



ISSN: 3061 - 8363

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Dr. Julio Antonio Berdegué Sacristán

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México

Lic. Leonel Efraín Cota Montaña

Subsecretario de Agricultura y Desarrollo Rural

MVZ. Carlos Francisco Lastra González

Titular de la Oficina de Representación Estatal de la SADER en Tabasco

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Miguel Jorge García Winder

Director General

Dr. Rafael Ariza Flores

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Dr. Luis Ortega Reyes

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Mtro. Martín Rafael González Hernández

Coordinador de Administración y Sistemas

Lic. Leonardo Ávila Franco

Titular de la Unidad Jurídica

Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Dr. Rubén Santos Echeverría

Director Regional

Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre

Director de Investigación

Lic. Malinatzin García Robles

Directora de Administración

Dr. Dante Sumano López

Director de Coordinación y Vinculación en Tabasco

“Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco”

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria, Tabasco”. Año 2, No. 1, noviembre 2025, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. 55 3871-8700, www.inifap.gob.mx. Editor responsable: Dr. Rubén Santos Echeverría. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2025-030717074000-102, ISSN: 3061-8363 on line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Dante Sumano López, Campo Experimental Huimanguillo del Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km 1, Carretera Huimanguillo - Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, CP. 86400, Teléfonos: 5538713700, ext. 87501.

<http://reunioncientificatabasco.com.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; el contenido expresado en cada trabajo es responsabilidad del autor.

Compiladores: Dante Sumano López, Pablo Ulises Hernández Lara y Griselda Cervantes Arau.



Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2025

INDICE

AGROECOLOGÍA..... 1

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO PROTEICO DURANTE EL DESARROLLO FENOLÓGICO DE *CROTALARIA LONGIROSTRATA* DE DISTINTAS PROCEDENCIAS..... 2

NOHEMI PARDO-AGUILAR^{1*}, LUZ DEL CARMEN LAGUNES-ESPINOZA¹, EDITH HERNÁNDEZ-NATAREN¹, EUSTOLIA GARCÍA-LÓPEZ¹, DAVID JESÚS PALMA-LÓPEZ¹ Y EDUARDO DANIEL BOLAÑOS-AGUILAR²

SUPRESIÓN DE ARVENSES DURANTE EL CULTIVO DE *CROTALARIA JUNCEA* L. A DIFERENTES DÍAS DE CORTE 7

MARIELA GUADALUPE MAZA-LANDERO¹; EUSTOLIA GARCÍA-LOPEZ^{1*}; JOSÉ JESÚS OBRADOR-OLÁN¹; JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ-LÓPEZ¹; APOLONIO VALDEZ-BALERO¹; EUGENIO CARRILLO-ÁVILA²; ANTONIO LÓPEZ-CASTAÑEDA¹

COLONIZACIÓN DE HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES EN EL SISTEMA RADICULAR DEL CHILE *AMASHITO (CAPSICUM ANNUUM* VAR. *GLABRIUSCULUM*) EN HUIMANGUILLO, TABASCO 13

MARICELA PABLO-PÉREZ^{1*}, LUZ DEL CARMEN LAGUNES-ESPINOZA¹, CARLOS FREDY ORTIZ-GARCÍA¹, MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ¹, ROCÍO GUADALUPE ACOSTA-PECH¹ Y LUIS ALBERTO LARA-PÉREZ²

DESARROLLO VEGETATIVO Y GENERATIVO DE ÁRBOLES JÓVENES DE LIMÓN PERSA POR EFECTO DE COBERTERAS VEGETALES Y HARINA DE ROCAS..... 18

SERGIO ALBERTO CURTI DÍAZ^{1*}, RIGOBERTO ZETINA LEZAMA¹, JAIME RANGEL QUINTOS¹, ÁNGEL RÍOS UTRERA² Y LUIS ALFONSO AGUILAR PÉREZ²

DISEÑO Y EFICIENCIA DE TRAMPAS ARTESANALES PARA CAPTURA DE *ORTHOGEOMYS HISPIDUS* (RODENTIA: GEOMYDAE) EN PLÁTANO..... 23

PABLO ULISES HERNÁNDEZ-LARA^{1*}, DIANA RUBI RAMOS-LÓPEZ², SERGIO SALGADO VELÁZQUEZ¹ Y ÁNGEL ERNESTO MORALES-RODRÍGUEZ²

INSECTOS POLINIZADORES EN EL CULTIVO DE *ZEA MAYS* L. EN TABASCO..... 27

ESTEFANÍA GALLEGOS-JIMÉNEZ¹, KARINA PEDRAZA-CUNDAFÉ¹, DANTE SUMANO-LOPEZ^{2*}, MARIA DEL CARMEN SILVERIO GOMEZ², SABEL BARRON FREYRE² MARIO RODRÍGUEZ-CUEVAS¹

BIOTECNOLOGÍA 31

DIVERSIDAD GENÉTICA EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH PARA GENES CANDIDATOS ASOCIADOS A CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS 32

YOSELIN LANDERO-PÉREZ^{1*}, MIREYA MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ¹, VICENTE ELIEZER VEGA-MURILLO², CESAR GILBERTO LUNA-AZUARA², KATIA RIVERA-RAMÓN²

ÍNDICE DE IMPACTO FISIOLÓGICO DE LEGUMINOSAS Y PASTOS TROPICALES A SUELOS CON PETRÓLEO CRUDO..... 36

MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ^{1*}, ANTONIO TRUJILLO-NARCÍA²

POTENCIAL USO DE *HELICONIA LATISPATHA* PARA LA PRODUCCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN SISTEMAS BIOELÉCTRICOS 40



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

RUDY SOLÍS-SILVÁN¹, DIEGO ARTURO ESCAYOLA-ZARDONI², FRANCISCO JAVIER GUZMÁN-OSORIO¹, SAMUEL GÓMEZ-PÉREZ¹³, FRANCISCO REYES-ESPINOSA^{1*}

VALIDACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO IN VITRO DE EXPLANTES DE RAQUÍDEO Y EMBRIONES DE Cocos NUCIFERA BAJO CONDICIONES CONTROLADAS..... 45

GILBERT JOSÉ HERRERA-COOL^{*}, MATILDE CORTAZAR-RÍOS

EFFECTO DE LA RELACIÓN MASA-SOLVENTE, TEMPERATURA Y TIEMPO DURANTE LA EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONICACIÓN DE HOJAS DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* 50

MIGUEL BERNABÉ MONTALVO CRUZ^{1*}, JOSAFAT ALBERTO HERNÁNDEZ BECERRA², RODOLFO OSORIO OSORIO¹, JOSÉ RODOLFO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ¹, ANGELICA ALEJANDRA OCHOA FLORES¹

CULTIVOS ANUALES..... 55

MAPEO ESPACIAL DE LA FERTILIDAD DEL SUELO PARA OPTIMIZACIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL 56

SERGIO SALGADO-VELÁZQUEZ^{1*}, FABIOLA OLVERA-RINCÓN², PABLO ULISES HERNÁNDEZ-LARA¹, DANTE SUMANO-LÓPEZ¹, SAMUEL CÓRDOVA-SÁNCHEZ³

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS AVANZADOS DE ARROZ COMO CANDIDATOS PARA LIBERACIÓN EN CONDICIONES DE TEMPORAL 61

SERGIO SALGADO-VELÁZQUEZ^{1*}, FABIOLA OLVERA-RINCÓN², PABLO ULISES HERNÁNDEZ-LARA¹, DANTE SUMANO-LÓPEZ¹, SAMUEL CÓRDOVA-SÁNCHEZ³

INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ PROSPECTOS PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO 66

MAURO SIERRA MACÍAS^{1*/}, CLARA RÍOS ISIDRO^{1/}, NOEL ORLANDO GÓMEZ MONTIEL^{2/}, SABEL BARRÓN FREYRE^{3/}, REYNA MICHELLE FIERRO LÓPEZ^{4/}

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MAÍZ EN LA PENINSULA DE YUCATÁN 71

MIRNA HERNÁNDEZ PÉREZ^{*1}, ALFREDO JOSUÉ GÁMEZ VÁZQUEZ², RAYMUNDO JAVIER NAVA PADILLA³, JESÚS MANUEL SOTO ROCHA¹ Y DAMIÁN MARTÍNEZ GÓMEZ⁴

PRODUCCIÓN DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ DURANTE EL CICLO OTOÑO INVIERNO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO 77

MAURO SIERRA MACÍAS^{1*/}, CLARA RÍOS ISIDRO^{1/}, NOEL ORLANDO GÓMEZ MONTIEL^{2/}, SABEL BARRÓN FREYRE^{3/}, REYNA MICHELLE FIERRO LÓPEZ^{4/}

RENDIMIENTO DE LINEAS AVANZADAS DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) EN JUAN JOSÉ RÍOS SINALOA 82

RAÚL HIPÓLITO SAUCEDA ACOSTA¹, FRANKLIN GERARDO RODRÍGUEZ COTA¹, RICARDO TORRES CIALIQUI², HUGO BELTRÁN PEÑA², CARLOS PATRICIO SAUCEDA ACOSTA^{*}

LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO Y DEL CARBONO DE UN SUELO CAÑERO FERTILIZADO CON NPK 86

YVES JEAN BAPTISTE¹, ARMANDO GUERRERO-PEÑA^{1*}, EUGENIO CARRILLO-AVILA², EUSTOLIA GARCÍA-LÓPEZ¹, JOSÉ JESÚS OBRADOR-OLAN¹, Y APOLONIO VALDEZ-VALERO¹

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE MAÍZ CON Y SIN CAL EN SUELOS ÁCIDOS DE TABASCO 91

SABEL BARRÓN FREYRE^{1*}, ÓSCAR HUGO TOSQUY VALLE², RIGOBERTO ZETINA LEZAMA², MARCOS VENTURA VÁZQUEZ HERNÁNDEZ²

POTENCIAL PRODUCTIVO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DE FRIJOL EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN EL ESTADO DE NAYARIT 97

GABRIELA RAMÍREZ-OJEDA¹, NADIA CAROLINA GARCÍA-ÁLVAREZ^{2*}, JORGE ALBERTO ACOSTA-GALLEGOS³



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

CONTAMINACIÓN POR *ASPERGILLUS* SPP. EN MAÍZ DE GRANO BLANCO 102

REBECA RODRÍGUEZ FALCONI^{1*}, ZOILA RESÉNDIZ RAMÍREZ¹; VÍCTOR MAYA HERNÁNDEZ¹; FLOR ELENA ORTIZ CHAIREZ¹;
JORGE GUSTAVO RODRÍGUEZ ESCOBAR²

**COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y ANALISIS ECONOMICO DEL USO DE SEMILLA CERTIFICADA DE
FRIJOL EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO..... 106**

NADIA CAROLINA GARCÍA-ÁLVAREZ^{1*}, JORGE ALBERTO ACOSTA-GALLEGOS², YANET JIMÉNEZ HERNÁNDEZ², JESÚS
ASCENCIÓN GONZÁLEZ CARRILLO³

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA CON ENMIENDAS DE ORIGEN ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN DE
MAÍZ (*ZEA MAYS* L.) EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO 110**

GAMAS-COLLADO M.E¹, BARRÓN-FREYRE, S², SALGADO-VELÁZQUEZ, S², JIMÉNEZ-RAMÍREZ R¹, RODRÍGUEZ-CUEVAS,
M.² Y SUMANO-LÓPEZ, D^{2*}

**PRODUCCIÓN DE GRANO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN
CONDICIONES DE TEMPORAL EN HUIMANGUILLO, TABASCO 115**

SABEL BARRÓN FREYRE^{1*}, MAURO SIERRA MACIAS², CLARA RÍOS ISIDRO²

ECONOMÍA CIRCULAR 120

**ADICIÓN DE BAGAZO DE PLATANO EN LA FORMULACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
PLANTULAS DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.) 121**

GALLEGOS GONZÁLEZ MIRIAM¹, VALENCIA HERNÁNDEZ ISMAEL¹, DE LA CRUZ DE LA CRUZ FERNANDO ANTONIO², SÁNCHEZ
HERNÁNDEZ RUFO^{1,3}; MAXIMIANO ANTONIO ESTRADA BOTELLO³

GANADERÍA 125

**CRECIMIENTO *IN VITRO* DE *BABESIA BOVIS* EN UN MEDIO DE CULTIVO SIN COMPONENTES DE ORIGEN
ANIMAL SUPLEMENTADO CON UNA MEZCLA DE LÍPIDOS 126**

CARMEN ROJAS MARTÍNEZ^{1*}, JESÚS ANTONIO ÁLVAREZ MARTÍNEZ¹, JULIO VICENTE FIGUEROA MILLÁN¹, JOSÉ JUAN LIRA
AMAYA¹, ROBERTO OMAR CASTAÑEDA ARRIOLA², GRECIA MARTÍNEZ GARCÍA¹, REBECA MONTSERRAT SANTAMARÍA
ESPINOSA¹

MANEJO PARASITOLÓGICO EN GRANJAS DE BOVINOS EN TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO 132

FLEIDER LEISER PEÑA-ESCALONA¹, ROBERTO GONZÁLEZ-GARDUÑO^{*2}, ALVAR ALONZO CRUZ-TAMAYO³

**USO DE IMÁGENES RGB DE DRON PARA ESTIMACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN PRADERAS
TROPICALES 136**

FRANCISCO ROJAS-PÉREZ^{1*} EDUARDO DANIEL BOLAÑOS-AGUILAR²

VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS *UROCHLOA* EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO 141

ISABEL CRISTINA ACOSTA-BALCAZAR^{1*}, LORENZO GRANADOS-ZURITA², MANUEL BARRÓN-ARREDONDO², JORGE QUIROZ-
VALIENTE², MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ-GUILLERMO², JORGE DAVID GUIOT-GARCÍA³

**RESPUESTA HUMORAL EN BECERROS LACTANTES FRENTE A *STRONGYLOIDES PAPILLOSUS* A TRAVÉS DE ELISA
INDIRECTA 145**

CLAUDIA YESENIA LEÓN-GONZÁLEZ^{1*}, ROBERTO GONZÁLEZ-GARDUÑO¹, JUAN MANUEL HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ¹

**PREVALENCIA DE TREMATODOS (*FASCIOLA HEPATICA* Y *PARAMFISTÓMIDOS*) EN OVINOS EN EL ESTADO DE
TABASCO 149**

JONATHAN CÁRDENAS-GUZMÁN^{*1}, ROBERTO GONZÁLEZ-GARDUÑO¹



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HARINA DE CANAVALIA ENRIQUECIDAS CON SELENIO, PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.....	153
ALDENAMAR CRUZ-HERNÁNDEZ ^{1*} , PATRICIA JERÓNIMO LÓPEZ ² , CÉSAR MÁRQUEZ-QUIROZ ³ , EFRAIN DE LA CRUZ-LÁZARO ⁴ , ARMANDO GÓMEZ-VÁZQUEZ ⁵ , ALFONSO J CHAY-CANUL ⁶ , LENIN RANGEL-LÓPEZ ⁷	
EFFECTIVIDAD DE CANELA (<i>CINNAMOMUM VERUM</i>) EN EL CONTROL <i>IN VITRO</i> DE LARVAS DE <i>HAEMONCHUS CONTORTUS</i>	156
CARLOS EMILIANO MAGOS-AMADO ^{1*} , ROBERTO GONZÁLEZ GARDUÑO ¹ , EMMA MALDONADO SIMÁN ¹ , ADOLFO PAZ SILVA ²	
PRESENCIA DE LA MOSCA DEL CUERNO EN GANADO BOVINO TABASQUEÑO.	159
ANA CRISTINA TENORIO-FUENTES ¹ , CARLOS LUNA PALOMERA ¹ , NADIA FLORENCIA OJEDA-ROBERTOS ^{1*}	
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE TRES GRAMINEAS TROPICALES A DOS FRECUENCIAS DE CORTE EN HUEYTAMALCO, PUEBLA	163
JOSÉ DE JESÚS MARIO RAMÍREZ GONZÁLEZ ^{1*} LORENZO GRANADOS ZURITA ²	
RENDIMIENTO DE TRES LEGUMINOSAS ARBÓREAS CORTADAS A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE EN CLIMA HÚMEDO EN HUEYTAMALCO, PUEBLA.	169
JOSÉ DE JESÚS MARIO RAMÍREZ GONZÁLEZ ^{1*} LORENZO GRANADOS ZURITA ² .	
DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ZOOSANITARIO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN BOVINA EN PICHUCALCO, CHIAPAS.	174
TOMAS COOX-CHI ^{1*} , ESTEBAN DIEGO CASTILLO-TOLEDO ² , CLAUDIA VIRGINIA ZARAGOZA-VERA ¹ , ROBERTO OMAR CASTAÑEDA-ARRIOLA ³ , GILBERTO VÁZQUEZ-CRUZ ⁴ , MARÍA GUADALUPE HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ ⁴ , SERGIO ALEJANDRO DIAZ-OVANDO ⁴ , ERICK MAURICIO PÉREZ-SOLÍS ⁴ , ALEJANDRO CASTILLEJOS-ARROYO ⁴ .	
AGRONOMÍA DE HÍBRIDOS DE <i>UROCHLOA</i> EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN TABASCO MÉXICO	179
LORENZO GRANADOS-ZURITA ^{1*} , ISABEL CRISTINA ACOSTA-BALCAZAR ² , MANUEL BARRÓN-ARREDONDO ¹ , JORGE QUIROZ-VALIENTE ¹ , MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ-GUILLERMO ¹ , JORGE DAVID GUIOT-GARCÍA ³	
MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES	183
MORFOLOGÍA Y RENDIMIENTO DE FRUTO DE LA VARIEDAD EXPERIMENTAL DE CHILE X'CATIK (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L) CPX-CCC1.....	184
CRESCENCIA DE LA CRUZ CASTILLO-AGUILAR ¹ RICARDO ANTONIO CHIQUINI-MEDINA ² ENRIQUE SAURI-DUCH ³ DAVID JULIÁN PALMA-CANCINO ^{1*}	
RIQUEZA DE BIODIVERSIDAD EN FRUTOS DE AGUACATE PRESENTE EN CAMPECHE, MÉXICO	188
HERNÁNDEZ PÉREZ MIRNA ^{1*} , HERNÁNDEZ GARCÍA GONZALO ¹ , CANALES CRUZ ROBERTO ¹ Y MONTERO TAVERA VICTOR ²	
PREDICCIÓN DE HOJAS TOTALES Y APROVECHABLES DE <i>SABAL JAPA</i> WRIGHT. EX BECC. (GUANO) EN EL EJIDO 20 DE NOVIEMBRE, CAMPECHE, MÉXICO	193
XAVIER GARCÍA-CUEVAS ^{1*} , GERARDO LAGUNES-RODRÍGUEZ ² , LUIS POOT-CHAN ³ , SECUNDINO TORRES-LAMAS ¹ , JONATHAN HERNÁNDEZ-RAMOS ⁴	
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE LA CAPA ARABLE DE VERTISOLES CULTIVADOS CON LIMÓN Y CANAVALIA COMO CULTIVO DE COBERTURA.....	199
RIGOBERTO ZETINA-LEZAMA ^{1*} , SERGIO A. CURTI-DÍAZ ¹ Y ÁNGEL CAPETILLO-BURELA ¹	
MODIFICACIONES DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA DEL SUELO EN FLUVISOL EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DE LA CHONTALPA.....	204
LEIDI FLORES-VIDAL ¹ , ANTONIO TRUJILLO-NARCÍA ^{1*} , MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ ² , OMAR SARRACINO-MARTÍNEZ ¹ , VANESSA CONCEPCIÓN-HERNÁNDEZ ¹ , MARÍA PAULA SALAYA-ZAPATA ¹	



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

PRESENCIA DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EN AGUAS DEL SISTEMA LAGUNAR CHACAHUA- PASTORÍA, OAXACA, MÉXICO..... 209

JOSÉ RAFAEL CONTRERAS-HINOJOSA^{1*}, JOSÉ ANTONIO CUETO-WONG², ADÁN HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ¹, RAFAEL
GUAJARDO-PANES³, FINLANDIA BARBOSA-MORENO¹

NODULACIÓN Y VIABILIDAD BACTERIANA EN *CROTALARIA INCANA* DURANTE PERIODOS DE SEQUÍA Y LLUVIA EN FLUVISOL EN EL ESTADO DE TABASCO 215

PAULA SALAYA-ZAPATA¹, ANTONIO TRUJILLO-NARCÍA^{1*}, MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ², OMAR SARRACINO-
MARTÍNEZ¹, LEIDI FLORES-VIDAL¹, VANESSA CONCEPCIÓN-HERNÁNDEZ¹

ESTUDIO DE LA FAUNA DE UN FLUVISOL CON DIFERENTES USOS ACTUALES EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DE LA CHONTALPA 219

