empresa, el cual indicara la rentabilidad, y la comparación y selección entre diferentes alternativas de inversión (Franco *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Resumen del flujo de efectivo de la organización de productores de Aguacate Hass, de San Pablo Huacanó, Ocoatepec, Chiapas.

FLUJO DE EFECTIVO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Caja	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 59.332,80	-\$ 119.591,04	-\$11.842,75
ENTRADAS DE OPERACIÓN						
Total entradas	\$ -	\$ -	\$ 43.200,00	\$ 12.667,20	\$ 139.608,96	\$ 276.157,25
SALIDAS DE OPERACIÓN						
Total salidas	\$ 71.160,00	\$61.872,00	\$ 81.988,80	\$ 91.823,04	\$ 95.103,55	\$ 98.749,50
saldo de flujo de efectivo	-\$ 127.200,00	-\$ 61.872,00	-\$ 38.788,80	-\$ 79.155,84	\$ 44.505,41	\$ 177.407,74
FLUJO DE EFECTIVO	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	Año 12
Caja	\$ 108.329,22	-\$ 15.321,85	\$ 19.266,26	\$ 45.926,83	\$ 642.222,06	\$1.233.401,23
ENTRADAS DE OPERACIÓN						
Total Entradas	\$ 396.329,22	\$ 272.678,15	\$ 307.266,26	\$ 909.926,83	\$ 1.506.222,06	\$ 2.097.401,23
SALIDAS DE OPERACIÓN						
Total salidas	\$ 164.268,24	\$ 166.001,64	\$ 167.411,22	\$ 168.562,20	\$ 169.506,78	\$ 170.286,69
saldo de flujo de efectivo	\$ 63.940,98	\$ 106.676,52	\$ 139.855,04	\$ 741.364,63	\$ 1.336.715,29	\$ 1.677.114,54

Los costos se establecen no solo de la parte de producción, además se toman en cuenta los costos adicionales, como es la publicidad, el transporte la compra de maquinaria y equipo. Los costos más elevados son los de los jornales y no existen ganancias a lo largo de los cuatro primeros años debido a la inversión inicial y a la falta de ventas. Sin embargo en el año cinco las ganancias son de \$44,505.41 peso por la venta de toda la producción. Para el año 7 al 11 se establecen nuevas plantaciones de aguacate Hass con el sistema MIAF, estas plantaciones corresponden a 300 nuevas plantas por productor lo que equivale a un total de 3600 plantas por el total. Para el año siete se realiza una inversión de \$168,120 pesos por las plantaciones, sin embargo, al existir ventas, ayuda en gran manera a la productor a poder solventar los gastos de la nueva inversión. Los gastos que se contabilizan en este flujo de efectivo son: la publicidad y la comisión por ventas. El mantenimiento es de acuerdo a las actividades que se realizan como es la poda y la fertilización, entre otras. Dentro del flujo de caja en el año 8 se espera tener un déficit en caja, sin embargo el saldo final es positivo. Para los años 12 en adelante, se espera que la producción se establezca de las 400 plantas que se tienen por productor, además de que se pretende realizar una nueva inversión en la construcción de un

¹ Estimado según consumo per cápita anual de aguacate en México.

cuarto frío, para poder tener un producto de acuerdo con las exigencias del mercado a largo plazo. Este cuarto frío, tendrá un costo de \$250,000; y su inversión se planea para el año 12 de producción.

Cuadro 2. Resumen del flujo de efectivo de la organización de productores de Aguacate Hass, de San Pablo Huacán, Ocotepec, Chiapas

Flujo de efectivo	Año 13
Caja	\$ 1.570.463,30
ENTRADAS DE OPERACIÓN	
total entradas	\$ 2.434.463,30
SALIDAS DE OPERACIÓN	
total salidas	\$ 170.935,37
saldo de flujo de efectivo	\$ 2.263.527,93
VAN	\$ 6'169,738,481
TIR	41%
R B/C	4,89

Los productores podrán solventar este gasto y para el año 13, al realizar los convenios con mayoristas para ventas mayores. En este último periodo aumentan los costos de publicidad y comisiones de ventas, por la cantidad de volumen manejado y distribuido. A largo plazo se pretende además, la compra de vehículos e infraestructura. A mediano y largo plazo se sumaría el mercado de Tuxtla Gutiérrez, este municipio cuenta con 43, 886 hogares con un total de 553,374, por lo que se tendría ofertar hasta cerca de 4,427 toneladas de aguacate. Si bien los datos muestran que es muy redituable el cultivo de aguacate en la localidad de Ocotepec, Chiapas, también son ciertos los factores que inciden en tomar una empresa de este tipo. Algo similar encontró Rodríguez *et al.*,

(2015) al estudiar la producción de Tomate rojo, En un municipio marginado de Oaxaca, encontraron que existe una relación inversa entre el nivel de ventas y el índice de competitividad, es decir, si la tasa de ventas aumenta el índice disminuye, lo que significa que las unidades productivas son más competitivas y por el contrario si las ventas disminuyen los aumentos del índice de competitividad y FPU son entonces menos competitiva. Si las ventas aumentan en un 30% mejoraría la competitividad en un 28% con respecto a la situación actual.

CONCLUSIONES

Con los datos presentados y las expectativas de los productores así como el crecimiento de sus plantaciones, en la localidad de San Pablo Huacán, Ocotepec, Chiapas, con los productores de Aguacate Hass, **SI** es posible hacer un buen agronegocio en áreas de alta y muy alta marginación, dado que en el mediano y largo plazo la producción de aguacate puede generar mucho más ganancias a los productores que seguir sembrando solamente sus satisfactores, lo único que hace falta es la plena concientización de ellos de tener un asesor técnico permanente para tener la calidad. Así se demuestra con los datos y la proyección financiera referida a los años productivos del Aguacate Hass, logrando una relación B/C de 4.89, por lo tanto la vinculación es muy factible de alcanzar y contribuir a una mejora de los ingresos mediante el diseño y la implementación de los planes de negocios para las zonas marginadas.

LITERATURA CITADA

- Ayala, S.A. 2014. Unidades de transferencia de tecnología para la innovación agropecuaria y forestal del INIFAP. In: Congreso Internacional de Investigación e Innovación 2014 Multidisciplinario. Centro de Estudios Cortázar. Universidad de Guanajuato. 10 y 11 de abril de 2014, Cortázar, Guanajuato, México. 35 p.
- Ayala, S.A.; Cadena, I.P.; Zambada, M.A.; Pérez, G.R.; Güemes, G.M.J.; Morales, G.M.; Rodríguez, H.R.F. y Berdugo, R. J.G. 2014. Niveles de relación interinstitucional dentro de la cadena agroindustrial del aguacate en Morelos. Vinculación para la transferencia y la innovación tecnológicas. Gobernanza de ciencia, tecnología e innovación. Miriam de los Ángeles Díaz Córdoba (Coordinadora); Universidad Veracruzana; Laboratorio transdisciplinario de investigación más desarrollo; Cuerpo académico consolidado UV-CA-311. REDESCCYTT. Redes para el desarrollo, cultura, ciencia y tecnología en transdisciplinariedad. 2014. Pp. 218-238
- Beruman, A. S.; Palacios, S. O. 2009. Competitividad, clúster e innovación. Editoriales trillas. México. Pp 1-103.
- Cadena, I.P.; Morales, G.M.; González, C.M.; Berdugo, R.J.G. y Ayala. S.A. 2009. Estrategias de transferencia de tecnología, como herramientas del desarrollo rural. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Libro técnico No. 2. ISBN: 978-607-425-200-2. 94 p.
- Cadena, I. P.; Rodríguez, R. F.; Zambada, M. A.; Berdugo, R. J. G.; Góngora, G. S.; Salinas, C.E.; Morales, G.M.; Ayala, S.A. 2013. Modelo de gestión de la innovación para el desarrollo económico y social en áreas

- marginadas del sur sureste de México. ISBN 978-607-37-0022-1. INIFAP. Ocozacoautla de Espinosa, Chiapas. Libro técnico. N° (10). Pp 1-152.
- Canzanelli, G. 2004. Valoración del potencial endógeno, competitividad territorial y lucha contra la pobreza. International Link and Services For Local Economics Development Agencies. ILS LEDA Paper N° 1. Pp 20-30
- Corredor-G, Luz, R. 2015. La competitividad en las pymes y la cooperación internacional: una experiencia desde Colombia. Revista Divergencia. No. 19, septiembre 2015, pp.116- 129.
- Del Canto, F.C. 2000. Nuevos conceptos y nuevos indicadores de competitividad territorial para las áreas rurales. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. ISSN: 0211-9803. 2000, 20:69-84.
- Chayanov, A. 1974. La Organización de la Unidad Doméstica Campesina. Buenos Aires, Argentina. Ediciones Nueva Visión. Figueroa-Manuel, V. 2005. América Latina; descomposición y persistencia de lo campesino. Revista Latinoamericana de Economía. Vol. 36 N° 142 julio-septiembre 2005. Pp 27-50
- Escobar, C.G. y Godínez, L. (1999), Evaluación de políticas de competitividad internacional de la producción de jugo concentrado de naranja en el Edo. De S. L. P. Tesis de licenciatura en Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Franco, M.A.L.; Bobadilla, S.E.E. y Rebollar, R.S. 2014. Viabilidad económica y financiera de una microempresa de miel de aguamiel en Michoacán, México. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XVII, núm. 35, julio-diciembre, 2014, pp. 957-968.
- Figueroa, R, K. A.; Figueroa, S, B.; Figueroa, R, O. L.2012. De las cadenas productivas a las cadenas de valor: su diagnóstico y reingeniería. Colegio de Posgraduados. México. 1-76.
- Galesky, B. 1997. Sociología del Campesinado. Barcelona. Editorial Península. pp: 133-162.
- García, S.JA; Rebollar, R.S y Rodríguez, L.G. 2006. Competitividad, cupos de importación y comercialización de maíz en Sinaloa. Ciencia Ergo Sum, vol. 13, núm. 1, marzo-junio, 2006, pp. 57-67.
- Jurado, C.S. y Bartra, V.A. 2012. Cómo Sobrevivir al mercado, sin dejar de ser campesino; el caso de los pequeños productores de café en México. Veredas: Revista del pensamiento Sociológico. No. Especial/2, Segundo semestre/ 13. UAM Xochimilco, México D.F. Pp. 181-191
- Martínez, S.T. 1987. Campesinado y Política: movimientos o movilizaciones campesinos. In: Glantz, S. (comp). La Heterodoxia Recuperada en torno a Ángel Palerm. México. Fondo de Cultura Económica. 3-31 pp
- Naylor, R. y Carl, G.H. (2005). Desarrollo de la capacidad técnica para la evaluación de la competitividad de los productos agropecuarios y los efectos de la apertura comercial. FAO, SEPSA. Pp. 30.
- Palerm, A. 2008. Los estudios campesinos: orígenes y transformaciones. En: Antropología y marxismo/ Ángel Palerm. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social: Universidad Autónoma Metropolitana: Universidad Iberoamericana, 2008 348 p. (Clásicos y Contemporáneos en Antropología; 4) ISBN 978-968-496-639-0. Pp 225-254
- Peña, U.L.S.; Rebollar, R.S; Callejas, J.N.; Hernández, M.J y Gómez, T.G. 2015. Análisis de viabilidad económica para la producción comercial de aguacate Hass. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XIX, núm. 36, enero-junio, 2015, pp. 1325-1338
- Rebollar, R.S; Hernández, M.J. y González, R.F.J. 2009. Rentabilidad y competitividad del cultivo del durazno (*Prunus Pérsica*) en el suroeste del estado de México. Revista Panorama Administrativo. Núm. 7, año 4. Pp. 27-38.
- Rendón, M.R.; Aguilar, A.J. 2013. Gestión de redes de innovación en zonas rurales marginadas. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). 1-175.
- Rodríguez, H.R.F.; Cadena, I.P.; Morales, G.M.; Jácome, M.S.; Góngora, G.S.; Bravo, M.E. y Contreras, H.J.R. 2013. Competitividad de las unidades de producción rural en Santo Domingo Teojomulco y San Jacinto Tlacotepec, sierra sur, Oaxaca, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 10 núm 1. Enero-marzo. ISSN 1870-5472 p 111-126.
- Rodríguez, H.R.F.; Bravo, M.E.; López, L.P. y Cadena, I.P. 2015. Impact of Sales on the Competitiveness of Marginalized Families, the Case of Tomato Producers from Taviche, Oaxaca, Mexico. Global Advanced Research Journal of Agricultural Science (ISSN: 2315-5094) Vol. 4(7) pp. 325-332, July, 2015.
- Turrent, F.A.; Espinosa, C.A.; Cortés, F. J. I. y Mejía, A.H. 2014. Análisis de la estrategia MasAgro-Maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 5 (8) nov-dic 2014 ISSN: 2007-0934 p. 1531-1547
- Wolf, E. 1975. Los campesinos. Editorial Labor. Barcelona, España. Editorial Labor 150 p

ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE MORINGA (*Moringa oleífera*) EN EL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

ANALYSIS OF PROFITABILITY OF A PLANTATION MORINGA (*Moringa oleífera*) IN THE STATE OF YUCATÁN, MEXICO

¹Góngora González SF, ¹Basulto Graniel JA, ²Rodríguez Hernández RF.

¹ Campo Experimental Mocochá. CIRSE-INIFAP Km 25 antigua carretera Mérida-Motúl CP 97454

² Campo Experimental Valles Centrales. CIRPAS-INIFAP.

Autor para correspondencia: gongora.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

El trabajo se realizó con el objeto de estimar la rentabilidad técnico-financiera del cultivo de moringa, de reciente introducción en una plantación en el C.E. Mocochá, Yucatán, México. Se capturó información de coeficientes técnicos y precios de mercado para obtener costos de establecimiento, mantenimiento y cosecha del cultivo. Se registraron los precios por cada insumo comercializable, así como para las labores manuales y mecanizadas y con esta información se realizó el cálculo de costos de producción. Los ingresos se estimaron con base en la producción estimada de frutos y follaje, para que con base en la metodología de análisis de ingreso se realizara el análisis financiero y se obtuvieran la relación B/C del primer año y se proyectara a tres años de producción. Para el establecimiento y desarrollo de la plantación se requieren 1.5 kg de semilla con fertilizantes para los tres años de 235 kg de triple 17. También se utilizó 9, 6 y 6 lt de glifosato para combatir malezas. Se requieren 71 jornales para el establecimiento, para los años 2 y 3 fueron 66 y 46. Las labores mecanizadas se requieren para el primer año siendo un servicio para la limpieza del terreno y otro para pase de rastra. Los indicadores financieros considerando un mercado potencial para la producción de fruto y hoja son costos que van entre 11 y 18 mil pesos e ingresos estimados entre 78 y 101 mil pesos. Con estos resultados la Relación Beneficio/Costo oscila entre 4.57 y 7.83.