VANESSA CONCEPCIÓN-HERNÁNDEZ¹, ANTONIO TRUJILLO-NARCÍA^{1*}, MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ², ISIDRO
IZQUIERDO CASTILLO¹, MARÍA PAULA SALAYA-ZAPATA¹, LEIDI FLORES-VIDAL¹

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE SILVESTRE *GOSSYPIUM LAXUM* L. LI. PHILLIPS EN EL ESTADO DE GUERRERO 224

CLAUDIA PÉREZ MENDOZA^{1*}, MA. DEL ROSARIO TOVAR GÓMEZ¹, GABRIELA RAMÍREZ OJEDA², QUINTÍN OBISPO
GONZÁLEZ³

RECOLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE ALGODÓN, EN EL ESTADO DE TABASCO 229

CLAUDIA PÉREZ MENDOZA^{1*}, MA. DEL ROSARIO TOVAR GÓMEZ¹, JAVIER FRANCISCO ENRÍQUEZ QUIROZ², GABRIELA
RAMÍREZ OJEDA³

DIAGNÓSTICO INICIAL PARA LA ESTIMACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL QUE BRINDA EL ARBOLADO URBANO A TRAVÉS DE SU SOMBRA COMO MITIGADOR DE TEMPERATURAS EXTREMAS EN LA CIUDAD DE ARRIAGA, CHIAPAS..... 234

EILEEN, SALINAS-CRUZ^{1*}, ITZEL CASTRO- MENDOZA¹, ISIDRO FERNÁNDEZ- GONZALEZ¹, OSIAS RUIZ-ALVAREZ¹

FORMAS DEL TERRENO Y CLASES DE TIERRAS CAMPESINAS EN LA REGIÓN DEL PLAN CHONTALPA, TABASCO 239

NIDIA YESENIA HERNÁNDEZ-MÉNDEZ¹; JOEL ZAVALA-CRUZ¹; JULIÁN PÉREZ-FLORES¹; YVES JEAN BAPTISTE¹; ANTONIO
LÓPEZ-CASTAÑEDA^{1*}

SISTEMA INTEGRAL PARA LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN EXCEL® 245

JOSÉ GERMÁN FLORES-GARNICA^{1*}, GABRIELA RAMÍREZ-OJEDA¹ ANA GRACIELA FLORES-RODRÍGUEZ¹

CRECIMIENTO Y DINÁMICA MICROBIANA EN LA RIZOSFERA DE *LEERSIA HEXANDRA* SW. EN SUELOS IMPACTADOS POR PETRÓLEO METEORIZADO..... 250

JOSÉ ALBERTO OROCIO-CARRILLO^{1*}, MARÍA DEL CARMEN RIVERA-CRUZ¹, ANTONIO TRUJILLO-NARCÍA², KARLA CHÁVEZ-
ALVAREZ¹

DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN SEDIMENTOS DE LA PRESA LA VEGA EN TEUCHITLÁN, JALISCO..... 254

CELIA DE LA MORA-OROZCO¹, EDGARDO MARTÍNEZ-OROZCO^{2*}, LAURA IZASCUM PÉREZ-VALENCIA²

PLANTACIONES Y FORESTALES 259

INTEGRACIÓN DE DATOS SENTINEL-2 Y MACHINE LEARNING PARA EL MONITOREO DEL RENDIMIENTO EN CAÑA DE AZÚCAR 260

SERGIO SALGADO-VELÁZQUEZ^{1*}, HILARIO BECERRIL-HERNÁNDEZ², LORENZO ARMANDO ACEVES-NAVARRO², JOAQUÍN
ALBERTO RINCÓN-RAMÍREZ², SAMUEL CÓRDOVA-SÁNCHEZ³



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

FUNCIONES COMPATIBLES DE AHUSAMIENTO Y VOLUMEN COMERCIAL PARA <i>SWIETENIA MACROPHYLLA</i> KING EN QUINTANA ROO	265
SECUNDINO TORRES-LAMAS ^{1*} , XAVIER GARCÍA-CUEVAS ¹ , JONATHAN HERNÁNDEZ-RAMOS ² , GUADALUPE GERALDINE GARCÍA-ESPINOZA ³ , RAMIRO PUC-KAUIL ⁴	
CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE <i>TABEBUIA CHRYSANTHA</i> (JACQ.) NICHOLSON CON FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN VIVERO.	269
FRANCISCO ROJAS-PÉREZ ^{1*} ; JOSÉ J. OBRADOR-OLÁN ¹ ; YESENIA GARCÍA-ESTRADA ¹ ; DAVID J. PALMA-LÓPEZ ¹ ; JULIÁN PÉREZ-FLORES ¹ ; EUSTOLIA GARCÍA-LÓPEZ ¹ ; EUGENIO CARRILLO-ÁVILA ² ;	
USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO PARA CONTROLAR EL ABORTO DE FRUTOS EN VAINILLA. ...	275
JUAN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ ^{1*} , SERGIO ALBERTO CURTI DÍAZ ¹ , OSCAR PÉREZ HERNÁNDEZ ²	
IMPACTO POTENCIAL DE TUZAS EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PLÁTANO EN TABASCO	280
PABLO ULISES HERNÁNDEZ-LARA ^{1*} , DIANA RUBI RAMOS-LÓPEZ ² Y SERGIO SALGADO-VELÁZQUEZ ¹	
HUANGLONGBING EN CÍTRICOS: ESTADO DEL ARTE EN DETECCIÓN REMOTA ASISTIDA POR APRENDIZAJE AUTOMÁTICO	285
FABIOLA OLVERA-RINCÓN ¹ , JOAQUÍN A. RINCÓN RAMIREZ ¹ , CARLOS F. ORTÍZ GARCÍA ¹ , LUZ DEL C. LAGUNES ESPINOZA ¹ Y EDER RAMOS HERNÁNDEZ ²	
ADAPTACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN SURESTE DE MÉXICO.....	291
JAZMIN LAVIN-CASTAÑEDA ^{1*} , FERNANDO CARLOS GÓMEZ-MERINO ² , LIBIA IRIS TREJO-TÉLLEZ ² , GRISELDA LUNA LÓPEZ ³ , RUBÉN DARÍO GÓNGORA PÉREZ ¹	
COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE DOS SISTEMAS DE MANEJO DEL CAFÉ EN LA FINCA LOS FRESNOS, VERACRUZ.	297
YOLAI NODA-LEYVA ¹ , ARTURO PÉREZ-VÁZQUEZ ^{1*} , SERGIO SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ ² Y NANCY NASARIO-LEZAMA ¹	
CAPTURA DE CARBONO EN PALMA DE ACEITE (<i>ELAEIS GUINEENSIS</i> JACQ.) EN LA SIERRA DE TABASCO, MÉXICO	301
LUIS ENRIQUE JIMÉNEZ-VÁZQUEZ ¹ , JULIO CESAR GERÓNIMO-CASTILLO ¹ , VICTORINO GÓMEZ-VALENZUELA ^{1*} , UBALDO GUILLERMO PÉREZ-CRUZ ¹ , JORGE FLORES-HERNÁNDEZ ¹ , ALMA BERENICE SALAYA-CURIEL ¹	
RENDIMIENTO Y DESPOBLACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR CON IMÁGENES MULTIESPECTRALES Y MÉTODO CONVENCIONAL EN PARCELAS DE PRODUCTORES EN CÁRDENAS, TABASCO	307
ANTONIO LÓPEZ-CASTAÑEDA ¹ , JOSÉ FRANCISCO JUÁREZ-LÓPEZ ^{1*} , JOSÉ JESÚS OBRADOR-OLÁN ¹ , EUGENIO CARRILLO-ÁVILA ² , APOLONIO VALDEZ-BALERO ¹ , LORENZO ARMANDO ACEVES NAVARRO ¹ , MARIELA GUADALUPE MAZA-LANDERO ¹	
EFFECTO DEL MANEJO DE ANTRACNOSIS EN MANGO MANILA CON FUENTES DE CALCIO AUNADO A HIDROTHERMIA.....	312
JORGE GUSTAVO RODRÍGUEZ ESCOBAR ^{1*} , HÉCTOR CABRERA MIRELES ¹ , ELIZABETH LEÓN GARCÍA ² Y REBECA RODRÍGUEZ FALCONI ³	
VARIABILIDAD MORFOMÉTRICA DE FLORES DE <i>VANILLA PLANIFOLIA</i> EN CUATRO CICLOS DE FLORACIÓN, BAJO MANEJO AGROECOLÓGICO EN OXOLOTAN, TACOTALPA, TABASCO	315
JOSÉ PADILLA VEGA ^{1*}	
MONITOREO AGRÍCOLA DE ALTA RESOLUCIÓN MEDIANTE GAMMA EARTH S2DR3 Y SENTINEL-2	320
FABIOLA OLVERA-RINCÓN ^{1*} , JOAQUÍN A. RINCÓN-RAMÍRES ¹ , LUZ DEL C. LAGUNES-ESPINOZA ¹ , CARLOS F. ORTÍZ-GARCÍA ¹ , SERGIO SALGADO-VELÁZQUEZ ² , ISIDRO CASTILLO-IZQUIERDO ³ .	
SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL.....	324



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

DISEÑO ESTRATÉGICO PARA IMPULSAR EL COOPERATIVISMO FEMENINO BAJO ESCENARIOS

CAFETALEROS: UN CASO DE ESTUDIO EN VERACRUZ 325

ERIKA MARÍA GASPERÍN-GARCÍA^{1*}, ISALIA MORALES-PALACIOS¹, JUAN DIAZ-VELA¹, JULIO VILABOA-ARRONIZ¹, MARÍA EDITH QUEZADA-FADANELLI², MARLENE MUNGUÍA-MARTÍNEZ²

EL AGROECOSISTEMA “SOLAR” E IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE TRASPATIO EN COMUNIDADES RURALES 331

MIGUEL ÁNGEL RAMÍREZ-GUILLERMO^{1*}, MARÍA DEL CARMEN SILVERIO GÓMEZ¹, IZAMAR LÓPEZ-DOMÍNGUEZ²

INGRESO NETO DEL USO DE VERDÍN: VARIEDAD DE FRIJOL NEGRO EN VILLA HIDALGO, CHIAPAS 336

JAIME RANGEL QUINTOS¹, TOSQUY VALLE OSCAR HUGO², SALINAS CRUZ EILEEN³

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES DE HUERTOS FAMILIARES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO 341

BERTHA SOFÍA LARQUÉ SAAVEDRA^{1*}, FABIÁN ISLAS GUTIÉRREZ¹, LUCILA GONZÁLEZ MOLINA¹

USO DE PRESUPUESTOS PARCIALES DE BENEFICIO NETO PARA DETERMINAR MÉTODO DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN (NP) DE CALABAZA EN TLAXCALA 346

ISRAEL ROJAS MARTÍNEZ^{1*}, ROGELIO FERNÁNDEZ SOSA¹

CARACTERIZACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE LIMÓN (*CITRUS LATIFOLIA*) EN EL MUNICIPIO DE CHIAPA DE CORZO, CHIAPAS. 349

ISIDRO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ^{1*}, EILEEN SALINAS CRUZ¹, FRANCISCO JAVIER CRUZ CHÁVEZ¹, YAMILETH ROBLES GONZÁLEZ¹

ANÁLISIS FINANCIERA Y COMPETITIVA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN COAPA PINOPA, ZONGOLICA, VERACRUZ..... 354

EILEEN, SALINAS-CRUZ^{1*}, ROLANDO TLAXCALA-MÉNDEZ², MA. DE CARMEN PABLO-MENDOZA³, ROSALÍO LÓPEZ-MORGADO⁴, FERNÁNDEZ – GONZÁLEZ, ISIDRO¹

ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIO A LA PRODUCTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE SUBSOLEO CON PRODUCTORES DE MAÍZ EN TILTEPEC, CHIAPAS, MÉXICO. 359

EILEEN SALINAS-CRUZ^{1*}, WALTER LÓPEZ-BÁEZ¹, OSIAS RUIZ-ÁLVAREZ¹, ALMA VARGAS- DE LA MORA¹, GERARDO COLIN-GARCIA¹.

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS 364

DESARROLLO Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA CARNE PARA HAMBURGUESA UTILIZANDO CARNE DE BUFALO (*BUBALUS BUBALIS*). 365

FRANCO L. RUIZ-SANTIAGO^{1*}, JOSAFAT A. HERNÁNDEZ-BECERRA¹, RAFAEL GARCÍA-JIMÉNEZ

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN YOGUR BATIDO CON SABOR A MANGO DESARROLLADO A PARTIR DE LECHE DE BÚFALA (*BUBALUS BUBALIS*)..... 369

FRANCO L. RUIZ-SANTIAGO^{1*}, JOSAFAT A. HERNÁNDEZ-BECERRA¹, RAFAEL GARCÍA-JIMÉNEZ¹

CUANTIFICACIÓN DE CURCUMINA POR ESPECTROSCOPÍA UV-VISIBLE Y HPLC EN UNA BOTANA ELABORADA A BASE DE PLÁTANO *MUSA AAA CAVENDISH* 373

ANGÉLICA ALEJANDRA OCHOA-FLORES^{1*}, SHARON CAMARILLO-PEÑA¹, JOSAFAT ALBERTO HERNÁNDEZ-BECERRA², JOSÉ RODOLFO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ¹, JUAN GUZMÁN-CEFERINO¹

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE ACEITE ESENCIAL DE FRUTOS Y HOJAS DE *PIMENTA DIOICA* L. OBTENIDO MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR ULTRASONICACIÓN 379

JOSAFAT ALBERTO HERNÁNDEZ BECERRA ^{1*}, ANGÉLICA ALEJANDRA OCHOA FLORES ², MIREYA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ ², FRANCO LUCIO RUIZ SANTIAGO ¹ Y GILBERT VELA GUTIÉRREZ ³



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

IMPLEMENTACION DEL CULTIVO DE HONGOS *PLEUROTUS OSTREATUS* EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES (BACAL Y JOLOCHE DE MAIZ)..... 385

PAMELA ARROYO FALCONI^{1*}, JESÚS DE LA CRUZ KRISTAL DE MARÍA¹, HERNÁNDEZ VÉLEZ ROSA MARGARITA¹. HERNÁNDEZ
MÉNDEZ MARGARITA¹. MORALES CRUZ ROBERTO¹

EVALUACIÓN Y EFECTO DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ALIMENTACIÓN CON RECURSOS LOCALES EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE HUEVO DE GALLINA, EN TRES COMUNIDADES DE LA CHONTALPA TABASCO, MÉXICO. 390

ALEJANDRA DEL CARMEN GARCÍA-MEDINA^{1*}, HILARIO BECERRIL-HERNÁNDEZ¹, JAIME BAUTISTA-ORTEGA², ADOLFO
BUCIO-GALINDO¹, JUAN MANUEL ZALDIVAR-CRUZ¹, WILBER MONTIEL-HERNÁNDEZ³



AGROECOLOGÍA



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CONTENIDO PROTEICO DURANTE EL DESARROLLO FENOLÓGICO DE *Crotalaria longirostrata* DE DISTINTAS PROCEDENCIAS

Nohemi Pardo-Aguilar^{1*}, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza¹, Edith Hernández-Nataren¹, Eustolia García-López¹, David Jesús Palma-López¹ y Eduardo Daniel Bolaños-Aguilar²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; ²INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo

*Autor para correspondencia: pardo.nohemi@colpos.mx

Palabras clave: chipilín, biomasa foliar, variación proteica

Introducción

Entre los quelites nativos del género *Crotalaria*, las hojas de *C. longirostrata* Hook. Arn., conocido comúnmente como chepil o chipilín, son utilizadas en la alimentación del sureste de México; contienen un alto contenido proteico y de compuestos bioactivos (Mateo-Maces *et al.*, 2020; Mendez-Lopez *et al.*, 2023). Las semillas dispersadas de chipilín muestran una baja y variada tasa de germinación debido a la impermeabilidad de la testa al agua. Varios estudios han abordado la latencia física de las semillas en *C. longirostrata* en la búsqueda de métodos que permitan superar esta latencia y mejorar la germinación de las semillas, lo que permite en la actualidad obtener germinaciones mayores al 50% después de un pretratamiento a las semillas para liberarlas de la latencia (Lagunes-Espinoza *et al.*, 2023).

Es común encontrar poblaciones de chipilín, generalmente pequeñas, en los traspatios donde solo se realiza la recolecta de la biomasa foliar, sin considerar el estado fenológico de la planta. En el estado de Guerrero, se ha estudiado la variación en los componentes del rendimiento como el número de ramas, el número de frutos por rama y planta, y el rendimiento de semilla (32 a 110 g/planta) de diferentes procedencias de chipilín (Salinas-Morales *et al.*, 2022). En este quelite, se han identificado nueve estados fenológicos según la escala BBCH, con variaciones en biomasa y contenido proteico (Mendez-Lopez *et al.*, 2023), pero sin estudios previos que analicen diferencias entre procedencias de diferentes sitios, lo que es importante para conocer la variación existente en una región para estas características y el potencial de selección de plantas con características sobresalientes en este aspecto. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la acumulación de biomasa y contenido de proteína en tres etapas fenológicas de 14 procedencias de chipilín, bajo condiciones de campo.

Materiales y métodos

Siembra y trasplante. Las semillas desinfectadas y pretratadas, se germinaron en charolas con peat moss en invernadero el 20 y 21 de febrero de 2023. Las plántulas producidas en invernadero fueron trasplantadas en un área de 24 m de ancho x 80 m de largo en el Campo Experimental del COLPOS-Tabasco, el 26 y 27 de abril de 2023 (Figura 1). La distancia entre plantas y entre surco fue de 1 m. Cada surco con una longitud de 10 m, estableciendo cuatro surcos por procedencia. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por procedencia (un surco de 10 plantas correspondió a una repetición). Debido a la falta de lluvias durante el trasplante y primeros meses de establecimiento (de abril a junio 2023), se aplicó riego por goteo. No se aplicó fertilización. El control de plagas y enfermedades se realizó con productos orgánicos.

Variables evaluadas. Durante la etapa vegetativa, de floración y de fructificación de las 14 procedencias establecidas en el área del Campo Experimental km. 21, se determinó el peso de biomasa foliar por planta y el contenido de proteína. La biomasa foliar se cosechó al inicio de la primera ramificación (etapa vegetativa), cuando al menos el 50 % de plantas por procedencia iniciaron floración (etapa de floración) y cuando al menos 50 % de plantas por procedencia presentaron vainas (etapa de fructificación), en tres



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

plantas por procedencia y repetición. Estas se separaron en hojas, tallos y raíces, y se secaron a 50 °C en estufa de aire forzado para obtener el peso seco.

Para el contenido de proteína, las muestras se molieron en un molino tipo Wiley para obtener un tamaño de partícula de 2 mm aproximadamente. Cada muestra molida fue colocada en celda ISI AG-FOOD (Quarter cup check cell de vidrio de cuarzo para muestras base seca). Las celdas con muestra fueron colocadas en el analizador NIRS. Cada muestra fue escaneada en un rango de longitud de onda de 400 a 2500 nm a intervalos de 2 nm para obtener la huella espectral de cada muestra utilizando el programa ISIScan 2.81. Al finalizar se generó un archivo *.NIRS en el que se recolectaron todos los espectros obtenidos de las muestras de chipilín analizadas. La ecuación de calibración y validación usada para el cálculo presentó una desviación residual predictiva (RPD) >3.0 y un $R^2 = 0.97$. El equipo empleado fue un Espectroscopio de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) modelo Versatile Agri Analyzer™6500 System II Vertical Type 461008 con lámpara de tungsteno, Serial No. 9503 100-240, de la empresa FOSS, Denmark.

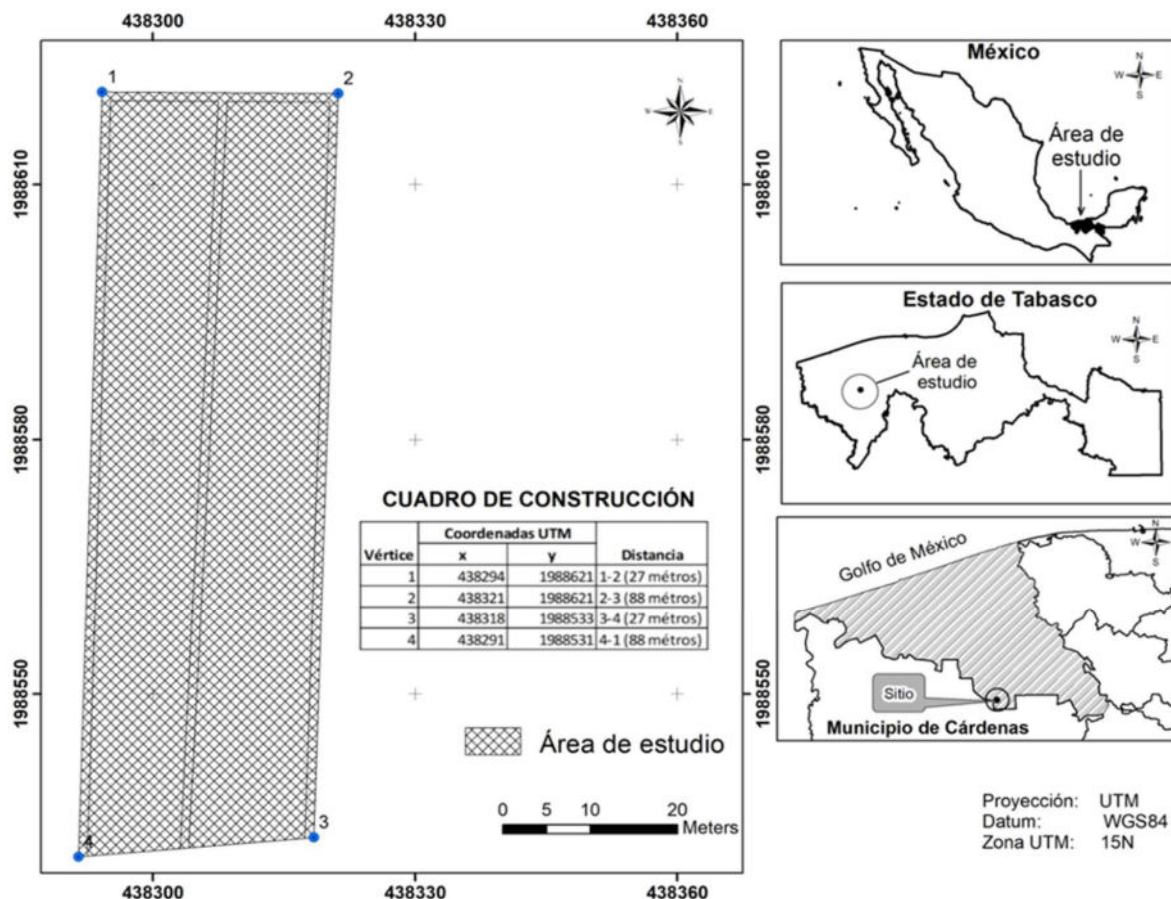


Figura 1. Área de siembra en el Campo Experimental Km. 21 del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, en Cárdenas Tabasco, de catorce procedencias de *Crotalaria longirostrata* de la subregión de la Chontalpa en Tabasco, Calakmul en Campeche y Tila en Chiapas.

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar en arreglo factorial 14x3, con cuatro repeticiones. Cada repetición estuvo constituida por 10 plantas.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Los factores fueron el sitio de procedencia y las etapas fenológicas. Se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el software SAS (2010).

Resultados y discusión

Los resultados mostraron un rango de variación en la acumulación de biomasa foliar por planta de 4.12-46.0 g en la etapa vegetativa, de 35.0-147.0 g en la etapa de floración y de 20.0-84.0 g en la etapa de fructificación. Sin embargo, dentro de las procedencias, se observó una alta variación en la producción de biomasa foliar (Figura 2). La menor producción de biomasa foliar en la etapa vegetativa se observó en la procedencia de Masoja Chico (Tila, Chiapas), con un promedio de 4.12 ± 0.72 g y la mayor en la de la Azucena con 147.0 ± 35.3 g durante la etapa de floración. Esta procedencia, mostró también un valor elevado de biomasa foliar durante la etapa vegetativa (42.5 ± 22.5 g). La alta variabilidad mostrada dentro de cada procedencia para la producción de biomasa fue también observada por Salinas-Morales *et al.* (2022) quienes revelaron una variabilidad significativa ($p \leq 0.05$), tanto dentro de cada localidad como entre ellas para el número de ramificaciones y componentes del rendimiento.

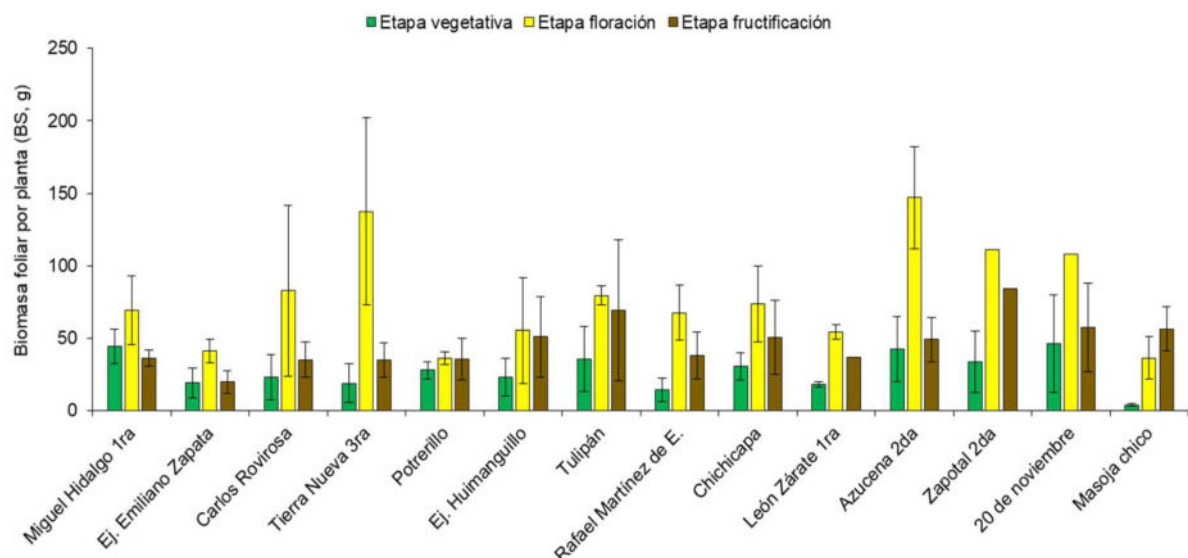


Figura 2. Producción de biomasa foliar por planta (g) de distintas procedencias de chipilín evaluadas durante el desarrollo fenológico. Las barras muestran la desviación estándar.

En promedio, durante el desarrollo fenológico de chipilín, la biomasa foliar mostró variaciones significativas por etapa fenológica. En la etapa vegetativa (18 días después del trasplante, ddt), el valor promedio fue de 26.90 g de biomasa foliar por planta. Esta biomasa foliar se incrementó durante el desarrollo de esta etapa, alcanzando 70.10 g por planta durante la etapa de floración (67 ddt). No obstante, en la fase de fructificación (120 ddt, 50% de fructificación), se observó una disminución en la biomasa foliar, con un promedio de 44.63 g por planta.

Estos resultados indican un patrón de acumulación creciente desde la etapa vegetativa hasta la floración, seguido por una reducción durante fructificación. Estos resultados coinciden con lo observado por Mendez-Lopez *et al.* (2023) en chipilín, donde indican que durante el estado 4 de la etapa vegetativa las hojas representan el 27.2 % (2.69 g PS) de la biomasa total de la planta y que la mayor biomasa foliar se alcanzó en el estado 7 (etapa de formación de vainas), para después reducirse en el estado 8 (etapa de maduración).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de vainas). Esta disminución en biomasa foliar, coincide con una disminución en el área foliar después de la etapa de floración. Este patrón de comportamiento está asociado a la formación inicial de biomasa foliar para suministrar los fotoasimilados necesarios para la formación de frutos y semillas, y la senescencia de las hojas al final del ciclo en la etapa de maduración de vainas.

El contenido proteico varió de 14.24-22.96 % durante la etapa vegetativa, siendo la procedencia de Masoja chico (Tila, Chiapas) quien presentó el mayor contenido en hojas, mientras que el menor la de Miguel Hidalgo (Cárdenas, Tabasco) (Cuadro 1). Este rango varió en la etapa de floración donde la procedencia del Ejido Huimanguillo mostró 20.22 % y la de Zapotal 13.73 %. Durante la etapa de fructificación, los contenidos de proteína en hojas fueron más elevados, de 16.44 % a 23.89 %.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Mendez-Lopez *et al.* (2023), se observan coincidencias ya que los niveles más bajos de proteína los detectaron en las hojas durante los estadios de floración (estadios 5 y 6). Los valores elevados de proteína durante las fases de fructificación pueden estar asociados al hábito de crecimiento del chipilín, dado que el chipilín es una planta semiperenne, y una vez que alcanza la bifurcación del tallo principal puede presentar ciclos continuos de crecimiento para apoyar las etapas de floración-fructificación Lagunes-Espinoza *et al.*, 2023), donde las nuevas hojas formadas se unen a las ya presentes, mejorando el contenido proteico.

Cuadro 1. Contenido de proteína (%) en la biomasa foliar de diferentes procedencias de chipilín evaluadas en tres etapas fenológicas.

Procedencia	Etapa vegetativa	Etapa floración	Etapa fructificación
	Hoja, g	Hoja, g	Hoja, g
Masoja chico	22.96a	16.54ab	21.57ab
Zapotal 2 ^{da}	18.67ab	13.73b	23.89a
Ej. Emiliano Zapata	18.59ab	17.64ab	18.77bc
León Zárate 1 ^{ra}	18.48ab	18.38ab	20.45abc
Potrillero	17.99ab	18.48ab	20.53abc
20 de noviembre	16.32ab	18.61ab	20.43abc
Tulipán	16.29ab	17.5ab	19.54abc
Rafael Martínez de E.	16.05ab	14.08b	16.44c
Tierra Nueva 3 ^{ra}	15.95ab	16.84ab	22.31ab
Ej. Huimanguillo	15.33ab	20.22a	21.95ab
Azucena 2 ^{da}	15.28ab	17.86ab	20.06abc
Chichicapa	14.55ab	20.18a	21.23ab
Carlos Rovirosa	14.34b	17.74ab	20.8abc
Miguel Hidalgo 1 ^{ra}	14.24b	16.91ab	21.82ab

Conclusiones

Los resultados muestran variación significativa entre procedencias y etapa fenológica tanto en biomasa foliar como en contenido proteico. Destacan las procedencias de la Azucena, 20 de noviembre y Miguel Hidalgo por su alta producción de biomasa foliar por planta, aunque con rango de contenido proteico de 14.24 a 16.32 % durante la etapa vegetativa. Entre etapas fenológicas la concentración de proteína disminuye en la floración y aumenta nuevamente durante la etapa de fructificación, lo cual tiene implicaciones para el manejo de la planta en términos de aprovechamiento de sus recursos.

Referencias bibliográficas

- Mateos-Maces L., Alba J.J.E., Aquino B.E.N., Chávez S.J.L., Vera G.A.M., Villagómez G.B.B. 2020. Edible Leafy Plants from Mexico as Sources of Antioxidant Compounds, and Their Nutritional, Nutraceutical and Antimicrobial Potential: A Review. *Antioxidants* 9(541): 1–24.
- Mendez-Lopez A.Y., Lagunes-Espinoza L.C., Gonzalez-Esquinca A.R., Hernandez-Nataren E., Ortiz-García C.F. 2023. Phenological characterization of chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn.) and relationship between the phenological stage and chemical composition of leaves. *South African Journal of Botany*, 154: 140-148. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.01.006>
- Lagunes-Espinoza L.C., De la Cruz-Ricardez D., Pardo-Aguilar N. 2023. Latencia: limitante de germinación en semillas de chile amashito y chipilín, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 33 p.
- Salinas Morales J.L., Peña-Valdivia C.B., Trejo C., Vázquez Sánchez M., López Palacios C., Padilla Chacón D. 2022. Componentes del rendimiento de *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. en Guerrero, México. *Polibotánica*, (54), 101-121. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.54.7>
- SAS. 2010. SAS user's guide: Statitics 8th ed. SAS Institute. Cary, N.C. USA.

SUPRESIÓN DE ARVENSES DURANTE EL CULTIVO DE *Crotalaria juncea* L. A DIFERENTES DÍAS DE CORTE

Mariela Guadalupe Maza-Landero¹; Eustolia García-Lopez^{1*}; José Jesús Obrador-Olán¹; José Francisco Juárez-López¹; Apolonio Valdez-Balero¹; Eugenio Carrillo-Ávila²; Antonio López-Castañeda¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. ²Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.

*Autor para correspondencia: rogarlopez@colpos.mx

Introducción

Los abonos verdes (av) son especies vegetales, cuya finalidad es proteger, recuperar, aportar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y química de los suelos, por lo que su utilización es una práctica segura, económica, eficaz y sencilla para mejorar la fertilidad de los suelos y el control de arvenses ya que estas últimas se consideran una de las principales limitantes para la producción agrícola, reducen y afectan los rendimientos en todos los cultivos (Vila *et al.*, 2021). Se siembran en rotación o asociación para mejorar la calidad del suelo, incorporándose cuando están verdes para aumentar la materia orgánica y los nutrientes disponibles (García-Hernández *et al.*, 2010).

Una alternativa, en las regiones tropicales para la producción de abono verde es la *Crotalaria* (*Crotalaria juncea* L.) es una leguminosa anual multipropósito de rápido crecimiento y aporte de nitrógeno al suelo, pertenece a la familia Fabaceae y es nativa de la India y Pakistán su uso se ha reconocido y estudiado ampliamente como un abono verde y planta de cobertura en los sistemas agrícolas de conservación (Li *et al.*, 2022). En este sentido, la *crotalaria* contribuye en dos aspectos relevantes en la fertilidad del suelo y en el control de arvenses.

En este contexto, puede mejorar la fertilidad del suelo, debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de su asociación con bacterias del género *Rhizobium*, enriqueciendo el suelo con este elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Asimismo, movilizan otros nutrientes, como el fósforo y el potasio (Souza *et al.*, 2023).

Además, permite suprimir la población de arvenses y reducir el banco de semillas de arvenses principalmente a través de su efecto de cobertura y competencia por recursos (luminosidad, agua y nutrientes), así como por la liberación de compuestos alelopáticos (Bundit *et al.*, 2021).

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento del abono verde *Crotalaria juncea* y su potencial como supresor de arvenses, en diferentes etapas del cultivo.

Palabras clave: arvenses, biomasa, rendimientos

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en una parcela del Pob. C34 Lic. Benito Juárez García, Huimanguillo, Tabasco. Situado en la planicie fluvial del cuaternario reciente en un suelo vertisol, ubicado en las coordenadas geográficas 18.00138889° latitud norte y 93.61916667° longitud oeste en la Carretera Cárdenas-Coatzacoalcos, prevalece un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), la temperatura media anual es de 26.2°C y una precipitación media anual de 2,290.3 mm (Aceves-Navarro y Rivera-Hernández, 2019) (Figura 1).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

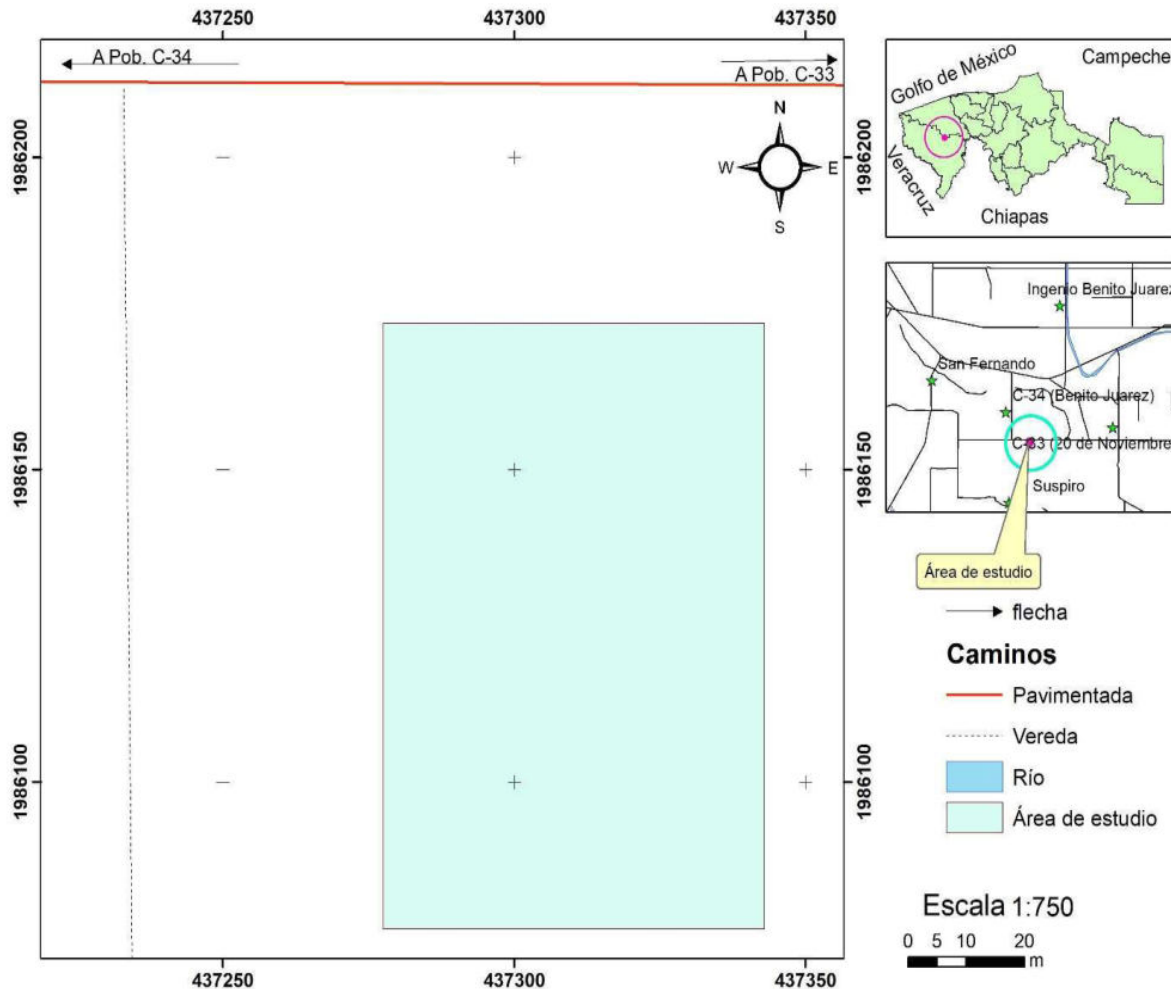


Figura 3. Área de estudio

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos al azar con dos tratamientos; con abono verde (con Av) y sin abono verde (sin Av) con ocho repeticiones sumando un total de 16 unidades de muestreo de 10 x 20 m. en una superficie total de 0.6 ha.

Posterior a la mecanización del terreno se realizó la siembra al voleo de la crotalaria aplicando 20 kg ha¹. Las variables estudiadas fueron las siguientes: a) población y comportamiento de arvenses, b) rendimiento del abono verde y c) control del abono verde sobre la población de arvenses.

Población y comportamiento de las arvenses

Se realizaron muestreos aleatorios para la colecta de especies, con un cuadro de metal de 50 x 50 cm en tres muestreos durante el cultivo del abono verde, se registró el nombre (común o científico), número de individuos y porcentaje de cobertura. Las muestras de plantas se llevaron al Herbario CSAT para su identificación taxonómica. Los datos fueron sistematizados y analizados en Excel 365, las cuales sirvieron para calcular los índices de: riqueza (S), diversidad (H') y uniformidad (E) (Magurran 1988) y el índice de valor de importancia (IVI), a partir de los valores absolutos y relativos de sus componentes: Densidad (De y rDe), Frecuencia (Fr y rFr) y Dominancia (Do y rDo) (Harbi *et al.*, 2024).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Rendimiento del abono verde

La evaluación de la biomasa aérea fresca y seca por ha, se llevó a cabo mediante muestreo con tres fechas, a los 45 días de germinación (ddg) a los 65 ddg, etapa intermedia de crecimiento y finalmente a los 75 ddg la cosecha de la crotalaria. Para cada fecha de muestreo se tuvo como referencia un nivel de suelo a 5 cm. Las muestras se pesaron en una báscula digital marca Velab modelo Ve 500, luego fueron lavadas con agua destilada durante unos segundos, para eliminar residuos de tierra (González-Valdivia *et al.*, 2024). A la biomasa fresca se le tomó una muestra, que fue pesada y posteriormente secada en un horno de ventilación forzada a 70 °C por 48 horas. La muestra seca fue pesada y la fracción de materia seca (MS) se obtuvo al dividir el peso seco entre el peso fresco. La biomasa seca se determinó multiplicando MS por la biomasa fresca (Villalobos *et al.*, 2023).

Control del abono verde sobre la población de arvenses

Para estimar el control del abono verde sobre la población de arvenses, se calculó la biomasa aérea fresca y seca en los muestreos evaluados en dos tiempos, a los 45 y 65 días de germinada la *Crotalaria juncea*, el peso obtenido para el tratamiento testigo se le restó el peso del tratamiento con abono verde, y posterior se le dividió entre el tratamiento testigo, el resultado final se multiplicó por 100 para sacar porcentaje.

Resultados y discusión

Comportamiento de la comunidad florística en el cultivo de crotalaria

En el análisis de la comunidad florística se cuantificó 29 familias, 49 géneros y 54 especies.