Palabras claves: Productividad, costos, ingresos, ganancia, moringa

INTRODUCCIÓN

La falta de alternativas y uso de energías renovables para disminuir los efectos del cambio climático en México, han hecho posible la necesidad de búsqueda de nuevos cultivos productores de aceite para la producción de biocombustibles. La *Moringa oleífera* representa una oportunidad técnica, socioeconómica y ambientalmente favorable para su aprovechamiento en la producción de biocombustibles y coproductos de gran beneficio para la sociedad. El género *Moringa* pertenece a la familia de las *Moringaceae*, orden de los *Capparidales*, clase *magnoleopsida*. Es una oleaginosa que incluye 14 especies.

De estas, *M. oleífera*, es la especie más popular y en consecuencia, más utilizada. Se cree que es originaria del sur del Himalaya y el noroeste de la India (Olson, a,b, 2001). La moringa crece rápidamente en climas tropicales y subtropicales con precipitaciones de 250 a 3000 mm/año en suelos con un pH de 5.0 a 9.0 (Saint, 2001). Se usan principalmente sus frutos, semillas y raíces para consumo humano, mientras que sus tallos se destinan para la alimentación animal; además el aceite que se extrae de sus semillas se emplea como lubricante y en cosmética para la elaboración de cremas y jabones (Pérez *et al.*, 2010). Sus grandes propiedades alimenticias abarca sus hojas son comestibles y ricas en proteínas, con un perfil de aminoácidos esenciales muy balanceado, contiene vitaminas, principalmente A y C, en altas cantidades, así como antioxidantes potentes. Los frutos jóvenes son comestibles y las semillas producen un aceite comestible y lubricante de altísima calidad. Los desechos del prensado de las semillas para obtener el aceite contienen uno de los floculantes o aglutinantes vegetales más potentes que se conocen y pueden eliminar la turbidez del agua. Sus hojas ofrecen un forraje nutritivo para los animales, así como también los residuos de las semillas después de la extracción de aceite y aun las ramas molidas (Martínez, 1959; Reyes *et al.*, 2006, citados por Olson y Fahey 2011).

Con la finalidad de generar conocimientos y tecnologías de producción de productos y coproductos de este cultivo para la producción rentable y competitiva el INIFAP y otras instituciones llevan a cabo el

proyecto: "Investigación y desarrollo de la producción de Moringa para la obtención de biodiesel en México".

Uno de los componentes de este proyecto es el estudio de rentabilidad y competitividad del cultivo de Moringa como cultivo bioenergético en México, cuyo objetivo particular es determinar la rentabilidad y la competitividad de la explotación de esta especie en diferentes ambientes del país, considerando las fases agrícola de producción primaria del insumo bioenergético y la etapa industrial de transformación a biodiesel y contribuir de esta manera a la formulación de políticas encaminadas a su aprovechamiento en beneficio de la sociedad en general y del sector productivo en particular. Los ambientes en que se estableció el estudio, fueron los estados de Chiapas, Tamaulipas, Jalisco, Michoacán y Yucatán. La información que presentamos en el presente documento corresponde al estado de Yucatán, concretamente a la región centro- norte de dicho estado.

La moringa (*Moringa oleífera* Lam.), es un cultivo de reciente introducción en zona tropicales de México y ha despertado gran interés en productores, industriales y pequeños empresarios de la Península de Yucatán, México. Este cultivo ha sido objeto de numerosos estudios, fuentes reportan que en los pasados recientes se han realizado mas de más de 750 estudios, artículos y otras publicaciones han incluido la Moringa, entre ellas destacan estudios sobre nutrición y salud con base en productos de esta planta (Trees for life s/f).

Si bien son numerosos los estudios que hablan de esta planta denominada "milagrosa", en México al igual que en otros países, el interés por este cultivo han llevado también a realizar diversos estudios, la mayoría de ellos, de igual forma, dirigidos a identificar sus usos en la salud y propiedades nutricionales, sin embargo, si se piensa en la moringa como una alternativa de producción comercial para productores agrícolas, se requieren estudios de corte agronómico para evaluarla en condiciones experimentales, con el objeto de establecer su tecnología de producción y sus posibilidades económicas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es el de estimar los coeficientes técnicos y financieros de la moringa para evaluar su rentabilidad en una plantación establecida en el estado de Yucatán, México

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental de Mocochoá perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Mocochoá se localiza en la zona centro-norte del estado de Yucatán, México, entre los paralelos 21° 05" y 21° 10" de latitud norte y los meridianos 89° 27" y 89° 30" de longitud oeste, a 8 msnm.

El objeto de estudio fue un lote experimental donde se estableció una plantación del cultivo, para evaluar su comportamiento agronómico. Se elaboraron registros técnicos de producción y formatos para la captura de información económica durante el primer año de establecido el cultivo y se proyectó para los dos años siguientes. La información técnica incluyo la captura de cantidad de jornales para preparación del terreno, siembra, mantenimiento del cultivo y cosecha así como también la cantidad de semilla utilizada, fertilizantes y otros agroquímicos y materiales e insumos diversos. También se estimó la producción de semilla y follaje. Los formatos de costos, permitió obtener información sobre los costos de mano de obra, fertilizantes agroquímicos, costos de cosecha y de materiales diversos. Se diseñó el formato de captura y procesamiento de datos, en Excel (Matriz de coeficientes técnicos, matriz de precios privados, matriz de costo de producción y matriz de análisis de ingreso (rentabilidad). Cada Matriz considera un registro de datos de acuerdo a la metodología denominada Matriz de Análisis de Política (MAP) planteada originalmente por Monke y Pearson (1989); Puente (1995) y Salcedo (2007).

El estudio se complementó con recopilación de información indirecta y recorridos de campo, para entrevistar a productores y técnicos relacionados con el cultivo de la moringa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la entidad no se reportan plantaciones comerciales de este cultivo. Los antecedentes encontrados se reducen a colectas que se realizaron en el año 2011 y al establecimiento de las mismas para observar su comportamiento en el Campo Experimental Mocochoá, en ese año y al proceso de establecimiento actual en fase experimental en el Sitio Experimental de Uxmal, ambos pertenecientes al INIFAP. En lo cuadros siguientes se presenta los resultados del análisis financiero para la producción de Moringa. En el Cuadro 1, se ilustran los coeficientes técnicos para el establecimiento y desarrollo de la plantación en los primeros tres años indican que por ha se requieren 1.5 kg de semilla

con fertilizantes para los dos años de 235 kg de triple17 y de 289 en el año 3. Durante el primer año de establecida la plantación no se observó ataque de plagas y enfermedades, lo que indica la resistencia de este cultivo a las condiciones de trópico seco. Otro insumo requerido es el glifosato para el combate de malezas eso a razón de 9 lt el primer año y 6 para los dos subsecuentes. Asimismo se requieren materiales diversos como son utensilios de campo y para la cosecha.

Cuadro 1. Matriz de insumos comerciales en una plantación experimental de Moringa en el Campo Experimental Mocochá, Yucatán, México.

Cantidades por ha		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Insumos Comerciales	Unidad			
SEMILLAS				
Semillas	kg o pl	1.5		
FERTILIZANTES				
Triple 17	kg o l	235	235	289
HERBICIDAS				
Faena	kg o l	9	6	6
OTROS INSUMOS				
Costales	pieza	100	120	120
Machetes	pieza	2	2	2
Tijeras	pieza	2		
Mochila aspersora	pieza	2		
Otros materiales				
Hilo rafia	pieza	1		

En cuanto a los requerimientos de mano de obra, se requieren 71 jornales para el primer año en que se establece para los años subsecuentes son de 66 y 46 para para el año 2 y 3 en forma respectiva. Las labores mecanizadas se requieren para el primer año siendo un servicio para la limpieza del terreno y otro para pase de rastra.

Cuadro 2. Matriz de uso de mano de obra en una plantación experimental de Moringa en el Campo Experimental Mocochá, Yucatán. México.

Factores de producción		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Labores manuales	Unidad			
Trazo de plantación	jornal	3		
Siembra directa	jornal	4		
Aplic. De fertilizantes	jornal	4	4	4
Aplic. De agroquímicos	jornal	9	6	6
Deshierbes	jornal	10	10	
Podas	jornal	15	15	15
Cosecha	jornal	15	20	20
Extrac. Y limpieza grano	jornal	2	2	2
Secado	jornal	6	8	8
Embasado	jornal	1	1	1
Otras labores: aclareo	jornal	2		
Labores mecanizadas				
Limpia del terreno	servicio	1		
Barbecho	servicio			
Rastreo	servicio	1		

Considerando los precios de mercado por cada insumo comercializable y para las labores manuales y mecanizadas, los costos y valor de la producción, así como los cálculos de rentabilidad, se presentan en el cuadro 3. Los indicadores financieros considerando un mercado potencial para la producción de fruto y hoja son costos que van entre 11 y 18 mil pesos e ingresos estimados entre 78 y 101 mil pesos. Con estos resultados la Relación Beneficio/Costo oscila entre 4.57 y 7.83.

Cuadro 3. Costos, Ingresos y rentabilidad de una plantación experimental de Moringa, en el Campo Experimental Mocochoá, Yucatán; México

Indicadores financieros	Unidad	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	Promedio
Ingreso total	\$/ha	96,525	107,325	113,325	105,725
Costo total (excluyendo tierra)	\$/ha	18140	12085	11479	13901
Costo total (incluyendo tierra)	\$/ha	21140	15085	14479	16901
Ganancia neta (excluyendo tierra)	\$/ha	78,385	95,240	101,846	91,824
Ganancia neta (incluyendo tierra)	\$/ha	75,385	92,240	98,846	88,824
Relación B/C		4.57	7.11	7.83	6.26

CONCLUSIONES

Considerando información del cultivo en fase experimental, proveniente de investigadores que trabajan el cultivo en el estado y considerando, además, un mercado potencial que demanda frutos y hoja de moringa, la producción de esta especie en el estado de Yucatán es rentable.

LITERATURA CITADA

- Magaña B. W. (2012) Aprovechamiento pos cosecha de la Moringa (*Moringa oleífera*) Rev.Iber. Tecnología Postcosecha Vol 13(2):171-174. Red de Revistas Científicas de América
- Monke E.A. and Pearson S.R. 1989. The Policy Analysis Matrix for agricultural development. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 50p.
- Olson, Mark E., & Fahey, Jed W.. (2011). Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1071-1082. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-4532011000400001&lng=es&tlng=es. Consultado 27 febrero 2016
- Puente G.A. 1995. Indicadores económicos de la producción de trigo en México. Publicación especial No. 7. INIFAP, México D.F. 39p.
- Salcedo B..S. 2007. Competitividad de la agricultura en América Latina, Matriz de Análisis de Política. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile, 98p.
- Trees for life. s/f. Libro sobre Moringa. Árboles para la vida. [www.treesforlife.org/sites/default/files/.../Moringa_Book_Sp\(screen\).pdf](http://www.treesforlife.org/sites/default/files/.../Moringa_Book_Sp(screen).pdf). Consulta febrero 2016

RENTABILIDAD DE UNA PLANTA PARA PRODUCCION DE BIODIESEL A PARTIR DE SEMILLAS DE MORINGA (*Moringa oleifera*)

PROFITABILITY OF A PLANT FOR PRODUCTION OF BIODIESEL STARTING SEED OF MORINGA (*Moringa Oleifera*)

¹Góngora González SF, ²Rodríguez Hernández RF, ¹Basulto Graniel JA, Reyes Reyes AL³
¹ Campo Experimental Mocochoá. CIRSE-INIFAP Km 25 antigua carretera Mérida-Motúl CP 97454
² Campo Experimental Valles Centrales. ³ CE Rosario Izapa. CIRPAS-INIFAP
Autor para correspondencia: gongora.sergio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con información de producción de semilla de moringa en una plantación en el estado de Yucatán y datos de coeficientes técnicos y precios de mercado para la producción de biodiesel, se realizó el presente trabajo, con el objeto de estimar la rentabilidad en la producción de dicho combustible. Para ello, se consideró una planta con capacidad para producir 20,000 litros/día de biodiesel, trabajando 300 días/año. Con la información obtenida, y con el apoyo del Software Para Windows, Sistema Biodiesel/ FAO, se realizó el cálculo de la inversión requerida, costos de producción fijos y variables, así como el valor de producción de biodiesel y coproductos con demanda de mercado, como es la torta proteica y la glicerina resultantes de la extracción del combustible. El costo de producción de un litro de biodiesel fue de \$10.87, \$2.9 por debajo del precio del diésel actual que es de \$13.77. Los resultados en la evaluación del proyecto permite obtener una Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) del 26.25%, superior al costo de oportunidad del capital cuya tasa actual fluctúa entre el 8 y 12% anual. El valor actual neto para del proyecto ascendió a 48 millones de pesos y la Tasa de recuperación del capital es en promedio de 4.4 años. Lo anterior permite afirmar que la producción de biodiesel utilizando granos de moringa, resulta atractiva.

Palabras claves: *moringa, biocombustibles, aceite, rentabilidad*

INTRODUCCION

La sustitución de energías fósiles con energías renovables que coadyuven a la reducción del deterioro del medio ambiente, es una necesidad urgente en nuestros tiempos. Esto crea la necesidad de buscar alternativas para generar y usar energías renovables que disminuyan los efectos del cambio climático en México. Por lo anterior, se hacen esfuerzos en la búsqueda de nuevos cultivos productores de aceite para la producción de biocombustibles. La *Moringa oleífera* representa una oportunidad técnica, socioeconómica y ambientalmente favorable para su aprovechamiento en la producción de biocombustibles y coproductos de gran beneficio para la sociedad.

La moringa, es un árbol originario de la India, donde se usan principalmente sus frutos, semillas y raíces para consumo humano, mientras que sus tallos se destinan para la alimentación animal; además el aceite que se extrae de sus semillas se emplea como lubricante y en cosmética para la elaboración de cremas y jabones (Martin *et al.*, 2013). Es una especie perenne tolerante a las altas temperaturas y la sequía, su rango óptimo de temperatura se ubica entre los 15 a 35 grados Celcius (Pérez, 2010). Por lo anterior y con la finalidad de generar conocimientos y tecnologías de producción de forma rentable y competitiva, tanto de la materia prima para el biodiesel como para los coproductos como las hojas y la torta de Moringa, el INIFAP con el apoyo de otras instituciones, se encuentra realizando investigaciones sobre ese cultivo.

El biodiesel, es un combustible para motores a combustión interna con ignición por compresión, renovable y biodegradable, derivado de aceites vegetales o de grasas animales, que pueda substituir parcial o totalmente el aceite diésel de origen fósil" (Trejo 2007; Ajila y Chiliquina 2007).