Las familias mejor representadas fueron: Fabaceae con ocho especies, Asteraceae con seis especies Poaceae con cinco especies y el resto con cuatro, tres, dos y una especie.

En cuanto a la diversidad de la comunidad de arvenses, las especies tuvieron comportamientos similares en los diferentes muestreos realizados; en la Figura 2 se observa el comportamiento de los índices de Riqueza (S), Diversidad (H') y Uniformidad (E).



Figura 2. Comportamiento de los índices a) Riqueza (S), b) Diversidad (H') y c) Uniformidad (E).

La riqueza (S), referida al número de especies, presentó los valores más altos (15 spp.) en el muestreo preliminar y en el muestreo a 65 días de germinado el abono verde, mientras que en el segundo muestreo solo se contó con ocho especies, muestra menor diversidad en ese punto, esto podría ser influenciado por cambios en el ambiente, competencia producida por el abono verde, perturbación por mecanización o estacionalidad de las especies (Poveda *et al.*, 2017). En el muestreo final, el aumento de las especies podría estar influenciado con el inicio de las lluvias (Aceves-Navarro *et al.*, 2021).

La diversidad (H') se considera alta al inicio (1.94) esto revela buena heterogeneidad de especies y distribución equilibrada. El segundo muestreo se considera baja (0.9) debido a la dominancia de una o pocas especies y el muestreo final se considera intermedio (1.49) con diversidad moderada. No tan homogéneo como el primero, pero más diverso que el segundo, datos similares reporta Mena-Mosquera *et al.* (2020) y Harbi *et al.* (2024).

La Uniformidad (E) varió de alta a media durante los muestreos, al inicio fue alta (0.7) señalando especies relativamente bien distribuidas, después la equidad fue baja (0.4), se observa especies que dominan, mientras que otras son escasas, finalmente la uniformidad se considera moderada (0.55) representa una distribución desigual pero no extrema.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

En cuanto al índice de valor de importancia (IVI) se obtuvieron comportamientos diferentes en los dos tratamientos, en el tratamiento abono verde sin dudar desde la germinación de la *Crotalaria juncea* se volvió la especie con mayor índice de importancia en todos sus valores absolutos y componentes relativos mientras que en el tratamiento testigo destacaron las especies *Echinochloa colona*, *Urochloa mutica*, *Acmella repens* con valores altos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de valor de importancia (IVI) y sus componentes: Densidad relativa (Der), Frecuencia relativa (FR) y Dominancia relativa (DoR) de las especies registradas en los muestreos.

Comportamiento de las especies en el índice de valor de importancia y sus componentes relativos antes de la <i>Crotalaria juncea</i>				
Especie	Densidad relativa (Der)	Frecuencia relativa (Fr)	dominancia relativa (DoR)	Índice de valor de importancia (IVI)
<i>Urochloa mutica</i>	31.4	11.8	35.9	79.0
<i>Echinochloa colona</i>	30.6	18.2	19.9	68.6
<i>Paspalum fasciculatum</i>	34.7	11.5	15.2	61.4
Comportamiento de las especies en el índice de valor de importancia y sus componentes relativos con Av 45 ddg la <i>Crotalaria juncea</i>				
<i>Crotalaria Juncea</i>	100	100	100	300
<i>Echinochloa colona</i>	88	44.4	36.5	168
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	14.7	22.2	4.39	41.3
Comportamiento de las especies en el índice de valor de importancia y sus componentes relativos sin Av 45 ddg la <i>Crotalaria juncea</i>				
<i>Echinochloa colona</i>	100	100	100	300
<i>Acmella repens</i>	50.0	33.3	53.1	133.5
<i>Corchorus siliquosus</i>	12.5	11.5	40	64.0
Comportamiento de las especies en el índice de valor de importancia y sus componentes relativos con Av 65 ddg la <i>Crotalaria juncea</i>				
<i>Crotalaria Juncea</i>	49.5	49.5	77.7	176.8
<i>Echinochloa colona</i>	29.4	29.4	8.6	67.3
<i>Melochia pyramidata</i>	7.3	7.3	3.4	18.0
Comportamiento de las especies en el índice de valor de importancia y sus componentes relativos sin Av 65 ddg la <i>Crotalaria juncea</i>				
<i>Echinocloa colona</i>	84.2	76.2	67.0	227
<i>Acmella repens</i>	7.8	5.3	43.5	56.6
<i>Hiptis brevipes</i>	3.9	5.3	15.3	24.0

Rendimiento del abono verde *Crotalaria juncea*

La *Crotalaria juncea* fue cortada en tres fechas del cultivo, a los 45, 65 y 75 días (ddg) la crotalaria que se observa en el (Cuadro 2). A los 65 días de la germinación del abono verde se obtuvieron los mayores resultados en rendimiento de biomasa aérea fresca y seca con un rendimiento de 55 y 13.5 t ha⁻¹ respectivamente y el menor rendimiento se obtuvo a los 45 días con 19.6 t y 9 t ha⁻¹ respectivamente. Datos similares reporta Rios-Hilarios *et al.* (2022) donde señalan que la crotalaria tiene rendimiento de 19.8 t ms ha⁻¹ a razón de una densidad de 400,000 plantas ha⁻¹.

Santiago *et al.* (2024) mencionan que los buenos rendimientos se le puede atribuir a la época de siembra, manejo, densidad de siembra, además de buena cantidad de luz y agua para su cultivo.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (t / ha^{-1}) de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferentes días de corte

Edad de corte (Días)	Peso fresco (t/ha^{-1})	Peso seco (t/ha^{-1})
45	19.6	9.0
65	55.2	13.5
75	52.4	12.4

Control del abono verde sobre la población de arvenses

En cuanto a la supresión de arvenses (Cuadro 3) se calculó la biomasa aérea fresca y seca de las arvenses en los muestreos evaluados con dos tratamientos, y con ello se estimó la supresión del abono verde sobre la población de arvenses en dos fechas de corte; a los 45 y 65 días de germinada la *Crotalaria Juncea*, se encontró que la mayor supresión se observó a los 65 días con un efecto del 70 %. La mayor supresión se logró al ser menor la incidencia de arvenses con el tratamiento de crotalaria, este efecto se debe por el menor acceso a la luz solar, ya que el abono verde expresa su mayor desarrollo antes de iniciar la floración (Das *et al.*, 2020).

Rodríguez-Mendoza *et al.* (2015) señalan que los abonos verdes tienen un efecto supresor sobre las arvenses durante su ciclo de vida y en los primeros meses después del manejo.

Cuadro 3. Supresión de arvenses durante el cultivo de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferentes días de corte

Edad de corte (días)	Supresión de Arvenses (%)	
	Peso fresco	Peso seco
45	64	55
65	70	56

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se confirma que la *Crotalaria juncea* produce grandes cantidades de materia fresca y seca.

Los hallazgos presentados en este estudio evidencian que el abono verde *Crotalaria juncea* puede suprimir hasta un 70 % de las arvenses a los 65 días de germinada.

Referencias bibliográficas

- Aceves Navarro, L. A., Arrieta Rivera, A., Calao León, N. S., Santiago, S. P., Peñaloza, E., & Álvarez, M. E. procedimiento agroclimático para determinar el inicio del periodo de siembra: caso, maíz (ciclo primavera-verano) en Huimanguillo, Tabasco. avances científicos para el desarrollo sostenible del sector agropecuario y forestal, 59.
- Das, K., Biswakarma, N., Zhiipao, R., Kumar, A., Ghasal, P. y Pooniya, V. (2020). Importancia y gestión de los abonos verdes., 197-217. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1_12.
- Poveda Corredor, D. C. (2017). Influencia de las prácticas agrícolas sobre la comunidad de coleopteros (Scarabaeidae, Carabidae y Staphylinidae) y percepciones ambientales de la conservación en la vereda El Verjón-Cerros orientales de Bogotá, Colombia.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Ríos-Hilario, JJ, Maldonado-Peralta, MDL Á., Rojas-García, AR, Hernández-Castro, E., Sabino-López, JE, & Segura-Pacheco, H. (2022). Rendimiento, radiación interceptada y morfología de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferentes densidades. *Agro Productividad*.

Villalobos-Villalobos, L., & WingChing-Jones, R. (2023). Forage Biomass Estimated with a Pre-Calibrated Equation of a Rising Platometer in Pastures Grown in Tropical Conditions. *Grasses*. <https://doi.org/10.3390/grasses2020011>.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

COLONIZACIÓN DE HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES EN EL SISTEMA RADICULAR DEL CHILE AMASHITO (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) EN HUIMANGUILLO, TABASCO

Maricela Pablo-Pérez^{1*}, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza¹, Carlos Fredy Ortiz-García¹, María del Carmen Rivera-Cruz¹, Rocío Guadalupe Acosta-Pech¹ y Luis Alberto Lara-Pérez²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; ²Tecnológico Nacional de México-Campus Zona Maya.

*Autor de correspondencia: pablo.maricela@colpos.mx

Palabras clave: rizósfera, chiles silvestres, simbiosis micorrícica

Introducción

Los Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) forman simbiosis con las raíces de las plantas para completar su ciclo de vida, facilitando la absorción de agua y nutrientes, especialmente fósforo, y contribuyendo a la tolerancia frente a diversos tipos de estrés biótico y abiótico (Noreen et al., 2023). Una de las especies vegetales que se beneficia de esta relación mutualista es el chile amashito (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), una planta representativa de los agroecosistemas tropicales por su valor ecológico, cultural y económico.

En estos ecosistemas, las asociaciones micorrícicas resultan particularmente relevantes para especies nativas como el chile amashito. Aunque aún no se cultiva de manera extensiva, se promueve en huertos familiares y persiste de forma natural en diversos ambientes. Esta especie ha despertado el interés científico por su contenido de metabolitos secundarios y su potencial agroindustrial (De la Cruz-Ricardez et al., 2024).

En México, los estudios sobre HMA en distintos agrosistemas y tipos de vegetación han revelado una alta diversidad, siendo los géneros *Glomus* y *Acaulospora* los más representativos (Polo-Marcial et al., 2025). Sin embargo, aún se dispone de poca información sobre las asociaciones micorrícicas en chile amashito, especialmente en regiones tropicales húmedas como Huimanguillo, Tabasco, donde esta planta se encuentra en suelos Acrisoles y Fluvisoles, resultado de la dispersión natural de semillas por fauna silvestre. Estos suelos presentan condiciones contrastantes que pueden influir en la colonización micorrícica: los Acrisoles son ácidos y pobres en nutrientes, mientras que los Fluvisoles son más fértiles y con mayor capacidad de retención de humedad.

Analizar esta relación simbiótica permite identificar las especies de HMA con las que el chile amashito se asocia en su entorno natural, así como aquellas que podrían interactuar con otros cultivos presentes en los agroecosistemas. Por ello, el objetivo del presente estudio fue cuantificar la colonización de HMA en las raíces del chile amashito proveniente de agrosistemas de suelos Acrisoles y Fluvisoles.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, ubicado entre los 5 y 9 msnm, en las coordenadas 17°33'50.88" latitud norte y 93°30'45.08" longitud oeste (SGM, 2005). Se seleccionaron diez poblaciones naturales de chile amashito, distribuidas en dos paisajes geomorfológicos representativos: lomeríos y planicies. Estos paisajes albergan diversos agroecosistemas (acahuales, pastizales, cultivos perennes y matorrales), desarrollados sobre dos tipos de suelo: Acrisoles (sitios AC1–AC6) y Fluvisoles (sitios FL7–FL10) (Figura 1).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

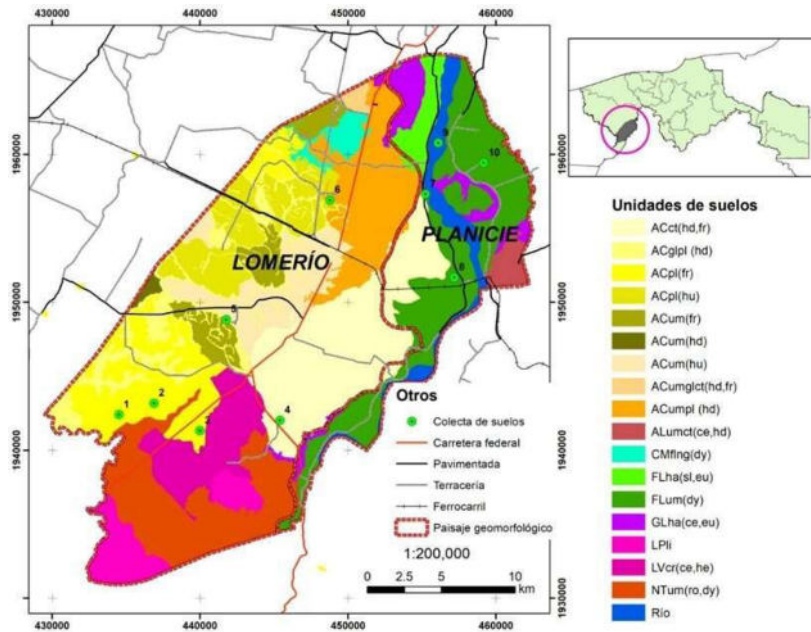


Figura 1. Localización de los sitios de estudios de HMA asociados a poblaciones silvestres de chile amashito en Huimanguillo, Tabasco, México, en dos paisajes geomorfológicos

Recolecta de raíces

En cada uno de los diez sitios seleccionados, se identificaron cuatro plantas de chile amashito en etapa de floración, con buen porte y vigor. De la rizósfera de cada planta se extrajeron raíces finas (terciarias y cuaternarias) para el análisis de colonización micorrícica. Se recolectaron 25 segmentos de raíz de 1 cm por planta, sumando un total de 100 segmentos por sitio. Las raíces fueron almacenadas en cajas histológicas y procesadas en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Colegio de Postgraduados, campus Tabasco.

Análisis de colonización de HMA

La colonización micorrícica se evaluó mediante la técnica de tinción propuesta por Phillips y Hayman (1970). Las raíces se aclararon con hidróxido de potasio (KOH) al 10 % durante 30 minutos, posteriormente se lavaron y se sumergieron en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 10 % por 5 minutos, y luego se acidificaron con ácido clorhídrico (HCl 1 N) durante 15 minutos. Finalmente, se tiñeron con azul tripano en lactoglicerol al 0.05 % a 90°C.

Las muestras teñidas se observaron en un microscopio óptico compuesto (Carl Zeiss, modelo Stemi 2000C) utilizando un objetivo de 40X. Se registró la presencia o ausencia de estructuras características de la colonización micorrícica arbuscular: hifas cenocíticas, vesículas, arbuscúlos y esporas. El porcentaje de colonización total se calculó considerando el número de segmentos con estructuras micorrícicas respecto al total de segmentos observados.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Análisis estadístico. Los datos de colonización micorrícica se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente al azar con diez sitios y cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El análisis se efectuó con el software InfoStat (2020).

Resultados y discusión

Las poblaciones silvestres de chile amashito presentes en los dos paisajes geomorfológicos se localizaron en dos tipos de suelo en el área de estudio. Seis poblaciones se localizaron en suelos Acrisoles y las cuatro poblaciones restantes en suelos Fluvisoles.

La colonización total de HMA en las raíces de chile amashito varió entre 80 % y 100 % en los sitios estudiados, abarcando suelos Acrisoles y Fluvisoles. El análisis de varianza ($p > 0.05$) no mostró diferencias significativas en la colonización total entre sitios (Figura 2).

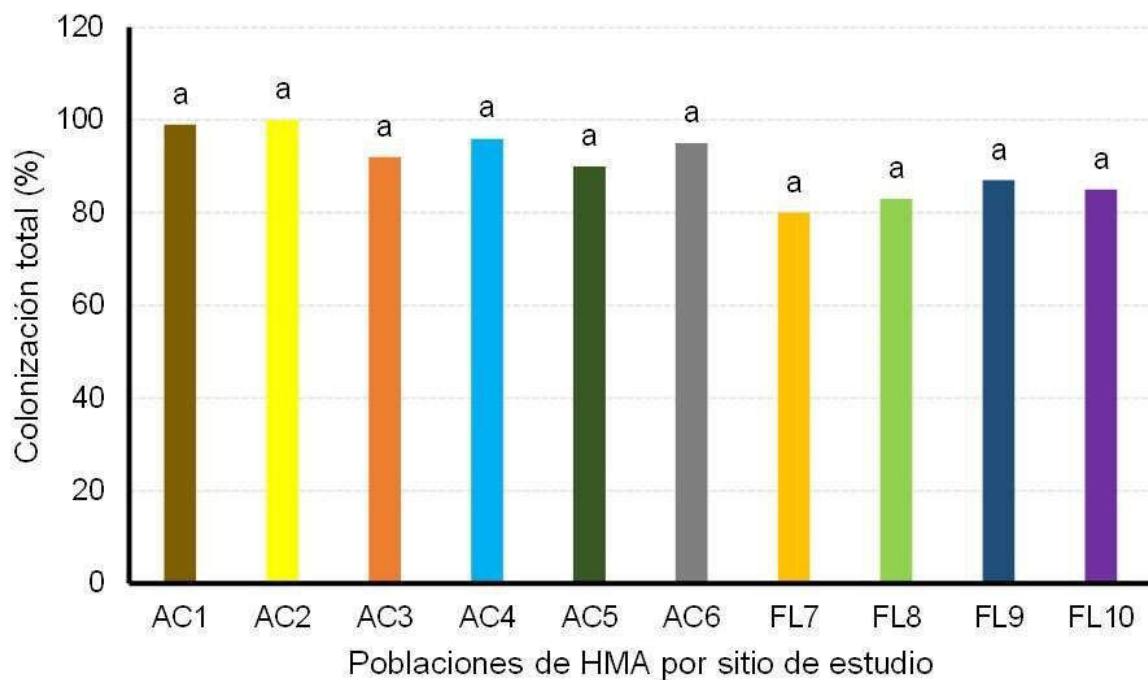


Figura 2. Porcentajes total de colonización de HMA en raíces de chile amashito de los suelos Acrisol (AC) y Fluvisol (FL) en Huimanguillo, Tabasco. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

En la Figura 3 se presentan los porcentajes de colonización de las estructuras fúngicas (arbúsculos, esporas, vesículas e hifas) de HMA en las raíces de chile amashito, en los distintos sitios de estudio correspondientes a suelos Acrisoles (A1 a A6) y Fluvisoles (F7 a F10).

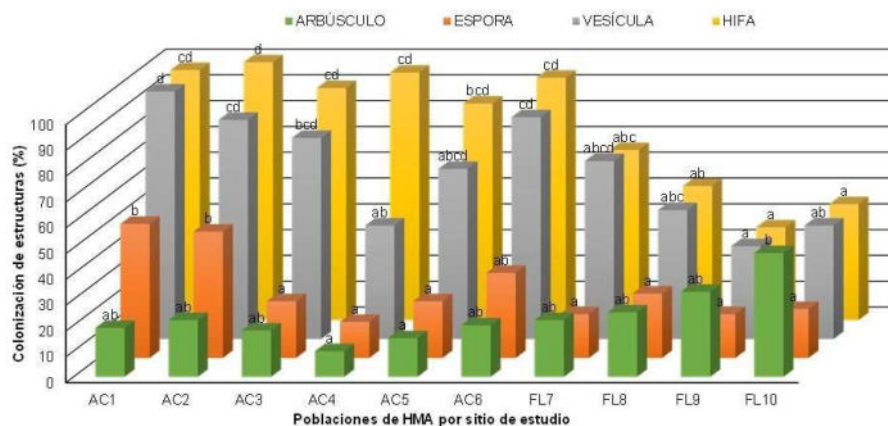


Figura 4. Porcentajes promedio de colonización de hifas, esporas, vesículas y arbúsculos de HMA en raíces de chile amashito, en suelos Acrisol (AC) y Fluvisol (FL) en Huimanguillo, Tabasco. Letras diferentes indican diferencias estadísticas, Tukey ($\alpha = 0.05$). Letras diferentes por población en cada estructura indican diferencias estadísticas significativas, Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

Las hifas mostraron los porcentajes más altos de colonización en todos los sitios, con valores entre 80 % y 100 % en los Acrisoles. Destacan los sitios A1, A2, A3, A5 y F7, con porcentajes cercanos o superiores al 90 %, siendo estadísticamente similares entre ellos. En los Fluvisoles, la colonización por hifas fue generalmente menor, con valores entre aproximadamente 55 % y 75 % en F9 y F10, que también presentan diferencias significativas frente a los Acrisoles.

La colonización por vesículas siguió una tendencia similar, con mayores porcentajes en Acrisoles, especialmente en A1, A2, A3 y F7, con valores entre 85 % y 100 %, todos estadísticamente agrupados similares. En Fluvisoles, la colonización fue menor, con porcentajes entre 50 % y 70 %, presentando diferencias significativas con respecto a los Acrisoles.

Las esporas mostraron porcentajes más variables y en general menores que los valores de hifas y vesículas. Los mayores porcentajes se registraron en A1 y A2 (alrededor del 60 %), que son estadísticamente superiores a sitios como A3, A4, F9 y F10. En Fluvisoles, los porcentajes oscilaron entre 20 % y 35 %, siendo significativamente menores que en Acrisoles.

Finalmente, la colonización por arbúsculos fue la más baja en Acrisoles, con valores que oscilaron entre aproximadamente 10 % y 35 %, siendo estadísticamente diferentes entre sí. En Fluvisoles, los porcentajes fueron mayores, especialmente en F9 y F10, con valores entre 40 % y 55 %, mostrando diferencias significativas con los sitios de Acrisol.

La colonización de HMA en raíces de chile amashito alcanzó hasta el 100 %, superando notablemente los porcentajes reportados en estudios previos. En chile poblano, Almaraz-Suárez et al. (2021) registraron niveles de colonización entre 5.9 % y 35.4 %. Estas diferencias de acuerdo con Polo-Marcial et al. (2025) pueden atribuirse a las variaciones en las condiciones edáficas, el tipo de cultivo, además de las prácticas agrícolas de cada región.



XXXVI

Conclusiones

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Los suelos Acrisoles, ubicados en la zona de lomeríos, presentaron los mayores porcentajes de colonización micorrícica en las raíces de chile amashito, en contraste con los suelos Fluvisoles de la zona de planicie, que mostraron los valores más bajos.

Las plantas de chile amashito establecen simbiosis con HMA, con una colonización radicular del 100 %, lo que lo que sugiere una posible estrategia adaptativa del chile amashito en condiciones edáficas menos favorables.

Referencias bibliográficas

- Almaraz-Suárez, J. J., González-Mancilla, A., Ferrera-Cerrato, R., Rodríguez-Guzmán, M. del P., Taboada-Gaytán, O. R., Hernández-Cuevas, L. V., Alarcón, A., & Trinidad-Santos, A. (2021). Hongos micorrízicos arbusculares en la rizósfera de plantas nativas y su efecto en el crecimiento de chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 571–579.
- De la Cruz-Ricárdez, D., Lagunes-Espinoza, L.C., Soto-Hernández, R.M., Hernández-Nataren, E., Ortiz-García, C.F., Acosta-Pech, R.G. (2024). Phytochemical profile of Capsicum spp. fruits related to ripeness level, shading and harvest season in the Southeast of Mexico. *Chilean journal of agricultural research*, 84(2), 211-224. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392024000200211>
- Noreen, S., Yaseen, T., Iqbal, J., Abbasi, B. A., Farouk Elsadek, M., Eldin, S. M., Ijaz, S., Ali, I. (2023). Morphological and Molecular Characterizations of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Their Influence on Soil Physicochemical Properties and Plant Nutrition. *ACS omega*, 8(36), 32468–32482. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02489>
- Phillips, J.M., Hayman, D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of the infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55, 158-161. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Polo-Marcial, M. H., Goto, B. T., Mora-Aguilar, E., Andrade-Torres, A., Lara-Pérez, L. A. (2025). Outstanding species richness of arbuscular mycorrhizal fungi in Veracruz State in Mexico. *Sydowia*, 77, 1–15. <https://doi.org/10.12905/0380.sydowia77-2025-0001>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

DESARROLLO VEGETATIVO Y GENERATIVO DE ÁRBOLES JÓVENES DE LIMÓN PERSA POR EFECTO DE COBERTERAS VEGETALES Y HARINA DE ROCAS

Sergio Alberto Curti Díaz^{1*}, Rigoberto Zetina Lezama¹, Jaime Rangel Quintos¹, Ángel Ríos Utrera² y Luis Alfonso Aguilar Pérez²

¹ CIRGOC – INIFAP, ² Asesores independientes.

*Autor por correspondencia. curti.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Citrus latifolia*, manejo orgánico.

INTRODUCCIÓN

Existen muchos resultados de investigación en el mundo, que indican que la aplicación irracional de agroquímicos como los herbicidas, fungicidas, insecticidas, fertilizantes (Lekberg *et al.*, 2021 y otros investigadores) afectan negativamente a los procesos biológicos, físicos y químicos del suelo. Estas prácticas repetidas durante décadas en las huertas citrícolas, han venido degradando sus suelos, disminuyendo su fertilidad, así como la cantidad y diversidad de los microorganismos (Lekberg *et al.*, 2021). Afortunadamente, cada vez es mayor la demanda de los usuarios por consumir frutos inocuos, que para conseguirlos se requiere abandonar totalmente el uso de agroquímicos y regresar o cambiar a un manejo orgánico del cultivo, dando énfasis a toda práctica o componente que permita incrementar la materia orgánica, los minerales y microorganismos al suelo (Restrepo y Algreto, 2020 y otros investigadores).

El presente estudio se enfocó en dos componentes que los productores incluyen en el manejo orgánico de sus huertas y se realizó en árboles recién plantados, durante su fase juvenil, etapa mucho menos estudiada en comparación con la atención dedicada a los árboles adultos, que ya están en producción. En Veracruz existen citricultores que han certificado sus huertas como orgánicas; sin embargo, poca investigación se ha hecho para medir los beneficios que se generan con este tipo de manejo; información que es importante para determinar que componentes aportan a una mayor rentabilidad de la huerta y cuales no lo hacen.

Los dos componentes que se evaluaron en este estudio fueron: a) Coberturas vegetales, una de las cuales es la *Canavalia* spp. que, además de desplazar a la maleza (Arvenses), aporta materia orgánica, nutrientes (principalmente nitrógeno), conserva la humedad y la microbiota del suelo. Al respecto, algunos estudios indican que la *Canavalia* favorece la biología del suelo, al conservar la macrofauna (escarabajos, lombrices y otros) y su microflora (hongos), incrementa su fertilidad y mejora las cosechas de los cultivos y b) La aplicación de harina de rocas (HR) como fuente de mineralización para el limón Persa; sobre este componente hay algunas investigaciones en gramíneas y hortalizas; sin embargo, a pesar de que ya se usan en limón Persa y otros cítricos en Veracruz, se desconoce si se han registrado sus beneficios en el desarrollo de los árboles.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de dos coberturas: la *Canavalia* y las Arvenses (hierbas nativas) y dos dosis de harina de rocas en el desarrollo vegetativo y floral de árboles jóvenes de limón Persa. Cabe comentar que, de noviembre de 2023 a octubre de 2024, se presentaron siete brotaciones muy incipientes y heterogéneas, en no más del 30% de las plantas, sin que hubiera diferencia estadística en la cantidad de brotes vegetativos y, menos aún, en la cantidad de flores producidas (Curti-Díaz *et al.*, 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

Duración y descripción del estudio. El estudio se llevó a cabo durante el periodo de junio de 2023 a febrero de 2025, en la localidad Paso de los Carros, municipio de Cotaxtla, Veracruz, México donde el clima es Aw0 y con 750 mm de precipitación pluvial anual. El suelo es franco arcilloso, de pH 6.9 y con 2.9% de materia orgánica. Las plantas de limón Persa, injertadas en patrón limón Volkameriana, fueron establecidas el 30 de marzo de 2023, a 7 m x 4 m (357 árboles/ha).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Factores de estudio. 1) Aportación de materia orgánica con dos coberteras vegetales: *Canavalia* spp. y plantas arvenses. La *Canavalia* se sembró en julio de 2023 y julio de 2024 a una distancia de 30 cm entre plantas y 50 cm entre surcos, dejando un espacio de 50 cm a la planta del limón y su cobertura se mantuvo en campo 6.5 meses después de cada siembra y 2) Harina de rocas. Se usó el producto comercial Minutrér que según su etiqueta contiene: N (3.00%), P (6.47%), K (2.20%), Ca (12.29%), Mg (2.12%), Si (23.50%), Al (5.49%) y pequeñas cantidades de S, Fe, Na, Mn, Zn, B, Cu y Mo. Se compararon dos dosis: 2.5 y 5.0 kg/árbol/año, divididas en cuatro aplicaciones trimestrales, en partes iguales, depositada en un radio de 50 cm a partir del tronco del árbol.

Variables de respuesta. Si bien los tratamientos se aplicaron desde junio de 2023 a enero de 2025, las variables de respuesta consideradas en este estudio, correspondieron a la brotación ocurrida en enero de 2025. En esta brotación, que fue vegetativa y generativa, se presentó la primera floración de mayor intensidad y homogeneidad desde que se plantaron los arbolitos y se registraron las variables siguientes: a) Número total de brotes vegetativos por árbol, b) Número de brotes exclusivamente florales, c) Número de brotes mixtos (con hojas y flores) y d) Número de flores individuales, tanto de brotes exclusivamente florales, como de brotes mixtos, por árbol.

Diseño experimental. Se usó un diseño de tratamientos factorial 2^2 (cuatro tratamientos) y se tuvieron doce repeticiones, usando un árbol por unidad experimental (48 árboles en total). Los datos se analizaron con SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1, usando el procedimiento GENMOD y la Prueba de Ji-cuadrada para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de las coberteras vegetales. La *Canavalia* que se sembró en julio de 2023 y en julio de 2024, tuvo una cobertura del 100% durante el primer año, mientras que, en el segundo año, alcanzó a cubrir entre el 50 y 60% del área sembrada, la cual se mantuvo hasta enero de 2025, cuando ocurrió la brotación en la que se realizó el presente estudio. En ambos casos, la *Canavalia* alcanzó una altura de 50-60 cm, cuyo porte se redujo a 10 cm dos veces en cada ciclo de cultivo, usando una desbrozadora y dejando sus residuos en la base de los arbolitos aledaños. Con ello, se perseguía conseguir dos cosas: la primera fue aportar nutrimentos en la medida en que dicha materia orgánica se fuera descomponiendo por efecto del agua (riego por aspersión o lluvia) y de la temperatura; y, la segunda era guardar la humedad en el área que cubría la copa del arbolito. La desmalezada se hizo al mismo tiempo en todos los tratamientos (con *Canavalia* y con Arvenses); cabe comentar que la *Canavalia* aportó tres veces más materia orgánica que las Arvenses, lo que sugiere que la primera cobertera conservó mejor la humedad del suelo que las segundas (dato no cuantificado).

Brotación vegetativa. Durante la brotación de enero de 2025 se contaron los brotes vegetativos de toda la copa del árbol. La interacción estadística entre los dos factores estudiados fue significativa al usar *Canavalia* y la dosis baja de HR (2.5 kg/árbol/año) al obtener 97.1 brotes vegetativos por árbol (Cuadro 1), cantidad que superó al resto de las interacciones evaluadas. Con las Arvenses se logró una intensidad media de brotes vegetativos, que fue estadísticamente igual, al asociarla a cualquiera de las dos dosis de HR y la menor intensidad de brotación correspondió a la *Canavalia* con la dosis de 5 kg de HR.

Brotación exclusivamente floral. Igualmente, con esta variable, los dos factores interactuaron positivamente, obteniéndose la mayor cantidad de brotes florales sin hojas (114.8), con la interacción de *Canavalia* más la aplicación de 2.5 kg de HR por árbol (Cuadro 2), superando a la cantidad de brotes obtenidos con las interacciones restantes; mientras que el valor más bajo se logró con la interacción de Arvenses con 2.5 kg de HR. El comportamiento con relación al número de flores por árbol fue idéntico al número de brotes florales por árbol (Cuadro 2), donde el uso de *Canavalia* más 2.5 kg de HR produjo 349.8 flores por árbol, valor que fue superior estadísticamente a lo logrado con el resto de los tratamientos e interacciones de los factores estudiados.

Cuadro 1. Brotación vegetativa de árboles jóvenes de limón Persa por efecto de coberteras vegetales y harina de rocas. Enero 2025.

Cobertera	Harina de rocas (kg/año)	Número de brotes por árbol
Arvenses	2.5	62.7 b
Arvenses	5.0	63.8 b
Canavalia	2.5	97.1 a
Canavalia	5.0	51.3 c

^z Kg de harina de rocas dividido en cuatro partes, cada una de ellas aplicada trimestralmente. Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la Prueba de JI Cuadrada al 1 % de probabilidad de error.

Cuadro 2. Brotación generativa de árboles jóvenes de limón Persa por efecto de coberteras vegetales y harina de rocas. Enero 2025^z.

Cobertera vegetal	Harina de rocas (Kg/ año)	Brotación por árbol (sólo flores, sin hojas)	
		Cantidad de brotes	Cantidad de flores
Arvenses	2.5	27.1 d	66.0 d
Arvenses	5.0	39.8 c	188.8 c
Canavalia	2.5	114.8 a	349.8 a
Canavalia	5.0	73.9 b	250.5 b

^z Kg de harina de rocas dividido en cuatro partes, cada una de ellas aplicada cada tres meses. Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la Prueba de JI Cuadrada al 1 % de probabilidad de error.

Brotación mixta (flores y hojas). Con relación a la variable de respuesta de brotes florales mixtos, cabe resaltar que, más que la cobertera vegetal estudiada, fue el efecto que tuvo la aplicación de HR con la dosis de 5 kg/árbol, pues ya sea que con Arvenses (20.5 brotes por árbol) o con Canavalia (18.9 brotes por árbol), dicha dosis fue con la que se logró la mayor cantidad de brotes mixtos, superando a lo obtenido con 5 kg de HR, con cualquiera de las dos coberteras vegetales (Cuadro 3).

Sin embargo, con relación al número de flores procedentes de brotes mixtos, el mayor valor por árbol se obtuvo con la interacción de Canavalia y la dosis baja de HR (68.3 flores por árbol), que superó estadísticamente a la cantidad de flores obtenida con el resto de las interacciones (Cuadro 3). Cabe comentar que cada uno de los 20.5 brotes logrados con Arvenses más 2.5 kg de HR produjo sólo 1.74 flores en promedio; mientras que los 18.9 brotes correspondientes a Canavalia más 2.5 kg de HR produjeron 3.61 flores por brote, lo que explica los resultados estadísticos entre ambas variables (número de brotes vs número de flores)

DISCUSIÓN

Es importante hacer notar que la presente floración, a los 21 meses de edad de los árboles de limón Persa, ha sido la de mayor intensidad conseguida en estos árboles, pues las cantidades más altas de flores por árbol registradas en brotaciones anteriores no superaron las cinco flores por árbol en promedio de todo el



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

experimento (Curti-Díaz *et al.*, 2024); entonces esta es la floración que los productores consideran como la primera más importante, la cual generalmente ocurre alrededor de los dos años de edad.

Cuadro 3. Floración mixta de árboles jóvenes de limón Persa por efecto de coberteras vegetales y harina de rocas. Enero 2025^z.

Cobertera vegetal	Harina de rocas (Kg/ año)	Brotación mixta por árbol (Flores y hojas)			
		Cantidad de brotes		Cantidad de flores	
Arvenses	2.5	20.5	a	35.7	c
Arvenses	5.0	9.9	b	42.7	b
Canavalia	2.5	18.9	a	68.3	a
Canavalia	5.0	5.8	c	29.4	d

^z Kg de harina de rocas dividido en cuatro partes, cada una de ellas aplicada cada tres meses. Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la Prueba de JI Cuadrada al 1 % de probabilidad de error.

Con relación a los resultados de las variables registradas por árbol, tanto de brotes vegetativos, como brotes generativos (exclusivamente florales o mixtos) y de flores, es muy clara la tendencia de que con Canavalia con la dosis baja de HR, se obtuvieron los valores más altos, por lo que indica que esta es la combinación que puede sugerirse a los productores que estén iniciando una nueva plantación de limón Persa. Mientras que, con la asociación de Arvenses con cualquier dosis de HR, pero principalmente con la de 2.5 kg, se obtuvieron los valores más bajos en las variables citadas, con excepción de la cantidad de brotes mixtos (20.5 brotes por árbol), pero que produjeron pocas flores (35.7 flores por árbol) en comparación con lo obtenido con Canavalia (18.9 brotes, que produjeron 68.3 flores por árbol, Cuadro 3). Independientemente de ello, es necesario comentar dos aspectos:

a) Aunque no se tuvieron registros de temperatura y humedad del suelo, los resultados sugieren que ambos aspectos fueron importantes durante este estudio. Se sabe que para que un árbol de cítricos florezca, se requiere un periodo seco, un periodo de temperaturas frescas o ambos y parece ser que en esta floración fue de mayor relevancia las temperaturas frescas de inicios del invierno y, por otra parte, la mayor humedad que pudo aportar la Canavalia, al ser incorporada a la base del tronco en cantidades tres veces mayores que con las Arvenses, también fue relevante para producir más brotes y de mejor calidad (brotes con más flores) en comparación con la humedad que pudieron aportar las arvenses y

b) ¿Cómo explicar que la dosis baja de HR haya dado mejores resultados que la dosis alta? No se encontró información que pueda explicar esta respuesta, pero los resultados obtenidos por Chilon-Camacho y Chilon-Molina (2014) que aplicaron HR a plántulas de maíz, obtuvieron mayor porcentaje de materia seca y peso fresco de dichas plántulas, con la dosis baja de HR en comparación con lo logrado con su dosis alta, sin dar alguna explicación sobre este comportamiento; aunque con resultados diferentes para otras variables, como peso seco y altura de planta. Por otra parte, cabe comentar que la aplicación de HR, en dosis baja y alta, se hizo en un radio de 50 cm a partir del tronco del árbol durante los dos años, lo que sugiere que una mayor cantidad de HR aplicada en la misma área de suelo, considerando la lenta solubilidad de sus nutrimentos (Enciso-Garay *et al.*, 2016), haya causada algunas incompatibilidades entre los nutrimentos de la misma HR o de éstos, con los del suelo original y que no haya ocurrido así, cuando se aplicó la dosis baja de HR (50%). Otra posible causa pudo estar relacionada con la actividad microbiológica del suelo, pues es sabido que las HR tiene capacidad para estimular la actividad microbiológica del suelo y acelerar la descomposición de la materia orgánica (MO) (Chilón y Chilón, 2014 y otros). En suelos con bajo contenido de MO, como los registrados en el suelo del presente estudio, con un promedio de 1.2% y escasa actividad microbiana, la aplicación de HR favorece el desarrollo de comunidades microbianas. Este efecto se ve potenciado cuando se utiliza Canavalia como cultivo de cobertura, debido a su capacidad de fijación biológica de nitrógeno que los abastece de alimento (MO y N). Con base a lo anterior, puede suponerse que dosis elevadas de HR generan un efecto negativo temporal



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

sobre el cultivo, debido a que el crecimiento acelerado de la biomasa microbiana, estimulado por la HR, provoquó una retención biológica de nitrógeno y con ello se redujo la intensidad de floración.

Por último, cabe indicar que la respuesta obtenida con Canavalia y la dosis baja de HR fue precisa y estadísticamente fuerte; pero la respuesta incierta de la dosis alta de HR, sugiere continuar con la investigación, preferentemente en los mismos árboles, pues el comportamiento de la brotación vegetativa, floral y reproductiva en los árboles adultos, es más homogéneo que en los árboles en su etapa juvenil; así también, sería importante ampliar el área de aplicación de las HR de acuerdo con el tamaño del árbol, y realizar análisis físico-químicos del suelo y el follaje, pues dicha información sería importante para poder explicar y fundamentar técnicamente la respuesta de los tratamientos.

CONCLUSIONES

La Canavalia asociada a la dosis baja de Harinas de Rocas logró un mejor desarrollo vegetativo y generativo de las plantas jóvenes de limón Persa, por lo que pueden recomendarse a los productores que estén iniciando sus huertas con dicha especie.

AGRADECIMIENTOS. La presente investigación fue financiada con recursos fiscales del INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chilon-Camacho, E. y J. Chilon-Molina. 2014. Compost altoandino e interacción con harina de rocas y su efecto en las plantas y la fertilidad de suelos. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 3, 21.
- Curti-Díaz, S. A., R. Zetina-Lezama, L. A. Aguilar-Pérez, J. Rangel-Quintos, S. Martínez-Ortiz, A. Sánchez-Pacheco, N. Benítez-Tejeda y L. J. Gómez-Godínez. 2024. Desarrollo vegetativo de plantas juveniles de limón Persa (*Citrus latifolia* tan.) con coberteras vegetales y harina de rocas. In: XXXVI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Veracruz. 2024. Pp. 960-973.
- Enciso-Garay, C. R., O. Duarte A., G. Abrahám B. y V. R. Santacruz O. 2016. Dosis de polvo de roca y sus efectos sobre el rendimiento del tomate. *Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável*, 11 (1), 6.
- Lekberg, Y., C. A. Arnillas, E. T. Borer, L. S. Bullington, N. Fierer. P. G. Kennedy, ...and J. A. Henning. 2021. Nitrogen and phosphorus fertilization consistently favor pathogenic over mutualistic fungi in grassland soils. *Nature communications*, 12 (1), 1-8.
- Restrepo R., J. and D. Algreto E. 2020. Mierda a la carta. Un nuevo ABC de la agricultura orgánica. Santiago de Cali, Colombia. 482 p.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

DISEÑO Y EFICIENCIA DE TRAMPAS ARTESANALES PARA CAPTURA DE *ORTHOGEOMYS HISPIDUS* (RODENTIA: GEOMYDAE) EN PLÁTANO

Pablo Ulises Hernández-Lara^{1*}, Diana Rubi Ramos-López², Sergio Salgado Velázquez¹ y Ángel Ernesto Morales-Rodríguez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP- CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas, C.P. 86400, Huimanguillo Tabasco, México.