Los aceites vegetales son obtenidos, predominantemente, a través de las semillas de las plantas, constituidos principalmente de moléculas de triglicéridos; la extracción consiste en la retirada de moléculas de triglicéridos (aceites) del medio intracelular de las células vegetales; existen diversas fuentes de obtención de biodiesel, las más utilizadas son la Higuera o Ricino; pulpa de la palma; semilla de algodón; grano de soja; semillas de girasol y canola; otros vegetales en forma de semillas, almendras o pulpas; la Moringa representa una alternativa atractiva. Por lo anterior se realizó el

presente trabajo con el objeto determinar los indicadores financieros de la fase de producción industrial de moringa con información de producción del cultivo generada en el estado de Yucatán.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó con información de la producción de semilla de una plantación de moringa (*Moringa oleífera*) en el estado de Yucatán. Con esta información y con datos disponibles para la producción de biodiesel con granos de Moringa, se formuló la matriz de coeficientes técnicos de la fase industrial de producción. Se registraron precios de mercado de los insumos y factores de producción necesarios para la producción de biodiesel, se formuló de la matriz de precios privados de la fase industrial.

Se realizaron recorridos técnicos por plantas de biodiesel en operación para constatar el diagrama de flujo del proceso de producción, concretamente una planta ubicada en Chiapas propiedad del gobierno estatal y la otra de tipo piloto propiedad del INIFAP ubicada en el Campo Experimental Rosario Izapa. Se consideró una planta de biodiesel con capacidad para producir 20,000 lt/día y trabajando 300 días al año. Se parte de coeficientes técnicos estimados para el proceso industrial mediante transesterificación.

Los insumos que se utilizan para la producción de biodiesel con granos de moringa son: electricidad para la extracción del aceite y para la producción del biodiesel, metanol, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, resina y antioxidante. En el Cuadro 1 se presentan los coeficientes por cada uno de los insumos. Las cantidades están cuantificadas por unidad básica de biodiesel obtenido que es el litro y se expresan por día considerando una jornada de operación de 14 horas.

Cuadro 1. Matriz de coeficientes técnicos para la producción de biodiesel en una planta de biodiesel con capacidad para producir 20,000 lt/día

Insumos	Unidad	Total, consumido	Total, consumido/día
Materia prima (granos de Moringa)	Kg/L biodiesel	2.61	52200
Electricidad (extracción)	kwh/L biodiesel	0.0917	1834
Metanol (transesterificación)	kg/L biodiesel	0.1198	2396
Hidróxido de sodio (transesterificación)	kg/L biodiesel	0.019	380
Ácido sulfúrico (transesterificación)	kg/L biodiesel	0.0057	114
Resina (transesterificación)	kg/L biodiesel	0.0013	26
Antioxidante (transesterificación)	kg/L biodiesel	0.00214	42.8
Electricidad (transesterificación)	kwh/L biodiesel	0.032	640

Asimismo, se asignaron precios a cada uno de los coeficientes técnicos, mismos que son vigentes para el mes de marzo del 2016. En el Cuadro 2 se presentan los precios unitarios de los insumos requeridos para la producción de biodiesel, en donde se puede observar que los insumos más caros son la resina y el ácido sulfúrico, sin embargo no necesariamente significa el mayor costo ya que esto depende de la cantidad a utilizar.

Cuadro 2. Matriz de precios privados de los insumos requeridos para la producción de biodiesel en una planta piloto.

Insumos	Unidad	Precio unitario
Materia prima (granos de Moringa)	\$/kg	6.00
Electricidad (extracción)	\$/kwh	3.65
Metanol (transesterificación)	\$/kg	38.20
Hidroxido de sodio (transesterificación)	\$/kg	18.467
Ácido sulfurico (transesterificación)	\$/kg	250.00
Resina (transesterificación)	\$/kg	375.00
Antioxidante (Transesterificación)	\$/kg	55.00
Electricidad (Transesterificación)	\$/kwh	3.65

Con esa información y con el auxilio del Software Para Windows, Sistema Biodiesel/ FAO (Da Silva et al 2009), se corrió un proyecto de inversión para obtener el precio del litro de biodiesel y la rentabilidad de una planta prototipo con capacidad de generar 20,000 lt de biodiesel/día. El proyecto se modelo a 20 años, considerando la vida útil del cultivo de Moringa.

RESULTADOS

Necesidades de inversión inicial. En el Cuadro 3, se presentan las necesidades de inversión para producción del biodiesel durante un año de operación de la planta. Se requiere de 500m2 de terreno, obra civil y la inversión en el costo de la planta. Esta asciende a \$15.8 millones de pesos

Cuadro 3. Inversión requerida para la operación de una planta de biodiesel con capacidad para producir 20,000 lt/día

Concepto	Cantidad	P U (\$)	Total (\$)
Terreno y relleno	500 m2	1000	500,000
Construcción civil	300 m2	1000	300,000
Planta de biodiesel	1	15,000,000	15,000,000
Total			15,800,000

Costos variables de producción por año (CV). Para tener en pleno funcionamiento la planta de bioenergía, se considera que para producir un litro de biodiesel, se requiere 2.61 kg de grano con un contenido promedio de aceite del 43.3%, por lo tanto, al año se necesitan 15,660 ton de grano de moringa, que con una producción de 2 ton/ha, es necesario sembrar 7830 ha de dicho cultivo. Asimismo, con un costo de \$6,000 ton de grano, el costo por este insumo asciende a 93,96 millones de pesos. Esto representa el 81.1% de los CV de producción (Cuadro 4). De los insumos que siguen en importancia, está el metanol, el antioxidante y la resina que en conjunto significan el 12.5% de los CV. La mano de obra para la operación de la planta no tiene mayor impacto en la estructura de CV.

Cuadro 4. Costos variables de producción para la operación de una planta de biodiesel con capacidad para producir 20,000 lt/día.

Concepto	Unidad	Coefficiente técnico	Total consumido	P.U. (\$)	Total (\$)
Materia prima					
Granos de moringa	Kg/L Biodiesel	2.61	15,660,000	6.00	93,960,000
Electricidad(extracción)	kwh/l	0.0917	550,200.00	3.65	2,008,230
Metanol	kg/l	0.1198	718,800.00	13.5	9,703,800
Hidróxido de sodio	kg/l	0.019	114,000.00	8.6	980,400
ácido sulfúrico	kg/l	0.0057	34,200.00	9	307,800
Antioxidante	kg/l	0.00214	12,840.00	350	4,494,000
Electricidad (transesterificación)	kwh/l	0.032	192,000.00	3.65	700,800
Resina	kg/l	0.0013	7,800.00	375	2,925,000
Mano de obra					
Especializada	persona/mes	0.2	2.40	14,000.00	33,600
Semiespecializada	persona/mes	1	12.00	10,000.00	120,000
No especializada	persona/mes	1	12.00	6,000.00	72,000
Otros					
Mtto.. de la línea (*)	% de la inversión en equipos	3			450,000.00
Total					115,755,630

Costos fijos de producción por año (CF). Estos costos, lo constituyen la depreciación de obra civil, equipo y gastos administrativos. Por año asciendes a 1.7 millones de pesos, destacando la depreciación de la planta de biodiesel que representa el 88% del total de CF (Cuadro 5)

Cuadro 5. Costos fijos de producción para la operación de una planta de biodiesel con capacidad para producir 20,000 lt/día.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo/mes	Total anual
Administrador	persona/industria	1	8,000	96,000
Otros gastos administrativos	\$/mes	1	8,000	96,000
Depreciación	Vida útil	Valor inicial		Total anual
Obra civil	20	300,000		15,000
Planta de biodiesel	10	15,000,000		1,500,000
Total				1,707,000

Ingresos (ING) por biodiesel y coproductos. El producto principal es el biodiesel, pero en la generación de ese combustible, se obtienen otros coproductos con valor en el mercado. Estos son las tortas proteicas y la glicerina, que tienen una demanda importante para la alimentación animal y la industria farmacéutica. Los ING obtenidos por la producción de biodiesel significan el 61.2% de los ING totales, el 33% proviene de la torta y el resto de la glicerina. Los ING totales alcanzan los 134.88 millones de pesos al año (Cuadro 6)

Cuadro 6. Ingresos generados por la producción de biodiesel y co-productos de una planta con capacidad para producir 20,000 lt/día.

	Unidad	Producción anual	Precio de Venta (\$/L)	Total Anual(\$)
Biodiesel	L	6,000,000	13.77	82,620,000
Torta proteica	Kg	3,420,000	13	44,460,000
Glicerina	Kg	600,000	13	7,800,000
			Total (\$)	134,880,000

Indicadores financieros

Con los datos especificados, se evaluó el proyecto de inversión. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 7. El costo de producción de un litro de biodiesel fue de \$10.87, \$2.9 por debajo del precio del diésel actual que es de \$13.77. Lo anterior, indica que los resultados en la evaluación del proyecto permite obtener una Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) del 26.25%, inferior al 43.7% reportado por Alcocer et al (2014), utilizando semilla de jatropha, pero superior al costo de oportunidad del capital cuya tasa actual fluctúa entre el 8 y 12% anual. El valor actual neto para del proyecto ascendió a 48 millones de pesos y la Tasa de recuperación del capital es en promedio de 4.4 años. Lo anterior permite afirmar que la producción de biodiesel utilizando granos de moringa, resulta atractivo.

Cuadro 7. Indicadores financieros de la producción de biodiesel y co-productos de una planta con capacidad para producir 20,000 lt/día.

Indicador	Unidad	Valor
Costo de Producción del Biodiesel	\$/L	10.87
T.I.R.	%	26.25
Punto de equilibrio	%	8.93
T.R.C.	Años	4.4
Valor Actual Neto	\$	48,095,085

CONCLUSIONES

El costo de producción de biodiesel es un 13% menor que el precio actual del diésel de origen fósil. Esto es sin considerar subsidios oficiales.

La TIR de una planta de biodiesel con capacidad para producir 20,000 lt diarios durante un año es del 26%, superior al costo de oportunidad del capital. Esto redundará en una rentabilidad atractiva. La inversión realizada en una planta de biodiesel con las características ya descritas, se recupera en promedio de 4.4 años.

LITERATURA CITADA

- Alcocer R JBM. 2014. Estudio sobre la Viabilidad de la Utilización de Biodiesel en el Servicio Público de Transporte Colectivo del Área Metropolitana de Guadalajara. Centro de Sustentabilidad y Energía Renovable. Universidad Autónoma de Guadalajara A.C. Zapopan, Jalisco, México. 134p
- Ajila M VH y Chiquinga MB. 2007. Análisis de legislación sobre biocombustibles en América Latina. Artículos Técnicos OLADE.
<http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocombustibles/ANALISIS%20DE%20LEGISLACION%20SOBRE%20BIOCOMBUSTIBLES.pdf>. Consultado 29 junio 2016.
- Da Silva J.A, Pérez R., Chávez B.M., Carvalho E.J., Schuetz G. 2009. Sistema BiodieselFAO. Manual de Ayuda. Software para Windows. Universidad Federal de Viçosa, Brasil y Coordinación FAO/Oficina Regional de Chile. 129p.
- Martín C., Martín G., García A., Fernández T., Hernández E., Puls J. 2013. Potenciales aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica. Revista Pastos y Forrajes. Vol. 36. No. 2. 137-149 pp.
- Pérez A., Sánchez T., Armengol N., Reyes F. 2010. Características y potencialidades de Moringa Oleífera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Revista Pastos y Forrajes. V. 33. N.4 16p.
- Trejo G M.C. 2007. Estudio de derecho comparado y marco jurídico internacional sobre Biocombustibles/bioenergéticos. SPE-ISS-08-07. Cámara de Diputados XL Legislatura. Subdirección de Política Exterior. <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/spe/SPE-ISS-08-07.pdf>. Consultado 29 junio 2016

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN TABASCO

CURRENT SITUATION AND VEGETABLE PRODUCTION PERSPECTIVE IN TABASCO

¹López-López R, ¹Rodríguez Cuevas M ¹Sumano López D, ²Fierro-Álvarez A, ¹Jiménez-Chong JA.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas. Huimanguillo, Tabasco. Tel. 01 (800) 088 2222 Ext. 87515. ²Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México, Tel. 01 (55) 54 83 7000. *Autor de correspondencia (lopez.rutilo@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Se realiza una revisión bibliográfica del estado del arte de la producción de hortalizas en el estado de Tabasco con el objetivo de conocer la situación actual de la producción de hortalizas para programar acciones que permitan enfrentar la problemática y las necesidades de las cadenas productivas. Se concluye que las especies hortícolas más importantes que se cultivan en Tabasco son: la Chihua, la sandía, Chile verde y Melón, destaca el cultivo de la Chihua, con superficies de 5000 a 6000 ha en los últimos años. Existe una variabilidad en la superficie cultivada de estas hortalizas, con excepción del cultivo de camote, hay una tendencia en la disminución de la superficie cultivada de la mayoría de los cultivos, debido a la falta de rentabilidad por los altos costos de producción y los bajos precios de los productos en el mercado. La chihua tiene un alto potencial productivo y de mercado para su cultivo en las regiones del Plan Balancán Tenosique, municipio de Balancán y en la región de la Chontalpa, Tabasco, donde en los últimos años se está impulsando su producción.

Palabras clave: Estado del arte, valor de la producción, rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El subsector hortícola de México aporta 16% del valor de la producción agrícola con sólo el 2.7% de la superficie agrícola y 2.1% de la producción total (SAGARPA; SIACON 2010). Presenta tasas de crecimiento promedio anuales positivas, la superficie cultivada ha crecido a 2.03%, la producción a 3.62%, mientras que el valor de la producción en términos nominales a 27.43%, lo anterior lo caracteriza como un subsector con un fuerte dinamismo y grandes expectativas para el desarrollo agrícola del país. Lo anterior se confirma con el incremento en la superficie; en promedio se cosechaban 287,800 ha en el periodo 1980/1982 y la superficie se incrementó hasta 541,858.70 ha en el periodo 2008/2010 (SAGARPA; SIACON 2010).

Por otro lado, las hortalizas mexicanas son de las pocas actividades que mantienen una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que el volumen exportado fue 4.1 veces mayor que el importado desde 1961 a 2010 (FAO, FAOSTAT 2012), por las ventajas comparativas que se tienen, sobre todo de clima, en relación a otros países. Sin embargo, el subsector ha enfrentado diversos problemas de mercado que han ocasionado la pérdida de importancia relativa a través del tiempo en el mercado internacional. Su participación en las exportaciones agroalimentarias ha disminuido, al pasar de 32% a 18% entre 1993 y 2010. Además de lo anterior, se debe hacer mención que los productores en los últimos años, también enfrentan problemas que han repercutido en una reducción de su rentabilidad y competitividad. Entre 1980 y 2010, el índice de precios de genéricos para la producción de brócoli, tomate rojo, y tomate verde crecieron en 158, 147 y 322% respectivamente (Banco de México, 2011), mientras que hubo una caída de los precios al productor de los mismos cultivos, el brócoli se redujo en 26%, el tomate rojo en 16% y el tomate verde en 54%, en el mismo periodo (1980-2010) y los rendimientos apenas incrementaron en 1.6, 1.0, 3.0% (SAGARPA; SIACON 2010), lo que implica una reducción en la rentabilidad. Esta reducción, se ve mayormente afectada por la caída de los precios al productor de los mismos cultivos, por ejemplo el tomate rojo en -0.60% y el tomate verde en -2.63%, en el mismo periodo (1980-2009).

En Tabasco, el cultivo de hortalizas se realiza por lo general mediante tres sistemas de producción: a nivel de traspatio (autoconsumo), de temporal o humedad residual (unidades productivas de 0.25 a 5 ha) y con tecnología de riego por goteo en superficies de una hasta 150 ha. Dentro de los cultivos más importantes se encuentran el chile habanero, chile jalapeño, la sandía, el jitomate, el melón, el pepino

y la chihua. De 2003 a 2006 se construyeron 22 invernaderos y casa sombra en una superficie total de 11,112 m², sin obtener el éxito esperado por la falta de conocimientos técnicos en el manejo de estos sistemas. En la actualidad, existen algunos empresarios que cuentan con estas estructuras y han ido mejorando su tecnología obteniéndose dos ciclos de producción con alta productividad y mejora de la calidad. La producción hortícola está basada principalmente en la siembra de chile verde, chile habanero, sandía y la chihua (semilla de calabaza), en menor proporción se encuentra la calabaza, el melón, el pepino y el jitomate. A pesar del gran potencial que tiene el Estado para la producción de estos cultivos, la superficie sembrada y el valor comercial representa porcentajes muy pequeños con respecto a la superficie y el valor de la producción nacional. El objetivo del presente estudio fue conocer la situación actual de la producción de hortalizas en el estado de Tabasco para programar acciones que permitan enfrentar la problemática y las necesidades de las cadenas productivas.

MATERIALES Y METODOS

La base de la información bibliográfica se tomó del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y del Banco Mundial. Una vez obtenida la información de los principales cultivos hortícolas que se cultivan en el estado de Tabasco se hizo un análisis comparativo de las tendencias en los últimos 10 años, posición de los cultivos hortícolas a nivel estatal, la superficie actual, valor de la producción y el estado del arte de los cultivos (problemática y perspectivas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencias en los últimos 10 años. Las hortalizas muestran un ligero descenso en la superficie cultivada de 2004 a 2014 (Figura 1), principalmente en los cultivos de jitomate y tomate verde. Sin embargo, la mayoría de los cultivos hortícolas presentan un ligero incremento en los últimos años. Con información de FAO (2015) se puede comprobar que la superficie agrícola total del país se ha reducido a un ritmo de 2% anual, en los años de 1998 a 2005, pasando de 14.9 millones de hectárea a 12.8 millones, respectivamente. Esta disminución de la superficie agrícola se debe a los productores que se ubican en superficie de temporal, los cuales han abandonado por completo las actividades agrícolas, y han buscado nuevas estrategias de subsistencia. Así por ejemplo, gran parte de las familias rurales, durante la segunda mitad de los noventa, adoptaron complejas estrategias tales como: incremento de las jornadas de trabajo, mayores ingresos no agrícolas, sobre todo del sector informal y, en algunos casos, en las maquiladoras, sin olvidar, una mayor migración hacia zonas urbanas en México y hacia Estados Unidos.

En la Figura 1 se puede apreciar que la producción de chile verde en México varía de 140,000 a 150,000 ha aproximadamente durante el periodo de 2004 a 2014, con una ligera tendencia de incrementarse en los últimos años, el resto de los cultivos, a excepción de la chihua, se observa una tendencia a la disminución de la superficie cultivada. Cabe destacar, el crecimiento de la superficie cultivada de chihua en los últimos años, con 43,403 ha.

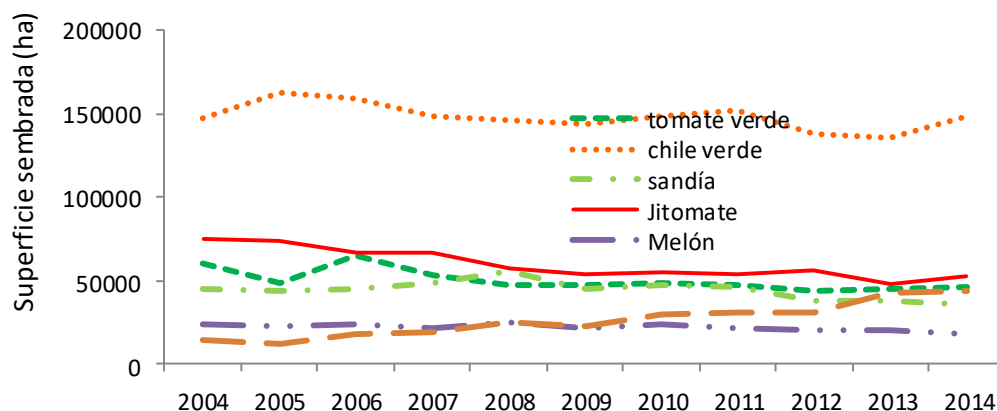


Figura 1. Superficie sembrada de las hortalizas en México que se cultivan en Tabasco de 2004 a 2014 (SIAP, 2015).

En cuanto al valor de la producción, en la Figura 2 se compara de 2004 a 2014, las hortalizas más importantes a nivel nacional que se cultivan en Tabasco. Se puede notar que a pesar que el jitomate tiene una superficie mucho menor (-184%) que los chiles verdes, el valor de la producción es similar durante este periodo, mientras que el resto de las hortalizas apenas superan dos mil millones de pesos, siendo el cultivo de la chihua el de menor valor de la producción a pesar que la superficie cultivada es mayor que la sandía, melón y tomate verde. Esto es debido a los bajos rendimientos promedios obtenidos y al bajo precio de venta del producto



Figura 2. Valor de la producción de las principales especies hortícolas en México que se siembran en Tabasco durante 2004 a 2014 (SIAP, 2015).

Posición de los cultivos hortícolas a nivel Estatal. En Tabasco, actualmente se siembra una superficie de 8,677 ha de cultivos hortícolas, con un valor de la producción total de 147 millones de pesos (SIAP, 2015). Entre los más importantes en superficie cultivada se encuentran la Chihua (semilla de calabaza), chile verde, sandía y melón con una superficie de 5826, 1335, 1070 y 196 ha, respectivamente, sin embargo, en cuanto al valor de la producción, el chile verde generó aproximadamente 90 millones de pesos en la entidad durante el 2014. El cultivo de sandía le siguió con 27.2 millones de pesos, en tercer lugar la chihua con 16.6 millones de pesos y el melón con 4.5 millones de pesos (Cuadro 2).

Superficie Actual. En Tabasco, las hortalizas que se cultivan en pequeñas unidades de producción son la calabaza, el jitomate, el pepino y el camote con un promedio anual de 300 ha. Durante el periodo de 2004 a 2014, se observa una variabilidad en la superficie cultivada de estas hortalizas. Con excepción del cultivo de camote, existe una tendencia en la disminución de la superficie cultivada de la mayoría de los cultivos, el cual es debido a la falta de rentabilidad por los altos costos de producción y los bajos precios de los productos en el mercado, aunque un porcentaje importante de esta superficie, el destino de la producción es para autoconsumo. Es notorio que el jitomate alcanzó una superficie sembrada de 140 ha en el año 2008 (Figura 3).

En la Figura 4 se presentan las tendencias de la superficie sembrada de los cultivos más importantes de las especies hortícolas que se cultivan en el Estado de Tabasco, estos son: la Chihua, la sandía, Chile verde y Melón. Destaca el cultivo de la Chihua, alcanzando superficies de 5000 a 6000 ha en los últimos años. Generalmente en el Plan Balancán Tenosique se intercala con el cultivo de maíz y en el municipio de Balancán se cultiva principalmente como monocultivo. El sistema de producción es en condiciones de humedad residual y temporal, obteniéndose dos cosechas por año. En la región de la Chontalpa es un cultivo que en la actualidad se impulsa la producción en suelos altos con buen drenaje, debido a que es un cultivo muy susceptible a los excesos de humedad. Debido a la

variabilidad climática de los últimos años, el cultivo requiere investigación sobre la adaptación de los componentes tecnológicos a estos cambios climáticos, por ejemplo: nuevas fechas de siembra, riego por goteo, producción de plántulas en charolas y el control integrado de plagas y enfermedades, entre otros.

Cuadro 2. Superficie sembrada, cosechada, volumen y valor de la producción de especies hortícolas cultivadas en Tabasco durante 2014 (SIAP, 2015).

Cultivo	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Sup. Siniestrada (ha)	Producción (t)	Rendim. (t ha ⁻¹)	PMR (\$/t)	Valor Producción (Miles de \$)
Calabaza	82	76	6	851.24	11.2	2,962.09	2,521.4
Chihua	5,826.50	2,449.00	3,377.50	668.05	0.27	24,871.57	16,615.4
Camote	78.25	69.25	9	660.07	9.53	3,879.41	2,560.7
Chayote	5	5	0	46.8	9.36	3,588.04	167.9
Chile verde	1,335.00	1,306.00	29	5,142.85	3.94	17,487.03	89,933.1
Cilantro	21	21	0	47.3	2.25	12,360.68	584.7
Melón	196.5	184	12.5	1,399.00	7.6	3,220.16	4,505.0
Pepino	27.3	27.3	0	301.4	11.04	3,739.35	1,127.0
Sandía	1,070.50	1,043.50	27	13,894.50	13.32	1,955.98	27,177.4
Jitomate	35.3	35.3	0	371.1	10.51	4,841.44	1,796.7
Total	8,677.35	5,216.35	3,461.00	23,382.31			146,989.4

Fuente: SIAP (2015). PMP=precio medio rural

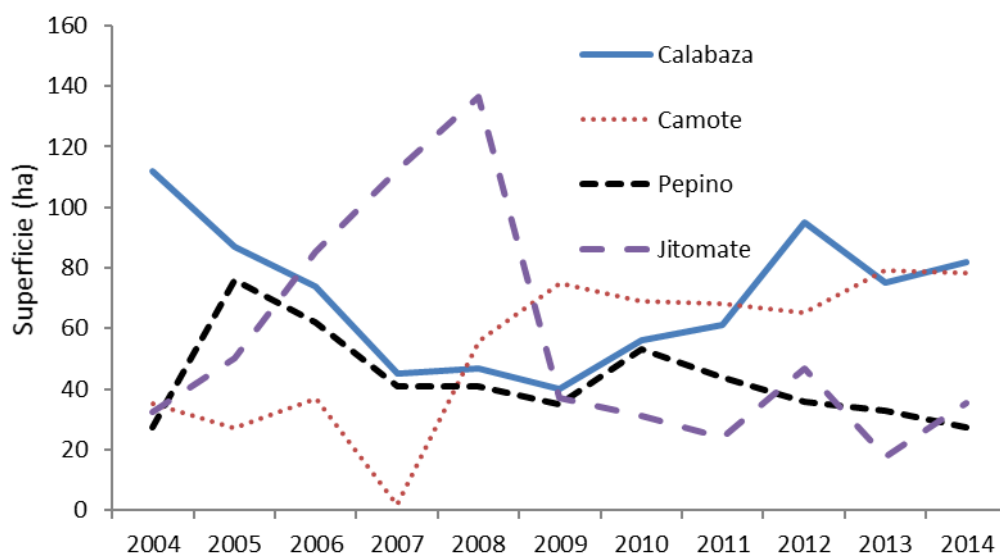


Figura 3. Superficie sembrada de especies hortícolas en unidades pequeñas de producción en Tabasco de 2004 a 2014 (SIAP, 2015).

De los cultivos hortícolas, la sandía tiene una tecnología muy costosa, sin embargo, se siembran 2,018 ha, de las cuales 80% es de temporal y el 20% con riego. A inicios del año 2000, existían alrededor de 600 productores dedicados a esta actividad y organizados en una asociación agrícola local, generando 70 Jornales por ha por año.

Valor de la producción. El valor de la producción de los principales cultivos hortícolas que se siembran en pequeñas unidades de producción en el estado de Tabasco, no son mayores que 4 millones de pesos anuales (Figura 5), con excepción del jitomate que alcanzó valores de producción hasta de 15 millones pesos en el año 2008, sin embargo en los últimos cinco años estos valores

disminuyeron drásticamente por la reducción de la superficie cultivada y los bajos precios de venta en el mercado.

En la Figura 6 se presentan los valores de producción de las hortalizas que se cultivan principalmente en unidades de producción empresarial, excepto el cultivo de chihua que se siembra en condiciones de temporal e intercalado con el cultivo de maíz en gran parte de su superficie cultivada. Se puede notar que el chile verde presenta los valores de producción más alto en los últimos años (hasta 100 millones de pesos en 2008), seguido de la sandía. Pese a que la chihua se cultiva en una superficie mayor que el resto de los cultivos hortícolas, su valor de producción es menor que la sandía y el chile verde, aunque en el año 2013 la chihua alcanza el mismo valor generado por la sandía.