²Universidad Popular de la Chontalpa - División Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería. CA-QVyDS. Carretera Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco. CP. 86500.

*Autor para correspondencia: hernandez.ulises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Alternativa de Control, Efectividad, Instalación

Introducción

Las tuzas, taltuzas o geómidos (Rodentia: Geomyidae), son una familia de roedores excavadores que reciben su nombre por las bolsas externas de sus mejillas que usan para transportar alimento, materiales para anidar y suelo excavado. Son herbívoras y se alimentan de una amplia variedad de vegetación, pero generalmente prefieren plantas herbáceas y arbustos. Usan su olfato para localizar alimento (Baldwin, 2019). Debido a sus hábitos hipogeos y comportamiento subterráneo, en la actividad agrícola los daños se relacionan con el consumo de raíces, rizomas y cortezas de tallos que se encuentran al excavar, además, provocan pérdidas del recurso suelo por acción de la erosión, debido a que los montículos de suelo que forman quedan sueltos y expuestos en la superficie. A veces se alimentan en la superficie, aventurándose a solo una distancia cercana a la boca del túnel. Las tuzas son conocidas por los agricultores debido a los daños que producen en los cultivos, cercas vivas y jardines, además afectan los sistemas de riego, cañerías y cableado. Asimismo, roen o muerden las líneas de riego y líneas eléctricas. Los montículos pueden dañar el equipo de corte o afectar las prácticas de cultivo. Los túneles pueden desviar el agua de riego reduciendo la uniformidad y aumentando la erosión. El daño causado por estos mamíferos puede ser muy significativo y cuantioso (NCAT, 2018). El cultivo de plátano en la zona productora de Cucuyulapa, municipio de Cunduacán, Tabasco, es de mucha importancia por la superficie sembrada, el beneficio a la economía local de las familias y por la generación de empleos que el cultivo ofrece. Actualmente se han observado numerosos nidos de tuzas en áreas de cultivo, las cuales ocasionan daños cuantiosos, siendo roedores de importancia económica por los daños que causan. Existen dos alternativas para bajar las poblaciones y son, reducir su número o hacer a las plantas que consumen y a los suelos donde cavan sus madrigueras menos atractivos y accesibles. Son pocos los métodos de control que existen para la captura de estos animales. De forma natural, los depredadores como serpientes, coyotes, perros, gatos y aves se alimentan de las tuzas. Rara vez eliminan a sus presas, pero provocan que se desplacen a otros lugares ahuyentándolas. Otros métodos de control es el uso de ruido, humo e inundación obligándolas a salir de sus madrigueras (Baldwin, 2019). Los productores por lo general aplican el control químico (cebos, fumigación) y los usan una vez que surge el problema, sin embargo, tienen un fuerte impacto en los ecosistemas, además de no ser completamente efectivos (Chávez, 2017). Las altas poblaciones de tuzas obligan a productores a tomar medidas para su manejo y control de un modo más amigable y menos agresivo con el ambiente, optando por la implementación e instalación de trampas elaboradas con recursos locales y de bajo costo. El objetivo del presente estudio fue diseñar y elaborar trampas artesanales de "vara" para la captura de tuzas y evaluar la efectividad en una zona productora de plátano en Tabasco.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en Cucuyulapa, Cunduacán, Tabasco, México (Figura 1), en una huerta comercial de plátano macho c.v criollo de 1 hectárea intercalada con plátano dátil. El área se localiza en las coordenadas 17° 58', 23.2" N; 93°, 14', 32.2" W. Esta zona, como en la mayor parte del territorio tabasqueño (95%), presenta clima cálido húmedo con temperatura promedio anual que varía de 25 a 27°C, prevaleciendo el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) (García, 1973).

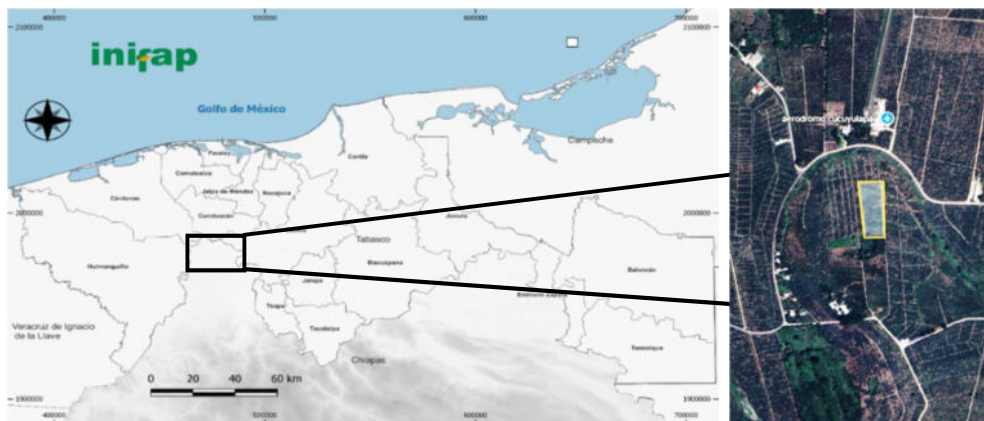


Figura 1. Ubicación geográfica del Estado de Tabasco y delimitación de la huerta comercial de plátano macho c.v criollo. Elaboración propia con datos de INEGI (2024).

Aspectos para asegurar el éxito de las trampas. 1. Selección de sitios específicos de trampeo: se seleccionaron áreas con presencia de montículos superficiales de tierra fresca. 2. Preparación de túneles: se dejó abierta la boca del mayor número posible de túneles un día previo a la instalación de trampas. 3. Instalación de trampas: en este estudio se utilizó la trampa artesanal de “vara” que se distingue por ser simple de operar, fácil de armar y barata para construir (FHIA, 2005).

Procedimiento de trampeo

El procedimiento de trampeo se realizó de acuerdo a Cengicaña 2010, con algunas modificaciones (Figura 2 a, b, c, d y e).



Figura 2. a). Prototipo de trampa tipo “vara”, b). Manejo del alambre, c). Apertura de la boca del túnel, d). Colocación del activador o cebo a base de peciolo de papaya y d). Colocación y arqueado de la vara.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Variables a evaluar. Las variables que se registraron en el estudio fueron: 1). Eficiencia de captura, 2). Eficiencia de captura durante las primeras 72 h y 3). Costos de producción.

Resultados y discusión

La eficiencia de la trampa tipo “vara” durante su vida útil fue mayor al 70% dado que en 1 hectárea aproximadamente coexisten 60 individuos, quiere decir que aproximadamente 42 de estos individuos serán capturados. La trampa es un método eficaz y económico y se elabora con materiales locales siendo cada vez más común la implementación en zonas plataneras y en otros cultivos tropicales como lo es caña de azúcar, piña y cítricos. Las características de trampas tipo “vara”, así como sus ventajas y desventajas se señalan en el Cuadro 1 y Cuadro 2, respectivamente.

Cuadro 1. Características de trampas tipo “vara”.

Características	Descripción
Eficiencia de captura	70% de efectividad durante la vida útil
Eficiencia de captura (primeras 72 horas)	El 80% se capturan durante los primeros tres días
Costo por trampa	\$10.00
Costo por tuza capturada	\$150.00 a \$200.00

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de trampas tipo “vara”.

Ventajas	Desventajas
Fácil de armar	Solamente captura adultos
Se elabora con materiales accesibles y de bajo costo	Solo se puede colocar en los puntos de alimentación
No contamina	Requiere de capacitación y experiencia para la elaboración e instalación
Puede permanecer por más de 15 días en campo	Requiere de la inversión de un tiempo moderado para la elaboración e instalación
El porcentaje de evasión es bajo	
Es efectiva en cualquier época del año	
Permite comprobar la efectiva eliminación de los roedores	

Conclusión

Los resultados comprobaron la efectividad de la trampa de vara mostrando entre un 70 y 80% de control, además de manifestar ventajas competitivas contra el manejo convencional, ya que pueden permanecer por más de 15 días en campo, el porcentaje de evasión es reducido y no contaminan el ambiente. Al ser una herramienta elaborada con materiales locales, los costos de producción son bajos, alrededor de \$10.00 por trampa, comparado con el alto costo de productos químicos sin mencionar el daño que ocasionan. En



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

general, se corroboró que la trampa de vara se arma fácilmente, es económica y sobre todo efectiva, así mismo, se sugiere continuar realizando estudios en campo para comprobar la aceptación de la trampa tipo “vara” por los productores. Finalmente, se observó que la tuza es un grave problema en el municipio de Cunduacán, lo que ha llevado a la implementación de nuevos métodos más amigables y efectivos como alternativa al control convencional para el combate de esta plaga que afecta al cultivo de plátano.

Referencias bibliográficas

Baldwin RA. 2019. Notas sobre plagas de UC IPM: Tuzas. Publicación UC ANR 7433. Oakland, California.
Chávez-León, G. 2017. Procedimientos de campo para estimar la abundancia, daños e identificar tuzas en plantaciones de hule. Folleto Técnico Núm. 22. INIFAP. Coyoacán, Ciudad. de México. México. 44 p.
FHIA (Federación Hondureña de Investigación Agrícola). (2005). Control de taltuzas (*Orthogeomys* spp.) en cultivos de banano y plátano dentro de plantaciones de café. La Lima, Cortés, Honduras. 11 p.
García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 246pp.
NCAT (Centro Nacional de Tecnología Apropiada). (2018). Tuzas: Hojas de Datos de Manejo Integrado de Plagas. ATTRA Agricultura Sustentable. p. 4.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

INSECTOS POLINIZADORES EN EL CULTIVO DE *ZEa MAYS* L. EN TABASCO

Estefanía Gallegos-Jiménez¹, Karina Pedraza-Cundafé¹, Dante Sumano-López^{2*}, Maria del Carmen Silverio Gomez², Sabel Barron Freyre² Mario Rodríguez-Cuevas¹

¹Universidad popular de la Chontalpa, Km 2 S/N, Ranchería, Invitab Paso y Playa, CP. 86556, Cárdenas, Tab.

²Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo. Km 1. Carretera Huimanguillo-Cardenas, Huimanguillo, Tabasco. CP. 86400

Autor para correspondencia: sumano.dante@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fecundacion, Produccion, Agroecologia

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Este es perteneciente a la familia de las *Poáceas* (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género (Acosta, 2009). Hasta el día de hoy, México cuenta con 64 razas de maíz, de las cuáles se han identificado hasta 59 razas diferentes que son consideradas nativas de México, clasificadas en función de sus características morfológicas e isoenzimáticas. (SADER, 2023)

En México en 2023 se sembraron 6,941,031.12 millones de hectáreas de las cuales se obtuvo un rendimiento de cosecha alrededor de 27,549,917.53 millones de toneladas. En cuanto el Maíz destinado para forraje se sembraron 548,750.80 mil hectáreas de las cuales se obtuvo un rendimiento de cosecha de 15,431,671.36 millones de toneladas con fines de ensilaje para la alimentación de animales en México (SIAP, 2023).

En 2024 en el estado de Tabasco, se sembraron un total de 258, 582.53 mil hectáreas, obteniendo una cosecha de 255, 538.13 toneladas (SIAP, 2024). Actualmente el cultivo de maíz sigue predominando, siendo el cultivo más importante culturalmente en México siendo usado en ceremonias religiosas (SADER, 2023a). Su importancia trasciende el ámbito alimentario, ya que no solo constituye un alimento básico en la dieta diaria de la población, sino que también desempeña un papel crucial en la alimentación de animales domésticos

La polinización es la transferencia de granos de polen de la parte masculina de una flor (antera) a la parte femenina (estigma) de otra o de la misma flor. (CONABIO, 2022). Aproximadamente se han descrito cerca de 20, 500 especies de abejas, es probable que la cantidad sea subestimada, esto hace que sean el mayor grupo con diversidad y abundancia de especies visitantes florales de todos los ecosistemas naturales en el mundo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER] et al., 2021).

Aunque todas las especies de abejas juegan un papel importante para los ecosistemas, las abejas *Meliponas* destacan por el gran papel que desempeñan como polinizadoras de un sinnúmero de especies de plantas silvestres y su gran potencial para alternativas de polinización comercial (Hernández & Melgar, 2022). En Tabasco, existen un gran diversidad de entomofauna que no esta considerada como polinizadores de los cultivos de importancia, por el contrario, en algunos casos, son considerados indeseables.

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación fue identificar los principales familias y géneros de insectos polinizadores en maíz en Huimanguillo Tabasco.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de investigación se realizó en el Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo, en un cultivo de maíz de 0.5 ha en el ciclo primavera verano (PV).

El clima de la zona es cálido húmedo, con promedio anual de 2,290 mm y una temperatura media de 26.5 °C. Los muestreos se realizaron al momento de la madurez de las espigas masculinas en la etapa de floración (80 días). Se utilizaron redes entomológicas, haciendo recorridos al azar en la plantación en las primeras horas de la mañana (7 a 10 horas), debido a que durante este tiempo, los insectos presentan la mayor cantidad de actividad. Los organismos capturados, fueron puestos en frascos de vidrio de boca ancha con alcohol al 70%, para su traslado al laboratorio de entomología del INIFAP Campo Experimental Huimanguillo.

Los especímenes fueron clasificados por orden. Para la identificación se utilizaron claves dicotómicas y de literatura especializada, esto con apoyo de un microscopio estereoscópico marca Swift modelo 740197.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante los muestreos realizados se capturaron un total de 115 insectos polinizadores, defoliadores, depredadores y chupadores, pertenecientes a 16 familias diferentes, las cuales se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Insectos capturados en el cultivo de maíz del CE. Huimanguillo.

	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Nº DE EJEMPLARES	FUNCION
1	Coleoptera	Cantharidae	<i>Chauliognathus</i>	2	Polinizador
		Coccinellidae	<i>Cycloneda</i>	6	Depredador
2	Hymenoptera	Apidae	<i>Melipona</i>	22	Polinizador
			<i>Apis</i>	33	Polinizador
		Vespidae	<i>Parachartergus</i>	1	Polinizador
			<i>Polybia</i>	10	Polinizador
			<i>Polistes</i>	1	Polinizador
3	Hemiptera	Reduviidae	<i>Zelus</i>	9	Depredador
			<i>Apiomerus</i>	1	Depredador
		Delphacidae	<i>Metadelphax</i>	7	Plaga
		Phymatidae		1	Depredador
4	Diptera	Ulidiinae	<i>Euxesta</i>	3	Plaga
		Tachinidae	<i>Exorista</i>	1	Parasitoide
		Dolichopodidae	<i>Condyllostylus</i>	1	Polinizador
		Muscidae	<i>Musca</i>	2	No causa daño
			<i>Salpingogaster</i>	1	No causa daño
		Syrphidae	<i>Melanostoma</i>	2	Polinizador
			<i>Toxomerus</i>	4	Polinizador
5	Lepidoptera	Nymphallidae	<i>Adelpha</i>	1	Polinizador
			<i>Anartia</i>	1	Polinizador
6	Mantodea	Mantidae	<i>Mantis</i>	1	Depredador
7	Orthoptera	Acrididae	<i>Dissosteira</i>	1	Plaga



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

8	Odonata	Libellulidae	Tramea	1	Depredador

Como se menciona en el Cuadro 1, la mayor cantidad de insectos, son abejas, pertenecientes a los géneros *apis* y *melipona*. Lo cual para el caso de las abejas melíferas, son las polizadoras conocidas por excelencia. Sin embargo, las abejas sin aguijón o meliponas, son un genero que poco a se ha estudiado en el estado de Tabasco. Esto perdió relevancia desde el punto de vista economico, dado que la produccion de miel es inferior en comparacion con otras especies de abejas. Tabasco cuenta con una gran riqueza de este tipo de abejas, que hasta la fecha son utilizadas de manera artesanal (Chan et al., 2019), existen al menos tres familias de abejas sin aguijón (Figura 1) registradas en Tabasco (Moreno-Jimenez et al., 2017), además de las abejas melíferas comerciales.

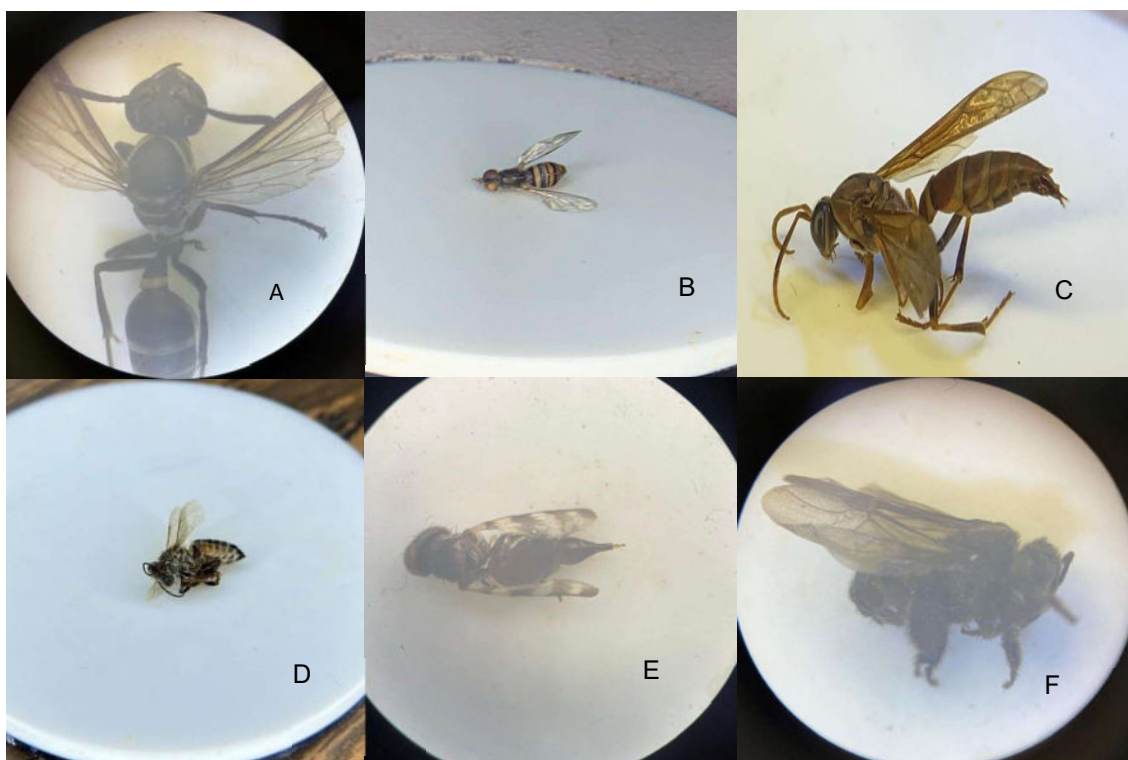


Figura 1. Generos de insectos localizadas polinizando en el cultivo de maíz A) *Polybia*, B) *Toxomerus* C) *Polistes* D) *Apis Melifera* E) *Euxesta* F) *Melipona*

También se encontraron ejemplares de la familia vespidae (Figura 1). Si bien en este caso, estas en muchas ocasiones no son consideradas como polizadoras, ya que son depredadoras, mismas que puede inferir que al momento de capturarlas, estas se encontraban en búsqueda de alimento. Por lo tanto, estas pueden realizar de manera colateral la polización de las plantas al momento de la depredación.

Así mismo, en el cultivo estos depredadores también pueden encontrar una fuente de agua disponible principalmente en horas de la mañana, donde es posible la condensación de la humedad relativa, convirtiéndose en rocío y este disponible para estos insectos

El uso constante de plaguicidas, disminuye poblaciones de insectos que son considerados plagas para el cultivo de maíz. Lo que afecta de manera directa el comportamiento no solo de los organismos objetivo, también lo hace con aquellos organismos que forman parte del ecosistema.

Si bien, para el caso del maíz, el mayor polinizador considerado es el viento, es decir es anemófilo, ya que está documentados, que el polen puede viajar a hasta 500 m a partir de una planta donadora. Sin embargo, muchas veces la maduración de las partes florales no son sincronicas, lo que permite los insectos realizar la polinización utilizando polen de otras plantas aledañas que sin esta maduras para tal efecto.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

El cultivo de maíz, principalmente en la etapa de floración, representa un punto de encuentro de entomofauna beneficiosa y depredadora, al brindar condiciones adecuadas de interacción entre las especies de insectos (Figura 1).