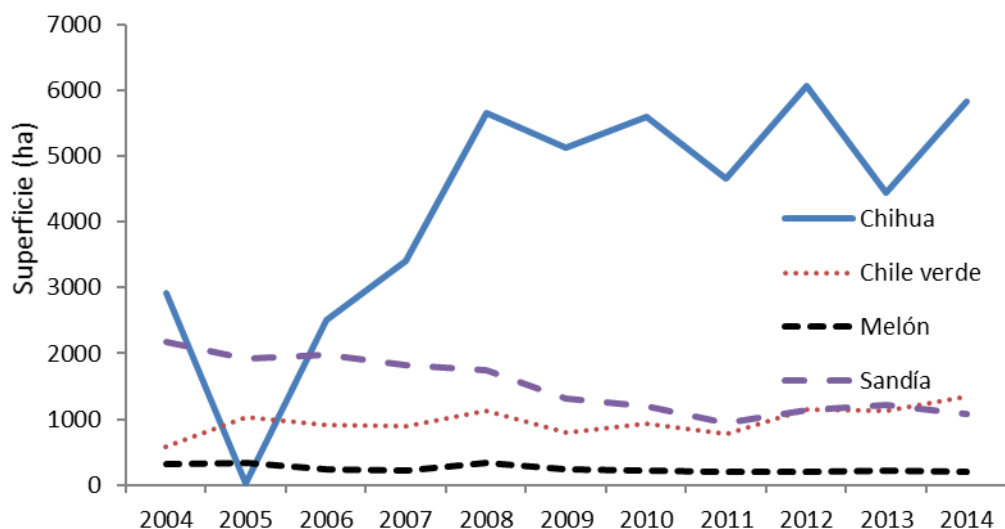


Figura 4. Superficie sembrada de especies hortícolas en unidades de producción comercial en Tabasco de 2004 a 2014 (SIAP, 2015)

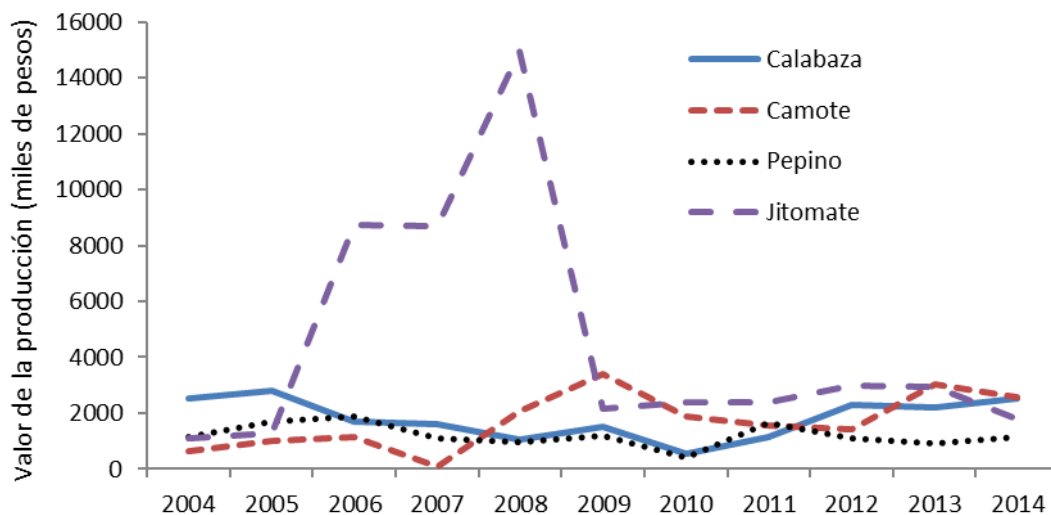


Figura 5. Valor de la producción de especies hortícolas en unidades pequeñas de producción en Tabasco de 2004 a 2014 (SIAP, 2015).

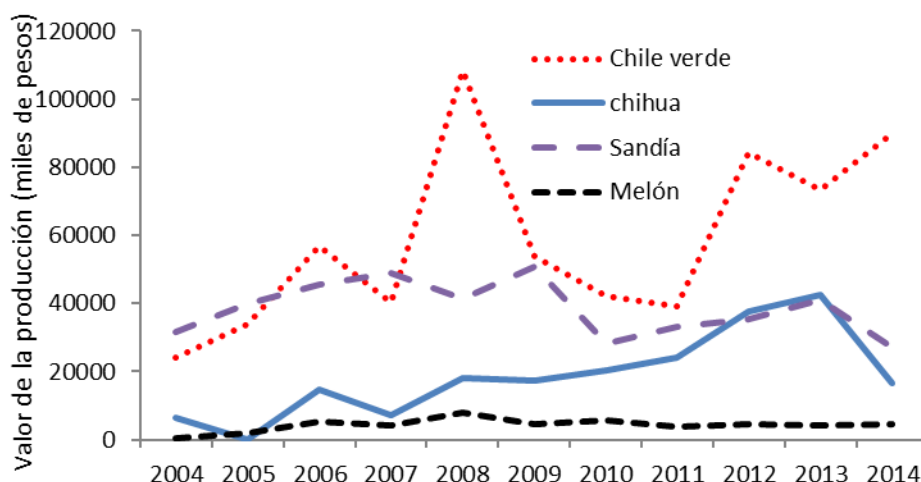


Figura 6. Valor de la producción de especies hortícolas en unidades de producción comercial en Tabasco de 2004 a 2014 (SIAP, 2015).

Estado del arte (problemática y perspectiva). El problema más importante que enfrentan actualmente es la baja rentabilidad, las causas son la baja productividad, y esto conlleva a que ellos, no realizan completamente las labores agronómicas adecuadas, debido a la falta de capacitación, como también a la falta de financiamiento, aunado a ello los factores climáticos en zonas bajas, donde hay pérdida de la cosecha. La comercialización es una causa, ya que no hay control en los intermediarios, y ellos establecen el precio de acuerdo con sus intereses. Los efectos que nos presentan de este problema son los bajos ingresos, muchos cambian de actividad, como en el caso de la Región de los Ríos con la palma de aceite o ganadería y en la región de la Chontalpa con el cultivo del hule. A pesar de que México tiene grandes ventajas comparativas en la producción de hortalizas, continua con problemas de rentabilidad, lo que repercute directamente en su competitividad, ya que no sólo son factores de suelo o clima limitan o benefician la producción, sino también los aspectos tecnológicos, como el uso de fertilizantes, calidad de los insumos utilizados, prácticas agrícolas en el proceso de producción y diferenciación del producto.

En diferentes literaturas se menciona que se debe de diversificar el mercado, ya que el destino tradicional de las exportaciones mexicanas sólo ha sido Estados Unidos, quien recibe más de 90% de las exportaciones en fresco, por las relaciones y la cercanía con ese país. Esta concentración en un sólo mercado hace que esta actividad sea vulnerable: los productores mexicanos están sometidos a las condiciones del mercado estadounidense, sus cambios en los patrones de compra y consumo y, en general, el ritmo de esa economía.

A nivel micro, los productores carecen de un programa de transferencia de tecnología, capacitación, asistencia técnica y apoyos integrales, que les permita darle sustentabilidad a la producción de hortalizas. Para mejorar la competitividad, los agricultores deben incrementar la productividad de los cultivos, para lo cual se requiere generar procesos de innovación y capitalización que incrementen los rendimientos por unidad de área y con ello sea rentable el cultivo.

CONCLUSIONES

Las especies hortícolas más importantes que se cultivan en Tabasco son: la Chihua, la sandía, Chile verde y Melón, destaca el cultivo de la Chihua, con superficies de 5000 a 6000 ha en los últimos años. Existe una variabilidad en la superficie cultivada de estas hortalizas, con excepción del cultivo de camote, hay una tendencia en la disminución de la superficie cultivada de la mayoría de los cultivos, debido a la falta de rentabilidad por los altos costos de producción y los bajos precios de los productos en el mercado.

La chihua tiene un alto potencial productivo y de mercado para su cultivo en las regiones del Plan Balancán Tenosique, municipio de Balancán y en la región de la Chontalpa, Tabasco, donde en los últimos años se está impulsando su producción.

LITERATURA CITADA

- Banco de México. 2011. Estadísticas. Índices de precios. Disponible en: <<http://www.banxico.org.mx/tipo/estadisticas/index.htm>>, (ref. de 11-13 de febrero de 2011).
- FAO. 2015. Frutas tropicales proyecciones hasta el año 2005. Disponible en; <<http://www.fao.org/es/ESC/escs/escr/tropfruits/PARTEV-frutast.pdf>>, (ref. de febrero 2015).
- FAO-FAOSTAT. 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Trade. Disponible en: <<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>>, (ref. Febrero 2012).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP) 2010. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). México.
- SIAP 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca. www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/ cierre de la producción agrícola por cultivo (acceso noviembre de 2015).
- SIAP 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca. www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/ cierre de la producción agrícola por estado (acceso noviembre de 2015).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CELULOSA DE LA PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR

DETERMINATION OF CELLULOSE FROM SUGAR CANE STRAW

López Velázquez Liliana Y.¹, Salgado García Sergio², Bolio López Gloria I.³, Castañeda Ceja Raúl³, Córdova Sánchez Samuel³. Lagunes Espinoza Luz del C.²

¹ Estudiante de licenciatura QFB-UPCH, ² PIT- Colegio de Postgraduados Campus Tabasco Grupo MASCAÑA.LPI-2: AESS., ³PI-División de ingeniería, UPCH.
Autor para correspondencia: salgados@colpos.mx

RESUMEN

La paja de la caña de azúcar no está siendo aprovechada eficientemente. Para desarrollar los estudios de factibilidad de elaboración de papel se requiere conocer el contenido de celulosa, por ello el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido y características de la celulosa de la paja en las variedades: MEX 69-290, MEX 68-P-23, CO-997, SP 70-1284 y CP 72-2086. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones, donde los tratamientos fueron la paja de las cinco variedades. Para la extracción de celulosa se utilizó paja seca y molida a 2 mm, y el método de pulpeo. La cristalinidad y el tamaño de cristal se determinó con Difracción de Rayos-X (XRD), la longitud de fibra se midió en el microscopio compuesto Modelo DMRE, con Cámara Digital DFC295, y el software LAS Suite v4. Las variedades MEX 69-290 y SP 70-1284 presentaron menor contenido y rendimiento de celulosa, en tanto la variedad CO-997 presentó mayor contenido y rendimiento de celulosa. La cristalinidad de la celulosa fue mayor en la paja de las variedades SP 70-1284 y MEX 68-P23. El tamaño de cristal de la celulosa de la paja de caña de azúcar fue 2.6 nm, mayor, al tamaño de cristal de la celulosa extraída, 2.3 nm. La longitud de las fibras de la celulosa extraída fue pequeña (< 945.7 μ m).

Palabras clave: *Celulosa, Paja, caña de azúcar, XRD, Longitud de fibra*

ABSTRACT

The straw sugar cane is not being utilized efficiently. To develop feasibility studies papermaking requires knowledge of the cellulose content, so the aim of this study was to determine the content and features of the cellulose straw varieties: MEX 69-290, MEX 68-P -23, CO-997, SP 70-1284 and CP 72-2086. Experimental design was completely randomized with six replications, where treatments were straw five varieties. Dried and ground straw to 2 mm, and pulping method was used for the extraction of cellulose. The crystallinity and crystal size was determined by X-ray diffraction (XRD), fiber length was measured in the compound microscope AMD Model with Digital Camera DFC295, and LAS Suite v4 software. The varieties MEX SP 69-290 and 70-1284 had lower cellulose content and yield, while the variety CO-997 showed higher cellulose content and performance. The crystallinity of cellulose was higher in straw varieties SP 70-1284 and MEX 68-P23. The crystal size of the cellulose from sugar cane straw was 2.6 nm, wholesale, crystal size of the extracted cellulose, 2.3 nm. The length of the cellulose fibers extracted was small (<945.7 microns).

Keywords: *Cellulose, sugar cane, straw, XRD, fiber length*

INTRODUCCIÓN

El Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ) es el más importante en el estado de Tabasco, cuenta con 20923 ha cultivadas en los municipios de Cárdenas y Huimanguillo, Tabasco. Sus 4500 productores de caña pertenecen a dos agrupaciones cañeras CNC y CNPR (CAÑEROS, 2014). El campo cañero está conformado por 29 variedades; sin embargo, las variedades MEX 57-473, MEX- 68P-23, CO-997, MEX-69-290 y SP-701284 ocupan el 98% de la superficie cultivada. En los últimos años ante la carencia de cortadores se introdujo el sistema de cosecha en verde el cual genera 18 t ha⁻¹ de paja. Estos residuos conocidos como basura en el artículo 69 de la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (LDSCA, 2010), han ocasionado una serie de dificultades en labores de cultivo, han generado quemaduras accidentales y solo unos pocos productores se han ingeniado para conservarlos en

el campo (Salgado *et al.*, 2014). La paja es el residuo que se genera durante la cosecha de la caña de azúcar y que quedan en el campo (hojas verdes, hojas secas, puntas y pedazos de tallos, siendo un residuo beneficioso para el hombre cuando se usa correctamente. Su quema es altamente destructiva, si se realiza indiscriminadamente genera daños al suelo y emite partículas de carbón vegetal que pasan directamente al medio ambiente. La atmósfera se contamina, ocurren variaciones climatológicas y se daña sensiblemente el entorno que nos rodea (León *et al.*, 2013). En otros países se le ha prestado gran atención a la paja de la caña de azúcar de la cosecha mecanizada porque ésta es una fuente de energía para quemarse en las calderas del ingenio (Ripoli y Ripol, 2007), usarse para la alimentación de ganado bovino (Ortiz *et al.*, 2009; Ortiz *et al.*, 2012), para la generación de etanol celulósico y/o la obtención de papel de forma similar al bagazo (Molina, 2004). Las fibras de origen vegetal son básicamente celulosa. La celulosa se utiliza en la industria textil y en la fabricación de papel. La clasificación de estas fibras está relacionada con la parte de la planta que se aprovecha (Zhang *et al.*, 2010). La celulosa es el polisacárido mayoritario de los vegetales y el polímero natural más abundante en la tierra; se localiza en las paredes celulares de las plantas, donde aportan rigidez a los mismos. Generalmente se encuentran formando masas amorfas de las que participan también otras estructuras como hemicelulosa, pectinas o ligninas (Mark *et al.*, 1986). La celulosa está muy presente en la vida diaria. En efecto, constituye la materia prima básica en la fabricación de libros, revistas y periódicos. Aumentando el valor potencial de la paja de caña por lo que es necesario generar información sobre el contenido de celulosa de las principales variedades cultivadas de caña de azúcar en Tabasco, ya que no se han llevado a cabo investigaciones al respecto.

METODOLOGÍA

Las muestras de paja de las variedades: MEX-69-290, MEX- 68-P23, SP 70-1284, CO-997 y CP-72 2086 se recolectaron de plantaciones maduras de caña de azúcar en los poblados C-31 y C-34 pertenecientes a la zona de abasto del Ingenio Presidente Benito Juárez. Ubicado en el Municipio Cárdenas, Tabasco. En el período de febrero-noviembre 2014. Se colectaron las puntas y las hojas secas provenientes de 30 tallos por cada variedad, en bolsas grandes de plástico. La paja de caña de cada variedad se pasó a través de una picadora de forraje con malla de 4 mm. Se tomaron submuestras para el secado en estufa de aire forzado a 65°C hasta alcanzar peso constante (48 horas). Después se molieron en un molino Wiley con un tamiz de 2 mm. El material se reservó en bolsas plásticas identificadas, hasta su empleo. Se empleó un diseño completamente al azar, donde los tratamientos fueron la paja de las cinco variedades de caña de azúcar, que se analizaron con seis repeticiones.

La celulosa se extrajo con el método de pulpeo para raquis de plátano (Bolio *et al.*, 2011), utilizando paja de caña seca y molida a 2 mm. El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio Central del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. El método de pulpeo consistió en dos fases: pre tratamiento y tratamiento (hidrólisis, cloración para desprendimiento de lignina, extracción alcalina y blanqueo). Se realizaron 60 pre-tratamientos con NaOH y 30 tratamientos con NaOH, ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio. Los cuales se describen a continuación: 1) Pre tratamiento. Se utilizó NaOH al 10%, se pesó 40 g de paja y se colocó en un vaso de precipitado de 1000 mL y se le agregaron 800 mL de NaOH. Se calentó en una plancha Thermo Scientific hasta 400°C se dejó hervir. Se dejó reposar. Se lavó con agua corriente y agua purificada de pH neutro, hasta llegar a pH de 7. Se exprimió en el colador y desmenuzó en una charola de aluminio, se puso a secar en estufa de aire forzado a 65°C por 12 h y se registró el peso seco de la paja pre-tratada. 2) Hidrólisis: A la muestra pre tratada de paja se colocó en un vaso de precipitado de 1000 mL; se agregaron 230 mL de H₂SO₄ al 0.4% y se homogenizó con un agitador de vidrio. La muestra se calentó en la plancha de calentamiento hasta 300°C. Una vez que hirvió la solución se procedió a contar una hora con el recipiente tapado. Se dejó reposar 10 min para enfriar y se procedió a realizar lavados con agua purificada. 3) Cloración para eliminación de lignina: se colocó la muestra en vaso de precipitado y adicionaron 105 mL de hipoclorito de sodio (Cloralex®) al 3.5%, y se agitó. Se realizó un baño María en una plancha de calentamiento a una temperatura de 405 °C, una vez que hirvió el agua se colocó la muestra de celulosa en el vaso de precipitado y se vertió los 285 mL de hipoclorito de sodio y se dejó calentar por 10 min a agitación constante, se realizaron ocho lavados con agua purificada hasta llegar a un pH neutro. Se regresó el producto al vaso de precipitado. 4) Extracción alcalina. Se empleó hidróxido de sodio al 20%. En un vaso de precipitado se agregaron 200 mL de NaOH a la celulosa, y

se agitó manualmente con la ayuda de un agitador de vidrio durante 60 minutos; posteriormente, se realizaron lavados con agua purificada hasta llegar al pH neutro. 5) Blanqueo. Se utilizó hipoclorito de sodio a 0.5%. La celulosa se colocó en un vaso de precipitado de 1000 mL, se adicionaron 240 mL de NaClO y se homogenizó con un agitador de vidrio manualmente durante una hora. Se realizaron lavados con agua purificada. De esta forma se obtuvo la celulosa de color blanco. Se colocó en charolas de aluminio de fondo plano, y se dejó reposar por 24 h al ambiente. Se secó en estufa de aire forzado a 65°C por 24h, y registró el peso seco de la muestra obtenida, guardándose en bolsas de plástico ziploc®.

Rendimiento de paja pre-tratada y de celulosa. Representa el porcentaje de paja pretratada y de celulosa extraída de la muestra de 80 g de paja de caña de azúcar, se calculó con la ecuación.

$$\text{Rendimiento paja pre-tratada o de celulosa (\%)} = (C \cdot 100) / 80 \text{ g de paja seca.}$$

Dónde: **C**: Peso de paja-pretratada o de celulosa extraída en cada muestra de paja de caña (g).

Propiedades de la celulosa

Para el largo de fibra se empleó un microscopio compuesto Modelo DMRE, Marca Leica con Cámara Digital DFC295, y software LAS Suite v4. El lente empleado fue de 2.5x, y se utilizó la norma: TAPPI 271 om-12 de longitud de fibra de pulpa y papel por el analizador óptico automatizado utilizando luz polarizada en el intervalo de 0.1 mm a 7.2 mm. Los estudios se realizaron en el Departamento de Madera, Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara. Para la cristalinidad y tamaño de cristal, se utilizaron muestras de celulosa de las paredes de paja de caña de azúcar y de la celulosa extraída de cinco variedades. Las muestras se pasaron por un tamiz de malla de número 100. Se utilizó 1 g aproximado de muestra y las lecturas para determinar la cristalinidad y tamaño de cristal, se efectuaron con la técnica de Difracción de Rayos-X, método de Polvos (PXRD), utilizando un equipo Difractómetro "Bruker D8 Advance Vantec", espectro de CuK α ($\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$ y 35,000 V de corriente aplicada 20 mA); del departamento de investigación de la División Académica de Ciencias Básicas de la UJAT. La cristalografía de rayos X fue usada para la cristalinidad de las muestras de celulosa de las paredes de la paja de caña de azúcar y de la celulosa extraída. Los difractogramas de las cinco variedades evaluadas se reflejan en la figura 1. El porcentaje de cristalinidad (Xc%), se calculó por el método desarrollado por Segal *et al.* (1959).

$$Xc\% = 100[1 - (I_1 / I_2)]$$

Dónde: I_1 es la intensidad del pico mínimo y I_2 es la intensidad máxima del pico cristalino, respectivamente.

El tamaño del cristal fué calculado usando la ecuación de Scherrer (Cullity, 1978).

$$t = 0.9\lambda / B \cos\theta$$

$\%C = \frac{\text{Área cristalina}}{\text{área total}} \times 100$ Dónde: t es el tamaño de cristal, λ es la longitud de onda de la radiación utilizada (λ_{Cu}), B es el ancho a la altura media del pico de difracción de la muestra, θ es la posición del pico de difracción y 0.9 es el factor de forma del cristal.

Cristalinidad de la celulosa de paja

$$\frac{(K)(\lambda)}{(\beta o)(\cos)(\theta)} \text{ Tamaño de cristales=}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Paja pre-tratada. De acuerdo con los resultados de análisis de varianza (Cuadro I). El CV indica alta precisión en la medición de este parámetro. De acuerdo con la prueba de Tukey, se observan dos grupos de variedades en cuanto a la cantidad de paja pre-tratada, siendo la variedad MEX 69-290 quien presentó la menor cantidad de paja pre-tratada en comparación con el resto, la cual se atribuye, a que esta variedad generó mayor cantidad de precipitados de calcio, magnesio y silicio. El resto de

las variedades fueron estadísticamente iguales, de darse un programa de aprovechamiento de la paja de caña para extraer celulosa, estas variedades deben ser consideradas.

Rendimiento de pre-tratamiento (%). La variedad MEX 69-290 presentó el menor rendimiento con 35.1%, el resto de las variedades, fueron estadísticamente iguales, y en estas variedades se obtuvo mayor rendimiento (Cuadro 1).

Celulosa (g). El CV indica mayor variación en la medición de este parámetro. La prueba de Tukey muestra dos grupos de variedades, siendo la MEX 69-290 y la SP 70-1284, las variedades que presentaron el menor contenido de celulosa en comparación con el resto de las variedades. Las variedades MEX 68-P23, CP 72-2086, y especialmente la CO 997, contienen más celulosa. Durante el tratamiento se observó que la MEX 68-P-23 consumió más ácido sulfúrico que el resto y presentó restos de precipitados de Ca, Mg y Si en la extracción alcalina.

Las variedades MEX 69-290 y MEX 68-P-23, presentaron una consistencia viscosa, que dificultaba la separación de las fibras.

Cuadro 1. Paja pre-tratada, rendimiento de paja pretratada, celulosa y rendimiento de celulosa de la paja de cinco variedades de caña de azúcar.

Variedad	Paja pre-tratada (g)	Rendimiento de paja pre-tratada (%)	Celulosa (g)	Rendimiento de celulosa (%)
MEX 69-290	28.1b [†]	35.1b	8.4b	42.1b
CP-72-2086	31.4a	39.3a	9.1a	45.5a
MEX 68-P-23	32.2a	40.3ab	8.7ab	43.5ab
SP 70-1284	32.8a	41.0b	8.5b	42.6b
CO 997	31.5a	39.3a	9.9a	49.8a
Media (g)	31.2	39	8.9	44.7
CV(%)	3.9	3.9	8.6	8.6
Prob. F de T.	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
DMS	2.1	2.6	1.3	6.6

[†] Medias con la misma literal dentro de la columna son iguales estadísticamente Tukey ($P \leq 0.05$).

**Altamente significativo

Rendimiento de celulosa (%). Se observan dos grupos de variedades en cuanto al rendimiento de celulosa de paja de caña, siendo la variedad MEX 69-290 quien presentó menor rendimiento con 42.1% y la SP 70-1284 con 42.6% (Cuadro 1).. El resto fueron estadísticamente iguales, siendo la CO 997 quien presentó mayor rendimiento. El rendimiento de celulosa de la paja de caña de azúcar, resultó mayor en comparación del fruto de la ceiba (*C. pentandra*), donde se obtuvo un rendimiento de celulosa de 33.2%(±1.4) (Hernández, 2014), y de la paja de trigo que contiene 32.64% de celulosa (Princen, 2010).

La cristalinidad. Es indicativa del arreglo que tienen las moléculas de la celulosa y la región amorfa, que las moléculas no están alineadas. En la Figura 1, se presentan los difractogramas de la muestra de paja de caña de azúcar y de la celulosa extraída de las variedades en estudio.

La cristalinidad de la celulosa contenida en las paredes celulares de la paja de caña de azúcar fue mayor en la paja de la variedad MEX 69-290, el resto fue similar con valores menores al promedio (Cuadro 2I). El promedio de la cristalinidad de la celulosa de las paredes celulares de la paja de 38.2%, fue similar, al 38.6% de cristalinidad del fruto de ceiba (Hernández, 2014), y menor al 56.4% de cristalinidad de la celulosa de las paredes celulares de la paja de trigo (Tomás, 2009). El porcentaje de cristalinidad de la celulosa extraída de la paja es mayor en comparación a la observada en la celulosa de las paredes celulares de la paja de caña; debido a la eliminación de lignina y hemicelulosa de las paredes celulares de la paja, por la hidrólisis ácida.

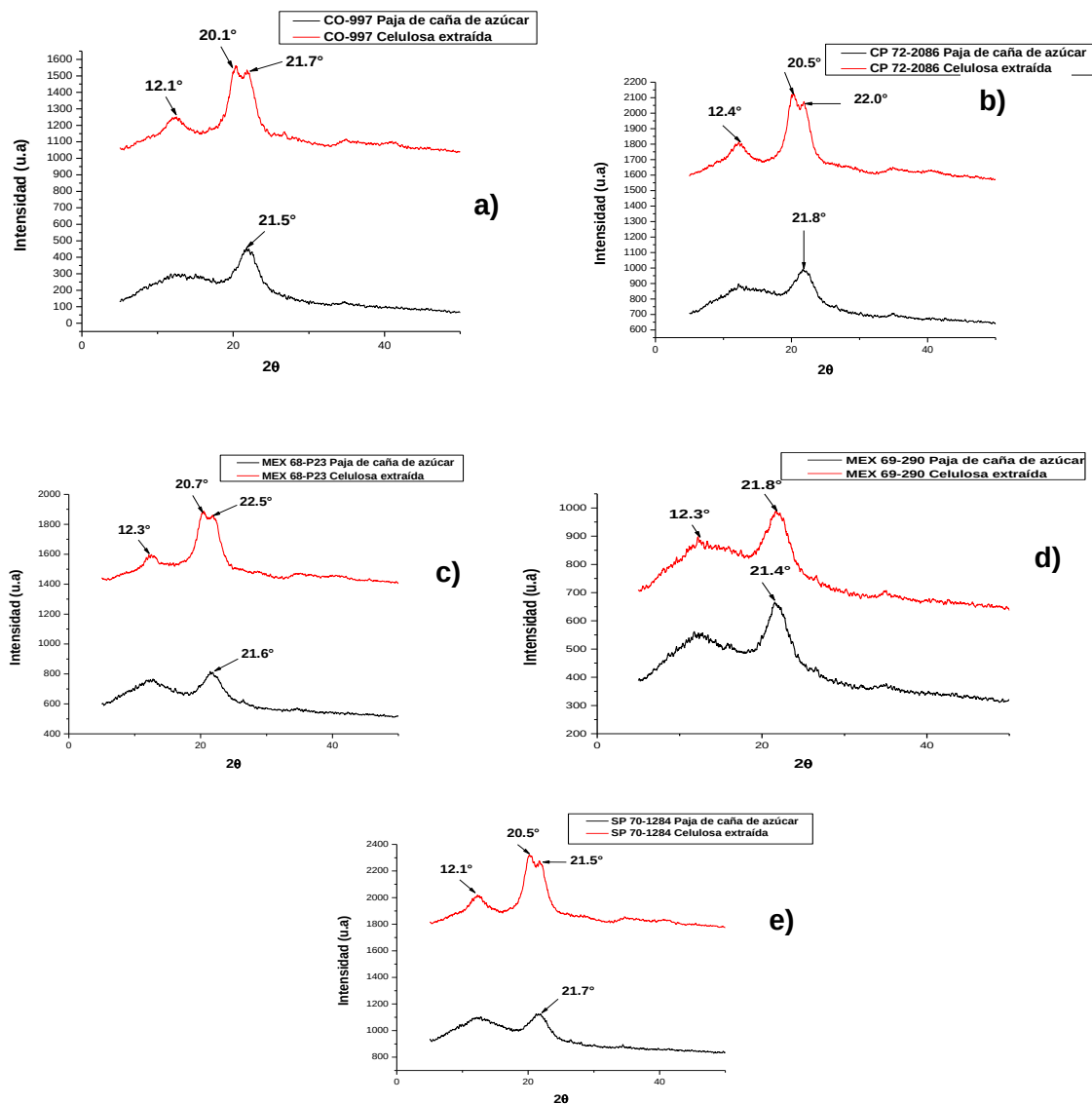


Figura 1. Difractómetro de celulosa de las paredes celulares de la paja de caña de azúcar y de la celulosa extraída de las variedades: a) CO-997, b) CP 72-2086, c) MEX 68-P23, d) SP 70-1284 y e) MEX 69-290

La cristalinidad de la celulosa extraída de la paja fue mayor en la variedad SP 70-1284 con 77% (Cuadro 2), siendo similar a la del algodón, lino y ramio las cuales poseen una fracción cristalina en el rango del 60 al 70% (Gauthier *et al.*, 1998); y mayor al 55% de cristalinidad determinada para la celulosa del bagazo de caña de azúcar (López *et al.*, 2014). El tamaño promedio de los cristales de la celulosa de las paredes celulares de la paja en las variedades de caña fue 2.6 nm (Cuadro 3), siendo similar a los reportados para el helecho *Asplenium* (2.6 nm) (Newman, 1999), y para el bagazo de caña de azúcar (López *et al.*, 2014). El tamaño de cristal de la celulosa extraída de la paja fue menor que la observada para el fruto de la ceiba (2.7 nm) (Hernandez, 2014); e igual al reportado para la celulosa extraída de la paja de la variedad MEX 79-431 (García, 2015).