Sin embargo no solo es posible encontrar plantas de maíz en un cultivo, ya que las arvenses, son parte innegable de este, las cuales de la misma manera, forman parte del agrosistema, funcionando como hospederos de la entomofauna, permitiendo que se desarrollen según su ciclo biológico de cada una de ellas.

Estas interacciones de organismos, permiten de manera natural, que se realice un manejo ecológico, al conjuntar depredadores, presas y fitófagos, los cuales dentro de las cadenas tróficas generan un equilibrio interespecies.

Esto no solo resulta beneficioso para el cultivo, si no también para las plantas aledañas, generando una distribución de especies dentro del cultivo como fuera, desarrollando una diversidad de especies presentes, que posteriormente fomenta un manejo ecológico natural que permite evitar una homogeneidad de especies, que puede convertirse en un problema de manejo, lo cual es característico de los monocultivos. La cantidad de polinizadores encontrados, además de ser ajenos al cultivo de maíz, están directamente relacionados con la cantidad de flora que se encuentra en los alrededores del Campo Experimental Huimanguillo, que cuenta con una gran biodiversidad que facilita dichas interacciones.

CONCLUSION

Se identificaron 16 géneros de insectos que se consideran polinizadores en el cultivo de maíz.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado a través del proyecto “Establecimiento de un jardín Etonobiológico en el Campo Experimental Huimanguillo del estado de Tabasco con No. SIGI:11201136700 financiado por la Secretaría de Ciencias, Humanidades Tecnología e Innovación, para así contribuir a la conservación de la biodiversidad del estado de Tabasco

REFERENCIAS

Chan-Mutul, G.A., Vera-Cortés, G., Aldasoro-Maya, E.M. & Sotelo-Santos, L.E. (2019). Retomando saberes contemporáneos. Un análisis del panorama actual de la meliponicultura en Tabasco. *Estudios de cultura maya*, 53, 289-326. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2019.53.947>

FAO. (2025). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2025). Acción Global sobre los Servicios de Polinización para una agricultura sostenible. <https://www.fao.org/pollination/es/>. Consultado en julio de 2025

Hernández-Rodríguez, D., & Melgar-Lalanne, G. (2022). Abejas 100% mexicanas. *Conversus*, 153, 35-37. <https://drive.google.com/file/d/1c-mcS7eOi-1R2ny2NgSTUMrkC8oYy2wn/view>

Moreno-Jimenez, M., Sanchez-Soto, S., Garcia-Lopez, E., Romero-Napoles, J., Knowlton, J.L., Phifer, C., Flaspohr, D. & Jimenez-Mendez A.J. (2017). Diversidad y abundancia de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en agroecosistemas de palma aceitera y pastos cultivados, en Tabasco, México. *Revista Nicaraguense de Entomología*, 17, 1-20.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO] y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CO-NANP]. (2021). Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/629650/Diagnostico_calidad_media.pdf



BIOTECNOLOGÍA



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

DIVERSIDAD GENÉTICA EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH PARA GENES CANDIDATOS ASOCIADOS A CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS

Yoselin Landero-Pérez^{1*}, Mireya Martínez-Rodríguez¹, Vicente Eliezer Vega-Murillo², Cesar Gilberto Luna-Azuara², Katia Rivera-Ramón²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez

²Universidad Veracruzana Autor para correspondencia: 192S1033@egresados.ujat.mx

Palabras clave: SNP, heterocigosidad, FST

Introducción

Los avances en la reproducción asistida han mejorado la eficiencia reproductiva en bovinos, siendo la fertilidad un rasgo crítico para la industria ganadera (Stegemiller et al., 2021). Las características reproductivas impactan directamente en la rentabilidad, influenciadas por el uso de semen, inseminación artificial y la precocidad reproductiva de las hembras.

Conocer la variabilidad genética es esencial para diseñar programas de selección efectivos y estimar el valor genético de los animales (Ríos-Utrera et al., 2013). Tecnologías como la inseminación artificial, la criopreservación y la producción in vitro de embriones han permitido la generación de animales con alto valor genético (Bollwein & Malama, 2023; Rosete Fernández et al., 2021).

La genética molecular y la genómica han revolucionado el mejoramiento genético, facilitando la identificación de genes clave en la reproducción y producción (Parra-Bracamonte et al., 2011). Estos avances han incrementado la confiabilidad de las evaluaciones genéticas, reduciendo el intervalo generacional y aumentando la eficiencia productiva (Ríos Utrera et al., 2021). Comprender la base genética de la diversidad fenotípica sigue siendo uno de los mayores desafíos de la biología actual (Andersson & Georges, 2004).

Objetivo: Evaluar la diversidad genética en ganado *Simmental* y *Simbrah* mediante polimorfismos de nucleótido único (SNP) asociados a características reproductivas.

Determinar las frecuencias alélicas y genotípicas de SNPs en ambas razas. Comparar índices de heterocigosidad y diferenciación genética entre poblaciones.

Materiales y métodos

Muestreo

Se recolectaron muestras sanguíneas de 547 animales *Simmental* y 583 *Simbrah* registrados en la Asociación Simmental Simbrah Simmangus de México, provenientes de 17 estados del país. Las muestras fueron depositadas en tarjetas FTA Elute y enviadas al laboratorio GENESEEK (Nebraska, EE.UU.) para la extracción de ADN y genotipado.



XXXVI

Genotipado

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

El genotipado se realizó utilizando el panel Bovine Genotyping BeadChip (Geneseek® GGP Bovine 150K), con tecnología Illumina, que incluye aproximadamente 150,000 SNP.

Control de calidad

Se aplicaron filtros para excluir SNP con tasa de llamado menor a 90%, frecuencia alélica menor (MAF) a 0.02 y desviaciones significativas del equilibrio de Hardy-Weinberg ($p < 10^{-6}$). Solo se consideraron SNP autosómicos. El control se llevó a cabo con el software PLINK v1.07.

Análisis

Se estimaron frecuencias alélicas y genotípicas, heterocigosidad observada (H_o) y esperada (H_e), y se evaluó el equilibrio Hardy-Weinberg. Para comparar la diferenciación genética entre razas, se calculó el índice de fijación de Wright (FST) usando el método de Weir y Cockerham. Todos los análisis se realizaron con PLINK v1.07.

Resultados y discusión

De la totalidad de animales y marcadores utilizados en el estudio, un total de 24 marcadores y 48 ejemplares pasaron el control de calidad. Estos ejemplares incluían 24 de la raza Simmental y 24 de la raza Simbrah, seleccionados de una población inicial de 547 de ganado Simmental y 583 de la raza Simbrah, lo que permitió realizar una comparación entre las dos poblaciones.

Las frecuencias alélicas y genotípicas de los 24 SNP asociados a características reproductivas revelaron que algunos loci presentaron diferencias notables entre las razas. Por ejemplo, el marcador BovineHD0300035237, relacionado con la edad al primer parto, mostró una frecuencia del alelo T de 0.94 en *Simmental* y 0.67 en *Simbrah*, con un índice de fijación de Wright (FST) de 0.21, lo que indica una diferenciación moderada entre ambas razas. En general, los valores de FST oscilaron entre 0.00 y 0.21, con un promedio de 0.04, lo que refleja una baja diferenciación genética global entre las poblaciones analizadas.

De los 24 marcadores, nueve presentaron frecuencias alélicas superiores a 0.60 en ambas razas, lo que sugiere una posible selección convergente para ciertas características reproductivas. Estos SNP se relacionaron con parámetros como la tasa de preñez, vida productiva de la vaca, intervalo entre partos y concepción, y podrían representar regiones genómicas de interés para selección genética.

En cuanto al equilibrio Hardy-Weinberg (EHW), la mayoría de los marcadores no mostró desviaciones significativas, lo que indica estabilidad en la estructura genética para esos loci. Sin embargo, se identificaron seis SNP con desviaciones significativas ($p < 0.05$), entre ellos ARS-BFGL-NGS-115980, BovineHD1100000394 y BovineHD1700011952, lo que sugiere que estos loci podrían estar sujetos a presión de selección o a estructuras poblacionales no aleatorias. En estos casos, se observaron diferencias notables entre la heterocigosidad observada (H_o) y la esperada (H_e).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Raza	CHR	SNP	p	q	FST	Característica
Simmental Simbrah	21	ARS-BFGL-NGS-115062	0.90 0.91	0.10 0.09	0	Reproductivas
Simmental Simbrah	26	ARS-BFGL-NGS-115980	0.61 0.72	0.39 0.28	0.023	Reproductivas
Simmental Simbrah	3	BovineHD0300035237	0.94 0.67	0.06 0.33	0.21	Edad primer parto
Simmental Simbrah	4	BovineHD0400008600	0.64 0.75	0.36 0.25	0.03	Pregnancy rate and cow productive life
Simmental Simbrah	13	BovineHD1300023602	0.68 0.70	0.32 0.30	0.00	Cow conception rate (CCR)
Simmental Simbrah	15	BovineHD1500021362	0.85 0.66	0.15 0.34	0.09	Pregnancy rate and cow productive life
Simmental Simbrah	17	BovineHD1700011952	0.84 0.60	0.16 0.40	0.13	Intervalo entre parto
Simmental Simbrah	19	BovineHD1900002007	0.87 0.69	0.13 0.31	0.09	Intervalo entre parto
Simmental Simbrah	25	BovineHD2500003462	0.60 0.65	0.40 0.35	0.00	Intervalo entre parto

Cuadro 1 Marcadores con Frecuencias Alélicas Mayores a 0.60 en Ambas Poblaciones

Se analizaron frecuencias alélicas de los polimorfismos de nucleótido único (SNP), diferenciación genética entre las poblaciones de ganado Simmental y Simbrah. Aunque las frecuencias alélicas de los polimorfismos de nucleótido único (SNP) fueron utilizadas para calcular los índices de diferenciación genética entre poblaciones (F_{ST}) que pueden ser indicadores para características asociadas a la reproducción.

De acuerdo con los resultados que fueron obtenidos de la frecuencia de alelo menor (MAF), estos concuerdan con lo establecido por (Ortega et al., 2017a), en el cual los valores bajos de MAF suelen estar relacionados con una alta mezcla genética y objetivos de selección enfocados en características similares en diferentes poblaciones. Por otro lado, (Trujano-Chavez et al., 2022), al analizar SNPs asociados a fertilidad en ganado Holstein, reportaron patrones de baja diferenciación debido a prácticas de selección compartidas. Estos resultados destacan la importancia de considerar SNPs con variaciones significativas como reproductivas de interés. Los resultados del equilibrio de

Hardy-Weinberg mostraron que, en su mayoría, los marcadores no presentaron una desviación significativa entre la heterocigosis observada (H_o) y la esperada (H_e).

De los 24 marcadores evaluados, solo nueve presentaron frecuencias alélicas superiores a 0.60 en ambas razas, lo que sugiere una posible selección convergente. Este hallazgo es consistente con estudios previos de (Ortega et al., 2017b) y (Trujano-Chavez et al., 2022), quienes obtuvieron frecuencias alélicas significativas en SNPs relacionados con características reproductivas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos evidencian una baja diferenciación genética entre las poblaciones de ganado Simmental y Simbrah para los SNP analizados, lo que indica poca diversidad genética en los marcadores



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

asociados a características reproductivas. Esta información es útil para diseñar estrategias de conservación genética y programas de mejoramiento reproductivo en ganado bovino en México.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos a la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Simmental y Simbrah, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por su apoyo en la realización de este estudio. Financiado con recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. ASOCIACION MEXICANA SIMMENTAL SIMBRAH. (s. f.). Recuperado 24 de junio de 2024, de https://www.simmentalsimbrah.com.mx/historia_simbrah.html
2. Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M. A. R., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P. I. W., Daly, M. J., & Sham, P. C. (2007). PLINK: A Tool Set for Whole-Genome Association and Population-Based Linkage Analyses. *American Journal of Human Genetics*, 81(3), 559. <https://doi.org/10.1086/519795>
3. Raza bovina FLECKVIEH. (s. f.). Recuperado 22 de febrero de 2024, de <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/bovino/fleckvieh/default.aspx>
4. Ríos Utrera, Á., Martínez Velázquez, G., Calderón Chagoya, R., Montaña Bermúdez, M., Vega Murillo, V. E., Ríos Utrera, Á., Martínez Velázquez, G., Calderón Chagoya, R., Montaña Bermúdez, M., & Vega Murillo, V. E. (2021). Logros, retos y perspectivas de la investigación en mejoramiento genético de bovinos productores de carne en el INIFAP. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 1-22. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5883>
5. Rosete Fernández, J. V., Álvarez Gallardo, H., Urbán Duarte, D., Fragoso Islas, A., Asprón Pelayo, M. A., Ríos Utrera, Á., Pérez Reynoso, S., Torre Sánchez, J. F. D. L., Rosete Fernández, J. V., Álvarez Gallardo, H., Urbán Duarte, D., Fragoso Islas, A., Asprón Pelayo, M. A., Ríos Utrera, Á., Pérez Reynoso, S., & Torre Sánchez, J. F. D. L. (2021). Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: Cinco décadas de investigación en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 39-78. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5918>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

ÍNDICE DE IMPACTO FISIOLÓGICO DE LEGUMINOSAS Y PASTOS TROPICALES A SUELOS CON PETRÓLEO CRUDO

María del Carmen Rivera-Cruz^{1*}, Antonio Trujillo-Narcía²

¹Área Ambiental. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. ² Cuerpo Académico de energía y ambiente. Universidad Popular de la Chontalpa. *Autor para correspondencia: mariari@colpos.mx; cmariari6112@gmail.com

Palabras claves: Índice de impacto fisiológico, *Crotalaria pallida*, *Leerxia hexandra*

Introducción

El desarrollo industrial a nivel mundial demanda productos derivados de combustible fósil que aportan un 84% de su combinación energética, a México le aporta alrededor del 80% de la matriz energética (Energy Institute, 2024). La contaminación con hidrocarburos de los suelos con uso agrícola en regiones industriales es un problema para los seres vivos que habitan en ellos. En particular las plantas presentan respuesta evolutiva para adaptarse a condiciones estresantes y tienen implicaciones para la ecología, la toxicología, la evaluación de riesgos, la economía de consumo humano (Calabrese y Agathokleous, 2020), y la regeneración del suelo para uso forrajero y humano de regiones petroleras. La respuesta de las plantas puede ser expresado como un valor numérico absoluto que indica el daño y/o los beneficios que derivan de la exposición al PC. Los valores dependen sobre el tipo de suelo y contaminantes. Indicador de toxicidad es la respuesta negativa de la planta a dosis de contaminante. Indicador de hormesis muestra la típica relación dosis-respuesta para dosis bajas y altas que tiene un efecto estimulante en los seres vivos (Calabrese y Blain 2009). Por lo anterior la pregunta de investigación es ¿Es posible que leguminosas y pastos tropicales básicos para la alimentación animal y humano se sostengan en suelos impactados por la actividad petroleras en el sureste de México?. El objetivo de esta investigación es mostrar indicadores de respuesta de plantas nativas con uso alimenticio para animales y humanos en el trópico húmedo mexicano con potencial evolutivo al estrés por la presencia cambiante de los hidrocarburos del petróleo crudo en el suelo

Materiales y métodos

El proceso de investigación consistió en compilar información publicada, y realizada en bioensayos experimentales establecieron en similares condiciones controladas en microtúnel ubicado en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, campus Tabasco. El suelo utilizado para los diferentes ensayos experimentales de las leguminosas y pastos fue franco arcilloso. El petróleo crudo (PC) utilizado fue mediano con 25.9° API, 0.84 g/cm de gravedad específica, constituido por 56.4% de fracción alifática, 23.7% de aromáticos, 14% de asfaltenos y resinas. El PC fue obtenido del campo petrolero Cinco Presidentes ubicado en La Venta, Tabasco, México (18° 12' 11.8" N y 94° 08' 37.8" O).

Para probar el nivel de adaptación de cada especie vegetal se usó un diseño experimental con arreglo de factores completamente al azar (dosis de PC) con cuatro repeticiones (n=4) por 120 días de exposición. Las variables usadas para el cálculo del índice de impacto fisiológico (IIF) fueron altura de planta, materia seca radical y aérea con la fórmula $IIF = TPRn / TTRn$. TPRn (repeticiones de tratamiento con dosis de PC) entre TTRn (repeticiones de tratamiento testigo). Índice de impacto fisiológico total es la sumatoria de los IIF individuales por variable respuesta. Se aplicó a los datos de IIF por planta la prueba de medias según Duncan ($p \leq 0.05$, $n=4$) (SAS, 2006).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Resultados y Discusión

Impacto del petróleo crudo en leguminosas

Leucaena leucocephala o guaje es una especie forrajera con un 29.2% de proteína cruda en follaje (García, 1996). Esta especie plantada en suelo contaminados entre 10 a 80 g/kg PC manifestó estrés, al obtener IIF entre 0.07 a 0.54 para crecimiento, materia seca raíz y aérea. Los IIF<1 indican toxicidad del PC para *Leucaena* al disminuir su crecimiento y producción de materia seca vegetal (Cuadro 1). La especie *Crotalaria* es importante para alimentar a los animales de corral y humanos por su alto contenido de proteína cruda entre 10-35% (Sarwatt y Mkiwa, 2025). Los resultados en nuestra investigación informan que dosis entre 10 a 80 g/kg PC en suelo induce toxicidad a *Crotalaria incana* al presentar valores de IIF < 1 (0.21 a 0.54) (Cuadro 1). Sin embargo, *Crotalaria logistrata* y *C. retusa* expuestas a PC (3 a 30 g/kg) presentan toxicidad a 15 y 30 g/kg PC con IIF< 1 (0.55 a 0.02), pero hormesis en 3 g/kg PC (IIF>1) (Cuadro 1). Destaca *Crotalaria pallida* con IIF>1 a dosis de 3, 15 y 30 g/kg de PC. *Clitoria* sp importante para la dieta de animales por su contenido de proteína cruda entre 14 a 19% (Deshmukh y Jadhavav 2014), pero la respuesta de *Clitoria ternatea* y *Clitoria* sp en suelo contaminados entre 3 a 30 g/kg de PC informa efecto toxico al obtenerse IIF<1 para las dos especies en crecimiento y producción de materia seca radical y aérea (Cuadro 1). El efecto positivo del PC en *Crotalaria pallida*, pero no para las ocho especies de leguminosas evaluadas en esta investigación informa que dosis bajas 3 a 30 g/kg PC le permiten a esta especie inducir resistencia a condiciones de estrés, posiblemente la planta alcanza un nuevo estado fisiológico óptimo para las actuales condiciones que implica un proceso a través de señales de transmisión en cascada hasta el núcleo de la célula, en donde se producen los cambios en la expresión génica necesarios para hacer frente al estrés (Azcón-Bieto y Talón, 2003).

Cuadro 1. Índice de impacto fisiológico del petróleo en Leguminosas tropicales basado en crecimiento y producción.

PC (g/kg)	IIF	PC (g/kg)	IIF	PC (g/kg)	IIF
<i>Leucaena leucocephala</i> (plántula) (Vazquez-Luna et al., 2010)		<i>Crotalaria incana</i> (Vazquez-Luna et al., 210)		<i>Leucaena leucocephala</i> (Rivera-Cruz et al., 2012)	
1.5 (sin)	---	1.5 (sin)	---	1.1 (sin)	---
10	0.57c	10	0.29cd	50	0.1a
20	0.32ab	20	0.35bc	78	0.07b
40	0.43a	40	0.21d		
60	0.42a	60	0.42b		
80	0.54a	80	0.54a		
PC	IIF	PC	IIF	PC	IIF
<i>Crotalaria logistrata</i> (plántula) (Rivera-Cruz y Trujillo-Narcía 2017)		<i>Crotalaria retusa</i> (Rivera-cruz y Trujillo 2017)		<i>Crotalaria pallida</i> (Rivera-Cruz y Trujillo 2017)	
0 (sin)		0 (sin)		0 (sin)	
3	1.3a	3	1.4a	30	1.3ba
15	0.55b	15	0.32b	15	1.7a
30	0.22c	30	0.02c	30	1.6a
PC	IFC	CP	IIF	CP	IIF
<i>Clitoria ternatea</i> (planta) (Valier et al., 2023)		<i>Clitoria</i> sp (Valier et al., 2023)		<i>Vigna unguiculata</i> (Ramírez, 2012)	
0 (sin)	...	0 (sin)		2.7 (sin)	---
3	0.79	3	0.73	5.8	0.88
10	0.65	10	0.65	15.9	0.85
20	0.91	20	0.91	25	0.43
30	0.65	30	0.65	50	0.40

PC: Petróleo crudo. IIF: Índice de impacto fisiológico. Valor<1 indican toxicidad, Valor>1hormesis

Impacto del petróleo crudo en pastos tropicales

Los pastos tropicales son importante para alimentar al ganado bovino debido a que ellos contienen entre 6.5 a 19% de proteína cruda (Sarwatt y Mkiwa, 2025). Nuestros resultados en base al crecimiento y producción de materia seca de cuatro pastos informan que *Echinochloa polystachyae* (pasto alemán), *Brachiaria mutica* (pasto egipto) y *Paspalum fasciculatum* (camalote) muestran alta sensibilidad a la exposición a petróleo crudo, con IIF<1 para dosis altas, aunque *Brachiaria mutica* y *Paspalum fasciculatum* presentan IIF >1 a dosis de 50 y 20 g/kg PC en suelo respectivamente. Destaca la relación dosis-respuesta a PC del pasto *Leerxia hexandra* con IIF >1 en los tres estudios realizados. Esta respuesta positiva de *L. hexandra* según Orocio-Carrillo *et al* (2024) se debe a su capacidad auto evolutiva de señalización génica el estrés y sintetizar antioxidantes enzimáticos (catalasa y fenilalanina liasa) y no enzimáticos (fenol, flavonoides y vitamina C) para contra restar a las especies reactivas de oxígeno (H₂O₂) y el estado redox de la célula.

Cuadro 2. Índice de impacto fisiológico del petróleo crudo en pastos tropicales basado en crecimiento y producción.

PC (g/kg)	IIF	PC (g/kg)	IIF	PC (g/kg)	IIF
<i>Echinochloa polystachyae</i> (Rivera-Cruz et al., 2004)		<i>Brachiaria mutica</i> (Rivera-Cruz et al., 2012)		<i>Leerxia hexandra</i> Orocio-Carrillo et al., 2019	
0.9 (sin)	--	1.3 (sin)	---	0 (sin)	...
50	0.48b	50	1.1a	7.9	1d
100	0.53a	78	0.9b	54	1.85c
				102	2.0bc
				126	2.3b
				145	3.0a
				238	
PC (g/kg)	IIF	PC(g/kg)	IIF	PC(g/kg)	IIF
<i>Leerxia hexandra</i> (González Moscoso et al.,2019)		<i>Leerxia hexandra</i> Orocio-Carrillo et al. 2025		<i>Paspalum fasciculatum</i> (Zurita-Valencia, 2025)	
0.7(sin)	---	0 (sin)	---	0 (sin)	---
26	3.84b	30	1.5ab	20	1.2a
49	4.01a	60	1.7a	40	.78b
76	4.07a	90	1.8a	60	.67b

PC: Petróleo crudo. IIF: Índice de impacto fisiológico (Valor<1 indican toxicidad, Valor >1 hormesis)

Conclusión

La mayor cantidad de leguminosas tropicales en estudio bajaron su crecimiento y producción en suelo con petróleo crudo, solo *Crotalaria pallida* induce hormesis expuesta hasta 30 g/kg PC. Los cuatro pastos en estudio crecen y producen materia seca en suelos con alta contaminación (50 a 238 g/kg PC), pero *Leerxia hexandra* mostró respuesta adaptativa y estimulación de su crecimiento y producción de materia vegetal a condiciones de estrés ambiental, con índices de impacto fisiológico >1. Se recomienda establecer a *Crotalaria pallida* en suelo que contengan hasta 30 g/kg de PC y *L. hexandra* en suelos con dosis mayores a 90 g/kg para la producción de material vegetal que sirva de alimento a los animales de pastoreo en zonas aledañas a infraestructura petrolera. Se recomienda seguir investigando el impacto de los metales pesados



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

derivados del petróleo crudo, considerando que los hidrocarburos del petróleo se biodegradan en suelo y sistema rizosférico dificultando su asimilación y acumulación en material vegetal de leguminosas y pastos tropicales.

Referencias bibliográficas

Azcon-Bieto J y Talón M. 2003. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid, España. 522p.

Calabrese EJ, Blain RB (2009) Hormesis and plant biology. EnvironPollut 157(1):42–48. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.07.028>

Calabrese EJ, Agathokleous E (2020) Theodosius Dobzhansky's view on biology and evolution v.2.0: "Nothing in biology makes sense except in light of evolution and evolution's dependence on hormesis mediated acquired resilience that optimizes biological performance and numerous diverse short and longer term protective strategies". Environ Res 186:109559. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109559>

Deshmukh S y Jadhav V. 2014. Evaluación bromatológica y mineral de *Clitoria ternatea* Linn. Int J Pharm Pharm Sci, 6(3), 244-2.

Energy Institute. 2024. Statistical Review of World Energy. 73rd edition. 72 p. <https://www.energyinst.org/statistical-review>

García W., Ferguson TU., Neckles FA and Archibald KAE. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. Animal Feed Science and Technology. 60 (19) 29-41. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00922-1](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00922-1)

González-MoscOSO M., Rivera-Cruz MC & Trujillo-Narcía A (2019). Decontamination of soil containing oil by natural attenuation, phytoremediation and chemical desorption, International Journal of Phytoremediation, 21:8, 768-776, <http://org.10.1080/15226514.2019.1566879>

Orocio-Carrillo, JA., Rivera-Cruz, MC., Aranda-Ibañez, M. Trujillo-Narcía A. y Hernández GJ. 2019. Hormesis under oil-induced stress in *Leersia hexandra* Sw. used as phytoremediator in clay soils of the Mexican humid tropic. Ecotoxicology 28, 1063–1074. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02106-1>

Orocio-Carrillo JA., Rivera-Cruz MC., Juárez-Maldonado A., Bautista Muñoz CC., Trujillo-Narcía A., García-González Y y Cadena-Villegas S. 2024. Crude oil induces plant growth and antioxidant production in *Leersia hexandra* Sw. Plant Soil Environ. 70(2):72-83. <https://doi.org/10.17221/311/2023-PSE>

Orocio-Carrillo JA., Rivera-Cruz MC., Cadena-Villegas S., Bautista-Muñoz CC., Juárez-Maldonado A y Chávez-Álvarez K. 2025. Chemical composition and adaptation of tropical grass *Leersia hexandra* Sw. exposed to crude oil soil. Rev Mex Cienc Pecu 2025;16(1):81-100. <http://org.10.22319/rmcp.v16i4.6744>

Sarwatt S.V and Mkiwa FEJ. 2025. The current status of knowledge on the feed value of *Crotalaria* species. Department of Animal Science and Production Faculty of Agriculture Sokoine University of Agriculture Morogoro, Tanzania. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c2dc4e73-2384-4727-a4a5-4a2b2c6fb652/content/x5491e0o.htm#TopOfPage>. Consultada 20/07/2025.

SAS (Statistical Analysis Systems) (2005): User's Guide. Versión 9.1.3. Cary, SAS Institute, Inc, 664

Zurita-Valencia MG. 2025. Crecimiento y composición química de *Paspalum fasciculatum* en suelo arcilloso contaminado con petróleo crudo. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencia Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. 113p.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

POTENCIAL USO DE *HELICONIA LATISPATHA* PARA LA PRODUCCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE EN SISTEMAS BIOELÉCTRICOS

Rudy Solís-Silván¹, Diego Arturo Escayola-Zardoni², Francisco Javier Guzmán-Osorio¹, Samuel Gómez-Pérez¹³, Francisco Reyes-Espinosa^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México Campus Comalcalco; ²Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus Tabasco; ³El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR *Autor para correspondencia: rudy.solis@comalcalco.tecnm.mx

Palabras clave: Bioelectricidad, Energía Renovables, *Heliconia latispatha*

INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son un pilar fundamental para enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos a nivel mundial. El acceso a la energía es considerado un derecho humano básico y, al mismo tiempo, una condición indispensable para el progreso social y el desarrollo sostenible (Objetivo 7 Energía asequible y no contaminante de los Objetivos Globales). Sin embargo, la dependencia de combustibles fósiles continúa representando una amenaza relevante debido a las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales intensifican los efectos del cambio climático. Ante ello, la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles, basados en fuentes renovables y en la eficiencia energética, es una prioridad global (Pecci, 2020). En este contexto, la bioelectricidad se presenta como una innovación prometedora, al aprovechar los procesos fisiológicos de las plantas para la generación de energía eléctrica sin alterar su ciclo vital.

La bioelectricidad se origina en la fotosíntesis, que es el proceso por el cual las plantas convierten la energía del sol en sustancias químicas. Estas sustancias, son susceptibles a participar en reacciones electroquímicas, las cuales bajo condiciones experimentales permiten liberar electrones. Estos electrones pueden ser capturados para producir corriente eléctrica empleando un sistema de electrodos. Investigaciones como la de Zapien *et al.* (2019) han demostrado la viabilidad de esta tecnología en diversas especies, obteniendo valores de voltaje cercanos a 1 V, lo que evidencia un potencial real de aplicación en comunidades rurales que carecen de acceso a la red eléctrica.

De igual manera, estudios recientes con celdas de combustible microbianas y vegetales muestran avances importantes. Liu *et al.* (2015) reportaron densidades de potencia de hasta 187 mW/m² empleando algas fotosintéticas, lo cual resalta la posibilidad de integrar microorganismos y vegetación en sistemas híbridos de generación limpia. Otros trabajos, como los de Martínez y Bermúdez (2023), han identificado que diferentes especies —desde el musgo hasta cultivos agrícolas— poseen capacidad de producir voltaje, destacando la diversidad de opciones disponibles para este tipo de energías renovables.

Dentro de la gran biodiversidad de especies vegetales del estado de Tabasco, se encuentra la planta *Heliconia latispatha*, la cual crece de manera común en repastos y áreas rurales. El presente estudio tiene por objetivo evaluar la producción de voltaje y corriente (tomando lecturas de amperaje) a partir del cultivo de *Heliconia latispatha* (H-lat), con la finalidad de explorar su potencial como fuente sostenible y renovable de energía. En el desarrollo de la investigación se evaluaron tres condiciones experimentales de cultivo distintas donde se registraron las mediciones de la producción de voltaje y corriente (midiendo amperaje): la primera consistió en cultivar *H. latispatha* en suelo natural y composta (procesadas a partir de residuos orgánicos y hojarasca recolectada en la zona de estudio), con una composición de 50% y 50%, respectivamente; la segunda, cultivar *H. latispatha* en suelo natural con una composición del 100 %; y la tercera, un testigo de referencia con una composición de suelo natural de 50 % y composta de 50 %. Cabe mencionar, que el desarrollo experimental se realizó en las cercanías de donde se tomó la muestra y bajo condiciones ambientales del lugar.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las plantas *H. latispatha*.

Se recolectaron 45 plantas de *H. latispatha* (H-lat) de un predio ubicado en la Ría. Cumupan 2da sec. de Cunduacán, Tabasco, México. Cada planta fue sustraída completamente (incluyendo la raíz), esto con ayuda de una pala recta: para su transporte, las plantas fueron sumergidas en agua dentro de cubetas, para evitar el estrés de estas. Posteriormente, fueron sembradas en unidades experimentales.

Acondicionamiento de *H. latispatha* en unidades experimentales.

Las unidades experimentales consistieron en 20 cajas de madera (cada una con dimensiones de 20 cm ancho, 30 cm de largo, 25 cm de alto), las cuales se forraron en su interior con malla sombra para evitar la filtración de suelo y permitir el drenado de agua. Se establecieron tres condiciones experimentales: la primera consistió en sembrar *H. latispatha* en una mezcla de 25 Kg de suelo natural y 25 Kg de composta procesadas a partir de residuos orgánicos y hojarasca, H-lat_Snat(50%)-Comp(50%); la segunda, se sembró *H. latispatha* en 50 Kg de suelo natural, H-lat_Snat(100%); y la tercera condición, un testigo de referencia con una composición de 25 Kg suelo natural y 25 Kg composta Snat(50%)-Comp(50%), sin sembrar *H. latispatha*. Cada condición de cultivo se replicó 5 veces, contando con un total de 15 unidades experimentales (ver **Figura 1**). Se consideró un periodo de estabilización de dos semanas, donde se dieron cuidados adecuados a cada modelo experimental bajo condiciones climatológicas de la zona. Terminado el periodo de adaptación, en cada unidad experimental se colocaron electrodos de 15 cm de largo y 2 cm de diámetro, un ánodo de Fe y un cátodo de Cu, con una profundidad de 20 cm, con separación de 20 cm entre ellos, como se muestra en la **Figura 1**. Se dejó una semana para estabilizar.

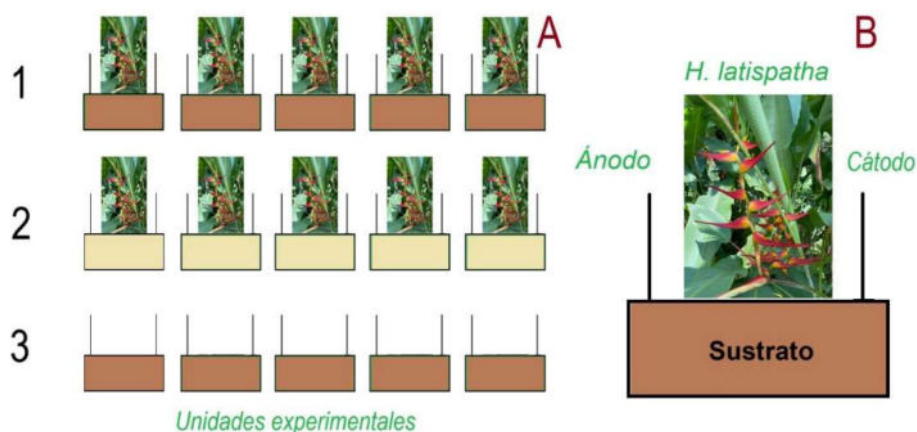


Figura 4. Unidades experimentales: (A) Diseño experimental en tres condiciones con cinco repeticiones: condición 1 H-lat_Snat(50%)-Comp(50%); condición 2, H-lat_Snat(100%); condición 3, Snat(50%)-Comp(50%); (B) Esquema general de la unidad experimental, apreciación de la colocación de electrodos, plantas y sustrato.

Medición del voltaje y la corriente en las unidades experimentales.

Para medir el voltaje y amperaje, los electrodos se conectaron a un multímetro marca sterenMR modelo mul-630, colocando la punta del positivo del multímetro en el electrodo de cobre y la punta del negativo del electrodo en hierro. Este procedimiento se realizó en las 15 condiciones de cultivo. Con respecto a la medición del amperaje se utilizó una resistencia de 1 ohmios (Ω), la cual fue conectada mediante cables



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

en cada electrodo de cobre, el otro extremo de la resistencia se conectó al multímetro. El electrodo de hierro se conectó directamente al multímetro. Este procedimiento se realizó las 15 condiciones de cultivo durante dos meses, tomando el registro de la medición tres veces al día, tres días a la semana.

Diseño experimental.

Se llevó a cabo un diseño completamente aleatorizado de un factor para determinar diferencias estadísticas significativas en las variables voltaje y corriente (medición de amperaje como variable dependiente) de las tres condiciones experimentales de cultivo: H-lat_Snat(50%)-Comp(50%), H-lat_Snat(100%) y Snat(50%)-Comp(50%) (factores, los cuales fueron asignados en espacio de manera aleatoria). El número de observaciones por factor fue de cinco repeticiones, contando con 15 unidades experimentales.

Análisis estadístico.

Debido a que los datos evaluados de voltaje y corriente (medición de amperaje) de las diferentes condiciones de cultivo (factores) no cumplieron con los postulados de la estadística paramétrica (normalidad y homocedasticidad), se procedió hacer un análisis de Kruskal Wallis para encontrar diferencias significativas entre las medianas del voltaje y amperaje de las diferentes condiciones de cultivo evaluadas. Posteriormente se llevó a cabo un contraste de medianas de Mann Whitney para detectar diferencias significativas entre los factores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con la medición de voltaje y corriente (amperaje), el resultado del análisis de Kruskal-Wallis indicó diferencia altamente significativa ($p < 0.001$) entre las medianas de las variables voltaje (volts) y amperaje (mA/s) de las diferentes condiciones de cultivos evaluadas (H-lat_Snat(50%)-Comp(50%), H-lat_Snat(100%) y Snat(50%)-Comp(50%)) con un 95% de confiabilidad. El contraste de medianas de Mann Whitney indicó con letras desiguales diferencias estadísticas significativas entre las variables voltaje y corriente (amperaje) de las tres condiciones de cultivos evaluadas. Los resultados indicaron que la *H. latispatha* sembrada con un 50% de suelo natural y 50% de composta (H-lat_Snat(50%)-Comp(50%)) presentó el valor más alto de voltaje con una mediana de 0.965 volts (Q1 = Cuartil inferior de 0.8 volts y Q2 superior = 1.18 volts). La condición de cultivo de *H. latispatha* sembrada en 100% suelo natural (H-lat_Snat(100%)) presentó el segundo valor más alto de voltaje con una mediana de 0.79 volts (Q1 = Cuartil inferior de 0.65 volts y Q2 superior = 0.91 volts). El valor más bajo de voltaje se encontró en la condición 50% suelo natural y 50% composta (sin la siembra de *H. latispatha*) con una mediana de 0.7 volts (Q1 = Cuartil inferior de 0.64 volts y Q2 superior = 0.72 volts) (tal como se muestra en la **Figura 2**). Los resultados indicaron que la *H. latispatha* sembrada con un 50% de suelo natural y 50% de composta (Snat(50%)-Comp(50%)) presentó el valor más alto de voltaje con una mediana de 2.805 mA/s (Q1 = Cuartil inferior de 1.93 mA/s y Q2 superior = 3.34 mA/s). La condición de cultivo de *H. latispatha* sembrada en 100% suelo natural (H-lat-SN100%) presentó el segundo valor más alto de amperaje con una mediana de 1.7 mA/s (Q1 = cuartil inferior de 1.38 mA/s y Q2 superior de 1.89 mA/s). El valor más bajo de amperaje se encontró en la condición 50% suelo natural y 50% composta (sin la siembra de *H. latispatha*) con una mediana de 1.55 mA/s (Q1 = Cuartil inferior de 1.52 mA/s y Q2 superior = 1.61 mA/s) (tal como se muestra en la **Figura 3**).

En el estudio de Zapien *et al.*, (2019), se obtuvieron un valor de voltaje de 0.909 volts utilizando una planta de *Bellis Perennis* sembrada en suelo natural de la zona, sin la adición de composta. Los electrodos utilizados fueron de zinc y cobre, con dimensiones de 10 cm de largo y un grosor no mayor a los 0.5 cm de diámetro. Por otro lado, en el presente estudio se encontraron valores medianos de voltaje de 0.965 volts, utilizando plantas de *H. latispatha* sembradas en cajas de madera que contenían una mezcla de 50% de composta y 50% de suelo natural. Los electrodos utilizados en este estudio fueron de cobre y hierro, con dimensiones de 15 cm de largo y 2 cm de diámetro. Aunque la diferencia en los voltajes es pequeña, destaca la posible influencia positiva de la composta en la producción de energía a partir de la fotosíntesis de las plantas. Estas diferencias podrían atribuirse a la variación en las condiciones de cultivo y los materiales utilizados, como la adición de composta y las dimensiones de los electrodos. La composta podría



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

haber proporcionado nutrientes adicionales a las plantas, lo que podría haber contribuido al aumento en la producción de voltaje.

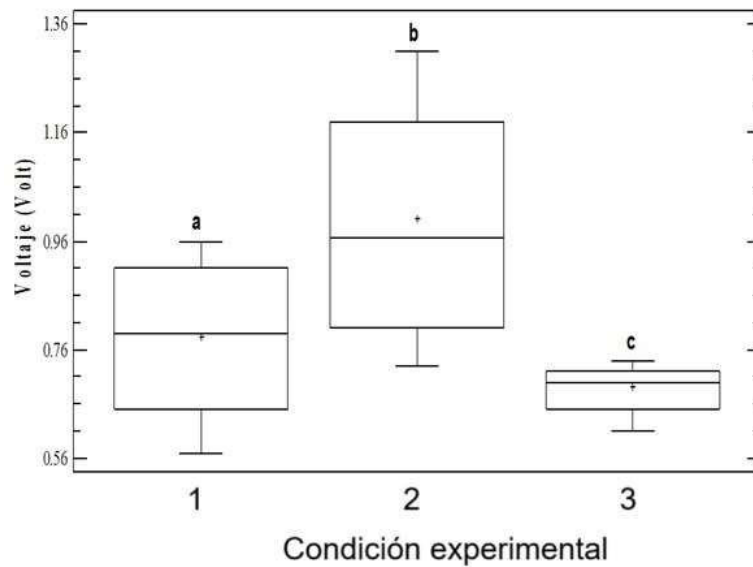


Figura 5. Valores medianos (cuartil inferior y superior) de la variable voltaje (volts) de las diferentes condiciones experimentales de cultivos evaluadas (1, H-lat_Snat(100%); 2, H-lat_Snat(50%)-Comp(50%); 3, Snat(50%)-Comp(50%)). Las letras a, b y c señaladas en la gráfica indican diferencias significativas.