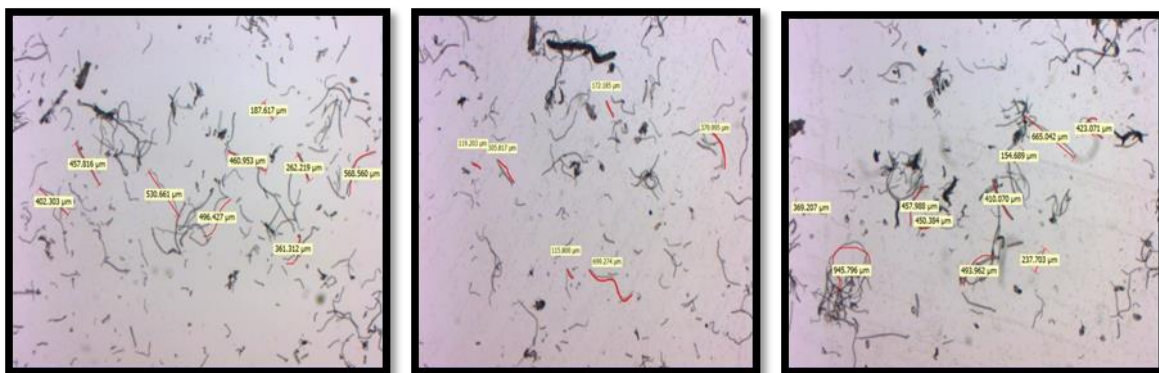
Cuadro 2. Cristalinidad de la celulosa de las paredes de paja de caña de azúcar y celulosa extraída de cinco variedades

Variedad	Cristalinidad de la celulosa de paja de caña de azúcar (%)	Cristalinidad de la celulosa extraída de paja (%)
CO-997	38	62
CP 72-2086	36	61
MEX 68-P23	37	69
MEX 69-290	42	62
SP 70-1284	38	77
Media	38.2	66.2
Desv. Estándar	2	6.1

Cuadro 3. Tamaño de cristal de celulosa de las paredes celulares de paja de caña de azúcar y de celulosa extraída de cinco variedades de caña de azúcar

Variedad	Tamaño de cristal de paja de caña (nm)	Tamaño de cristal de celulosa extraída de paja (nm)
CO-997	2.3	2.2
CP 72-2086	2.7	2.2
MEX 68-P23	2.6	2.3
MEX 69-290	2.5	2.3
SP 70-1284	2.6	2.3
Media	2.6	2.3
Desv. Estándar	0.1	0.1

Longitud de fibra: Las variedades SP 70-1284, MEX 68-P23 y CP 72-2086, mostraron tamaño pequeño de fibra de celulosa (Figura 2), lo que impide la formación de hojas siendo esta fibra menor en comparación con la hoja de maíz (1860 μm) y del bagazo de caña (1500 μm) (Hernández, 2008). El tamaño de la fibra de celulosa pequeña se debe al tamaño de paja utilizado para extraer la celulosa que fue de 2 mm debido al proceso de molido previo al proceso de extracción.



a) SP 70-1284 b) MEX 68-P23 c) CP 72-2086

Figura 2. Longitud de las fibras de las variedades a) SP 70-1284, b) MEX 68-P23 y c) CP 72-2086 a 25X.

CONCLUSIONES

Se obtuvo y determinó el contenido de celulosa que presentaban las cinco variedades de paja de caña de azúcar encontrando algunas diferencias en ellas. Las variedades MEX 69-290 y SP 701284 presentan menor contenido y rendimiento de celulosa y la variedad CO-997 presentó el mayor contenido y rendimiento. El porcentaje de cristalinidad de la celulosa extraída de la paja es mayor en comparación a las paredes celulares de la paja de caña; lo cual se debe, a la eliminación de la lignina y hemicelulosa de las paredes celulares de la paja por hidrólisis ácida. La cristalinidad de la celulosa fue mayor en la paja de las variedades SP 70-1284 y MEX 68-P23. El tamaño de cristal de la celulosa de las paredes celulares de la paja de caña de azúcar presentó un promedio de 2.6 nm, mayor, al

tamaño de cristal de la celulosa extraída de la paja, cuyo promedio fue 2.3 nm; con mayor cristalinidad al perder el área amorfa y definirse mejor el arreglo de las moléculas de la celulosa. La longitud de las fibras fue pequeña y las cinco variedades analizadas poseen características similares; presentan potencial para su uso en diversas áreas como la industria del papel y telas, así como materiales compuestos, biomateriales, etc.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, por el apoyo económico y las facilidades para realizar el presente trabajo en el Laboratorio Central del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

LITERATURA CITADA

- Bolio, L.G.I., Valadez, G.A., Veleza, L., Andreeva, A. (2011). Whiskers de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: obtención y caracterización. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 10 (2): 291-299.
- CAÑEROS, (2014). Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar -CNPR: en http://www.caneros.org.mx/site_caneros/estadisticas/ingenios/benitojuarez.pdf. Revisado el día 4 de Julio de 2014.
- Cullity, B.D. (1978). *Elements of X-Ray Diffraction*, second edition, Addison- Wesley, New York.
- Hernández CBI.(2014). Obtención y caracterización fisicoquímica de celulosa a partir del fruto de la especie Ceiba pentandra (L.) Gaertn (kapok). Tesis de Licenciatura UPCH. Tabasco.53 pp.
- León, M.T.S., Dopico, R.D., Triana, H.O., Medina, E.M. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*. 47 (2):13-22.
- Mark, H.F., Bikales, N.M., Overberger, C.G., Menges, G. (1986). *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*. Vol.3. Cellulose Structure and Properties. JohnWiley&Sons. New York. 116-117 pp.
- Molina, R.S. (2004). Bagazo de caña de azúcar para la producción de celulosa y paneles aglomerados: realidad y perspectivas. [En línea] Quivicán, Provincia Habana, Cuba. CNPR en: http://www.riadicyp.org.ar/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=298%3Abagazo. Revisado el día 5 de julio del 2014. 9 pp.
- Ortiz, L.H, Rössel, K.D., Debernardi, V.H., Rosas, C.D. (2009). Aprovechamiento forrajero de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar. Parte II. Maquinaria para procesar el residuo de la caña de azúcar. *El Agropecuario-vocero de nuestro campo* www.elagropecuario.com. p 244- 248. En http://www.riadicyp.org.ar/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=298%3Aabagazo. Revisado el día 5 de julio de 2014. 9 pp.
- Ortiz, L.H., Salgado, G.S., Castelán, E.M., Córdova, S.S. (2012). Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.* 4: 767-773.
- Ripoli, C.T.C., Ripol, C.M.L.(2007). Biomassa de cana- de - açúcar: colheita, energia e ambiente. Segunda edición ampliada. Edição dos Autores. Piracicaba, SP. Brasil. 310 pp.
- Salgado, G.S., Aranda, I.E.M., Castelán E.M., Ortiz, L.H., Palma, L.D., Córdova, S.S. (2014). Qué hacer con la paja de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar. *Revista Agroproductividad*.7 (2):510.
- Zhang, X.Y., Duan, C.T., Zhao, N., Xiao, H., Shi, M.W., Zhang, X.L. (2010). Facile fabrication of large scale microtubes with a natural template-kapok fiber. *Chin J Polym Sci* ,28:841-847.

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS MICRO Y PEQUEÑAS UNIDADES PRODUCTIVAS DEL SECTOR DE TRASFORMACIÓN DE BIENES FINALES DE MADERA DEL MUNICIPIO DE SAN IGNACIO DE VELASCO DE LA REGIÓN CHIQUITANA, SANTA CRUZ-BOLIVIA

ANALYSIS OF THE CURRENT PROBLEMS OF MICRO AND SMALL PRODUCTION UNITS
SECTOR TRANSFORMATION FINAL GOODS WOOD MUNICIPALITY OF SAN IGNACIO DE
VELASCO CHIQUITANA REGION , SANTA CRUZ BOLIVIA

Raquel Correas Bulegio

Universidad Europea de Energía y Medio Ambiente (UEMA). Calle Navarro Cabanes, 4 baix.Valencia
Núm. 46018, España.

Autor para correspondencia: correas_raquel@hotmail.com

RESUMEN

Las micro y pequeñas unidades productivas de Bolivia son uno de los sectores con mayor vulnerabilidad en el país, sin embargo son los que generan mayor número de empleos temporales a nivel nacional. Identificar la problemática que afecta al sector transformador de madera es imprescindible debido a que es el motor principal en la economía de los pobladores rurales que habitan las distintas áreas boscosas del país. El estudio identificó los principales problemas que afectan al sector de la transformación secundaria de madera en el Municipio de San Ignacio de Velasco del departamento de Santa Cruz, Bolivia. La obtención de la información fue a través de un cuestionario semi estructurado enfocado en el trabajo que desarrollan las unidades productivas de madera. Los problemas identificados fueron: baja disponibilidad de materia prima (madera) legal, antigüedad de los equipos de carpintería que son utilizados para la transformación secundaria, trabajo no organizado desarrollado por los transformadores, la competencia entre los mismos productores, diseños poco innovadores de los productos, y el bajo apoyo del gobierno local para la otorgación de iniciativas al sector transformador. A su vez se efectuó un análisis de las unidades productivas usando la matriz de Ansoff 1957, que permite identificar oportunidades de crecimiento en las unidades de negocio de una organización, mismo que identificó cuatro grupos de transformadores con diferentes oportunidades y riesgos. El estudio demostró que actualmente estas unidades productivas son vulnerables a los cambios y tienden a desaparecer debido a los bajos ingresos que perciben por la venta de sus productos y lo difícil que resulta conseguir la materia prima.

Palabras clave: *Unidades productivas, transformadores secundarios, especies forestales, Chiquitania.*

INTRODUCCIÓN

La industria forestal boliviana es poco diversificada y se basa principalmente en productos de madera sólida elaborados por empresas pequeñas y medianas. Según datos de la Cámara forestal de Bolivia se establece que la industria forestal está compuesta básicamente por 300 transformadores primarios (aserraderos) y 261 barracas, que es donde se concentra la mayor parte de la actividad industrial en el país y, se localiza principalmente en el departamento de Santa Cruz. CFB, 2000.

El aporte del sector forestal a la economía nacional representa el 3% del PIB de Bolivia (FAO 2003) y contribuye en el 11% de las exportaciones nacionales, generando 90.000 puestos de trabajo (SECT 2000). La economía en los municipios rurales es bastante limitada, mismos que no cuentan con alternativas económicas que apoyen el sustento de sus familias, siendo la actividad forestal la iniciativa que genera ingresos y contribuye a la economía de las poblaciones en las comunidades que habitan las distintas áreas boscosas del territorio boliviano.

En ese sentido el presente estudio permitió efectuar un análisis de la problemática actual de las Micro y Pequeñas Empresas (MyPE) del sector de transformación de bienes finales de madera del Municipio de San Ignacio de Velasco de la Región Chiquitana. Actualmente no existen estudios específicos sobre este sector, durante la gestión 2014 el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), efectuó un censo de micro y pequeñas unidades productivas a nivel nacional, sin embargo el censo fue efectuado en las ciudades, los resultados aún no fueron publicados.

El presente estudio establece como objetivo general “Analizar la problemática actual del sector de las micro y pequeñas unidades productivas de transformación de bienes finales de madera, efectuando un análisis en los ámbitos; normativo, económico, tecnológico, social y ambiental actual que apoye la sostenibilidad de este segmento de productores de la población del Municipio de San Ignacio de Velasco”.

Con el estudio se lograron los siguientes resultados; identificación de los principales problemas; sociales, económicos, ambientales, tecnológicos, legales y políticos que afectan al sector, estado actual de desarrollo en el cual se encuentran las unidades productivas y la identificación de las principales necesidades en capacitación que requiere el sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio. El Municipio de San Ignacio de Velasco se encuentra ubicado a 476 kilómetros al Sureste del departamento de Santa Cruz - Bolivia, en una pintoresca colina junto a las nacientes del río Paragua. (PNDM. 2015). De acuerdo al último Censo el Municipio de San Ignacio de Velasco tiene 52.362 habitantes (INE, 2012). El ritmo de crecimiento poblacional intercensal (2001 - 2012), fue establecido en 2.1% anual para el municipio, con un índice de pobreza del 66 % (INE 2012). Forma parte de Mancomunidad de Municipios Chiquitanos conformada por 13 Municipios de seis provincias de la Gran Chiquitania (INE, 2011). La economía de los habitantes del municipio está basada en la crianza de ganado vacuno, aprovechamiento forestal y agricultura.

La actividad forestal se constituye como la segunda en importancia económica de los pobladores del municipio, siendo la que genera mayores fuentes de trabajo. La comercialización de la madera como materia prima (madera aserrada y en troncos), se efectúa al departamento de Santa Cruz. Entre las especies que tienen mayor demanda para el aprovechamiento y la comercialización se mencionan: Mara (*Swietenia macrophylla*), Roble (*Amburana cearensis*), Cedro (*Cedrela odorata*), Morado (*Peltogyne mexicana*), Gabun (*Virola peruviana*), Palo María (*Calophyllum brasiliense*) y Almendrillo (*Dipteryx odorata*).

Cuestionario semi estructurado. El cuestionario fue elaborado considerando variables relacionadas a; especies utilizadas, productos que elaboran, disponibilidad de materia prima, forma de trabajo, trabajadores a su cargo, mercado actual, competidores, préstamos solicitados del banco, manejo ambiental que desarrolla, equipos de carpintería con los que cuenta, principales problemas que afectan su producción, como aprendió el oficio, porque se dedica a la actividad, cuenta con seguro de vida y médico, apoyo recibe del gobierno municipal, y que productos elabora.

La actividad fue iniciada identificando a los transformadores secundarios de madera que trabajan en el Municipio, las encuestas fueron desarrolladas en sus propios talleres a objeto de lograr mayor confiabilidad en la información proporcionada, durante las entrevistas también se efectuaron observaciones visuales del lugar de trabajo, mismo que es desarrollado en sus propias casas, se entrevistó a 17 unidades productivas de los 25 que fueron identificados, las restantes 8 ya no desarrollan trabajos de carpintería.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los datos. El procesamiento de datos obtenidos durante las entrevistas permitió identificar los principales problemas del sector, mismos que se detallan a continuación:

El 100% de los entrevistados comentaron que los principales problemas que afectan al sector de transformación secundaria son: (i) Falta de materia prima (madera) legal para la elaboración de sus productos (muebles y artesanías), (ii) Antigüedad de los equipos (10 a 20 años) que ocasiona baja precisión en el corte de la madera y el acabado de los muebles, (iii) Poca disponibilidad de mercados, para la comercialización de los productos.

A su vez se identificaron otros problemas que afectan de forma directa a las unidades productivas

Sociales: (i) Bajo nivel de organización entre productores y entre familias de los productores, constituyéndose en un riesgo para la unidad productiva, misma que puede desaparecer o cambiar de rubro, (ii) No cuentan con un certificado que acredite sus conocimientos, imposibilitándoles a participar en licitaciones, departamentales y nacionales, (iii) Las condiciones de trabajo no son adecuadas

debido a que no cuentan con seguro social, ni seguro médico, (iv) Bajo conocimiento sobre seguridad industrial ocasionando que durante los trabajos de transformación se utilice poca o ninguna protección.

Económicos: (i) Existe competencia entre los productores de muebles y artesanías ocasionando la disminución de los precios en los mercados, (ii) No llevan un registro de los costos e ingresos que son generados en la carpintería. Lo cual se constituye en una debilidad del productor debido a que no sabe con exactitud cuánto es la inversión que genera con el trabajo que desarrolla, (iii) Los compradores de muebles o artesanías no pagan el total del costo del producto, al momento de recoger siempre queda un 30 % de la deuda, misma que es pagada entre 15 a 30 días después de entregado el producto, lo cual obliga a reinvertir el capital de trabajo y no se obtienen ganancias.

Legales: (i) La compra de materia prima, es efectuada de forma ilegal, la madera legal es de categoría 2 y 3, misma que presenta defectos (rajaduras, torceduras, nudos) que afectan la calidad de los muebles y artesanías, (ii) No cuentan con personería jurídica que les acredite como unidad productiva legal en el Municipio, (iii) No pagan impuestos por las actividades que desarrollan.

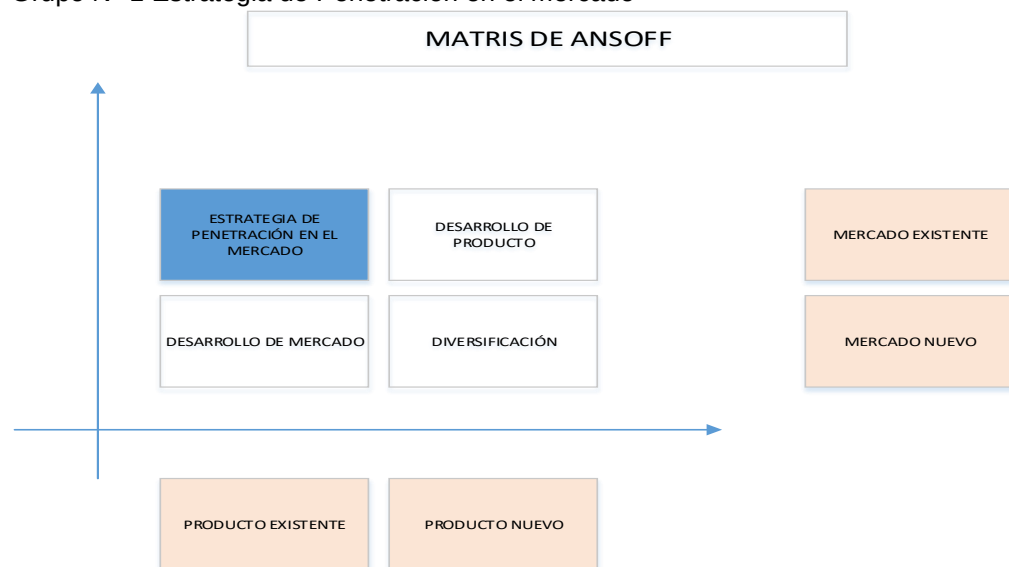
Tecnológicos: (i) En la zona no existen hornos de secado que proporcionen el servicio de secado de madera, por lo cual, la madera es secada al natural y lleva mucho tiempo, mismo que se complica cuando existe solicitudes de pedidos y cuando empieza la época de lluvia, (ii) En la zona no existen afiladores de dientes de cierras y cuando se rompen o desgastan deben ser llevados a la ciudad de Santa Cruz para su reparación, incrementando los gastos en la producción que desarrollan, (iii) Desconocen los sistemas informáticos para la elaboración de nuevos diseños y no cuentan con computadoras que apoyen la elaboración de los mismos

Problemas Políticos: (i) Los constantes cambios de autoridad en el Municipio, evitan que se obtengan acuerdos o convenios de apoyo a las unidades productivas de madera y a todo el sector forestal en general, (ii) Actualmente no existen instituciones gubernamentales o financiamiento externo que apoye el sector productivo de la madera en la zona.

Capacitaciones que deberán ser desarrolladas: a). Administración de empresas con énfasis en costos de producción, b). Formas de organización y asociatividad, c). Diseño y acabado de muebles, d) Mercadeo y comercialización.

Clasificación de los grupos según Ansoff (1957) .

Grupo N° 1 Estrategia de Penetración en el mercado



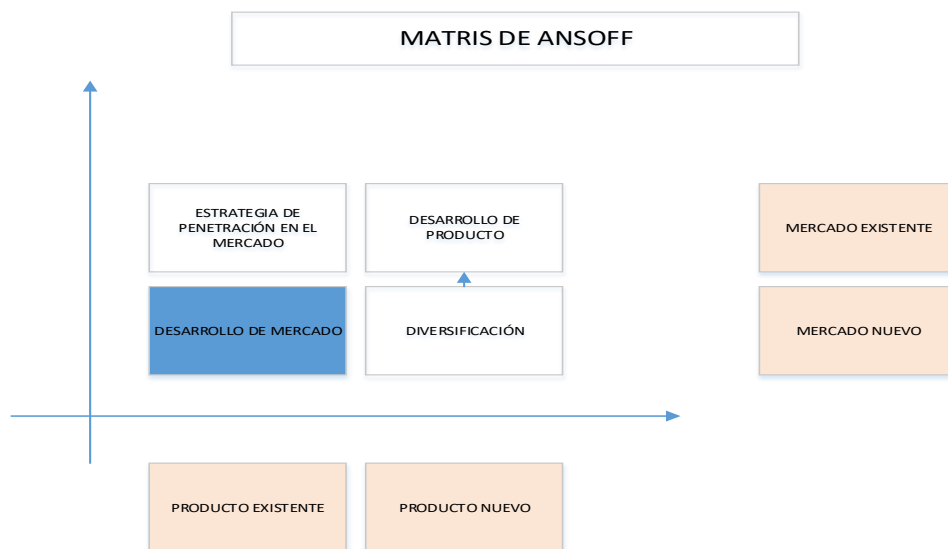
La Figura 1, muestra que este grupo corresponde a estrategia de penetración en el mercado, tiene por objetivo tratar de vender más de lo mismo, está conformado por ocho unidades productivas

Grupo N° 2 Desarrollo del producto



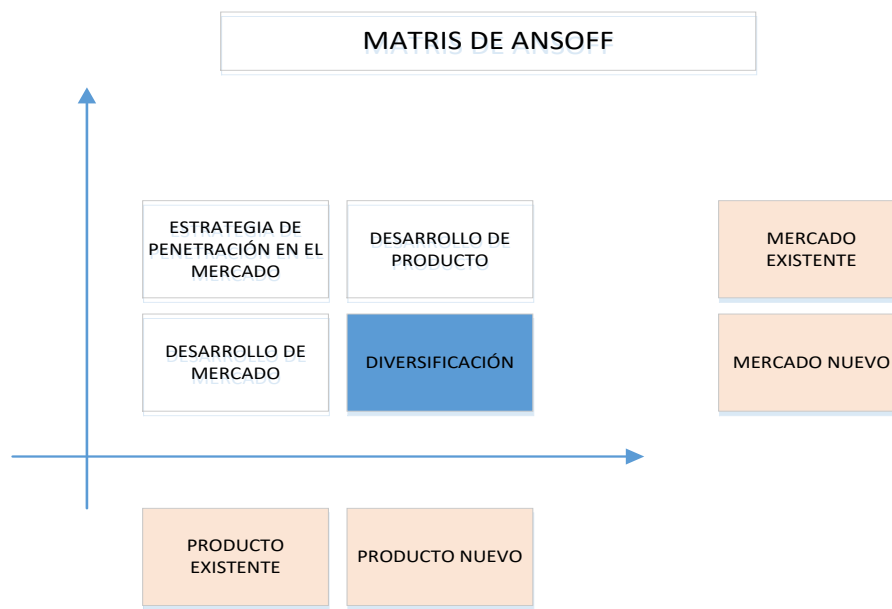
En la figura 2 se muestra que este grupo corresponde a desarrollo de producto, tiene por objetivo vender algo nuevo a los mismos clientes, está conformado por tres unidades productivas.

Grupo N° 3 Desarrollo de Mercado



La figura 3 muestra que este grupo corresponde a Desarrollo de Mercados, tiene por objetivo tratar de vender su producto a nuevos clientes, este grupo está conformado por cinco unidades productivas.

Grupo N° 4 Diversificación



La figura 4 muestra que este grupo corresponde a diversificación, tiene por objetivo crear nuevos productos para nuevos clientes, a este grupo corresponde una sola unidad productiva.

CONCLUSIONES

- La falta de materia prima legal y de buena calidad se constituye en uno de los principales problemas de los trasformadores secundarios, mismos que adquieren la materia prima de forma ilegal de los llamados cuarteros (personas que aprovechan el bosque sin planes de manejo).
- La maquinaria y el equipo que utilizan los trasformadores secundarios de madera durante la elaboración de los muebles y las artesanías son antiguos (10 a 20 años), lo cual genera variaciones durante el corte de la madera, ocasionando la disminución en la calidad de los muebles y artesanías.
- La comercialización de los productos es efectuada en el mismo Municipio, originando competencia entre ellos y ocasionando la disminución en los costos de los productos y la baja adquisición de los mismos (de 1 a 4 ventas por mes)
- Los trasformadores secundarios no llevan un registro de los gastos e ingresos que se generan durante la elaboración y comercialización de los muebles y las artesanías. Evitando tener un control de los gastos y los ingresos que se generan.
- Los trasformadores secundarios de madera del Municipio de San Ignacio de Velasco no cuentan con ninguna forma de apoyo del Gobierno Municipal.
- Según el análisis de ANSOFF, las micro y pequeñas unidades productivas se encuentran establecidas en cuatro grupos de desarrollo, claramente diferenciados de acuerdo a la forma de comercialización que desarrollan, mismas que presentan diferentes oportunidades y riesgos.
- No existe diversidad en el uso de especies forestales para la elaboración de los muebles y las artesanías, actualmente se utilizan las mismas que fueron utilizadas desde hace 20 años atrás. Lo cual se constituye en un problema debido a que los bosques quedan con especies de poco valor comercial y sin un manejo sostenible.

LITERATURA CITADA

- Ansoff, H. I. Declerck, R. P. Hayes, R. L. 1991. El planteamiento Estratégico: Nueva Tendencia de la Administración (pp.49-91) México.
- Ansoff, H.I. 1965. La estrategia de la empresa, EUNSA: Pamplona, 1976.
- Ansoff, H.I. 1957. Estrategias para la Diversificación, Harvard Business Review vol. 35.
- Cámara Forestal de Bolivia, CFB, 2000. Plan Estratégico para el Desarrollo Forestal de Bolivia.
- Cámara forestal de Bolivia, CFB, 2014. Informe anual de exportaciones.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 2003. Diagnósticos Sectoriales, Sector Forestal en Bolivia. Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE.

Instituto Nacional de Estadísticas, INE, 2011, Encuesta a las Micro y Pequeñas Empresas 2008, La Paz-Bolivia.
Instituto Nacional de Estadísticas, INE, 2012, Censo de Población y Vivienda, La Paz-Bolivia.
Plan de Desarrollo Municipal de San Ignacio de Velasco 2010- 2015. Santa cruz, Bolivia
Secretaria de Estado de Comercio y Turismo, SECT, 2000, Informe País Bolivia.

FUENTES ELECTRONICAS

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO 2015, Comunicado de Prensa,
Recuperación de la producción mundial de madera. <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/es/>.

SEMBLANZA DE LOS EDITORES

Ph.D. Jorge Martínez Herrera.



Licenciado en Química Industrial (Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana), Maestro y Doctor en Ciencias de los Alimentos (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional), Estancia Posdoctoral en el Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Actualmente es Director de Coordinación y Vinculación del estado de Tabasco, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, adscrito al Campo Experimental Huimanguillo. Ha desempeñado labores de Administración e Investigación en el Programa de Biocombustibles, como *Jatropha curcas* o piñón mexicano, en la línea Biodiesel, Alimentos, Aprovechamiento Agroindustrial, Proteínas, Factores No Nutricionales. Cuenta con más de 28 trabajos internacionales, ha impartido conferencias magistrales dentro y fuera del país y ha realizado estancias de investigación en el Departamento de Nutrición Animal y Acuicultura de la Universidad de Hohenheim (Stuttgart, Alemania).

MC Miguel Ángel Ramírez Guillermo.



Ingeniero Agrónomo (Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca) y Maestro en Ciencias (Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Tabasco). Actualmente es investigador en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en el área de Sanidad Forestal y Agrícola y adscrito al Campo Experimental Huimanguillo. En el Programa Cacao trabaja en la línea de fitopatología y mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, para la búsqueda y selección de germoplasmas nativos de cacao en México. Ha recibido cursos internacionales en el Instituto de Cultivos Tropicales de Perú, en el CATIE de Costa Rica y en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Ph.D. Julio Cámara-Córdova.



Ingeniero Agrónomo, especialista en Agricultura Tropical (1985; Colegio Superior de Agricultura Tropical, H. Cárdenas, Tabasco); Ph.D. en Biología con especialidad en Ciencias del Suelo (1995; Facultad de Ciencias del Suelo de la Universidad Estatal de Moscú "Mijaíl Vasílievich Lomonósov", Moscú, Federación Rusa). Inició actividades de investigación en 1983, en el CSAT y desde entonces las ha realizado en otras instituciones, como el CINVESTAV-IPN, los Institutos de Ciencias del Mar y Limnología y el de Geografía de la UNAM, en la Universidad Estatal de Moscú "MV Lomonósov", en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y en el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en el CE Huimanguillo del INIFAP y en las Universidades Autónoma de Aguascalientes, de Colima, Popular de La Chontalpa y en la Intercultural del Estado de Tabasco (participando en la fundación de éstas dos últimas), en El Colegio de la Frontera Sur, así como para el Gobierno del estado de Tabasco y la UJAT.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Consejo Divisional Editorial:

Dr. Roberto Flores Bello

Presidente

Ph.D. Julio Cámara Córdova

Secretario

Vocales por Programa Educativo:

Dr. Metodio Nicolás Sánchez Vite

MC Lenin Rangel López

Ingeniería en Acuacultura

Dr. César Márquez Quiroz

MC Álvaro Marín Aguilar

Ingeniería en Agronomía

Dr. José Rodolfo Velázquez Martínez

MCE Ma. Esther Pavón Jiménez

Ingeniería en Alimentos

Dr. Ricardo Alf García Herrera

MC Iris Antonina Sánchez González

MC Guadalupe Arjona Jiménez

Medicina Veterinaria y Zootecnia

*Se terminó de diagramar y compilar el 30 de septiembre de 2016
en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la
División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT.
Km 25 de la carr. fed. 195, tramo Villahermosa-Teapa.
Ra. La Huasteca, 2ª sección, C.P. 86298, Centro, Tabasco, México.
Tel. +52 (993) 358 1500, extensión 6604.*



**Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco**



**Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Código de barras

**COLECCIÓN
JOSÉ N. ROVIROSA**
Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo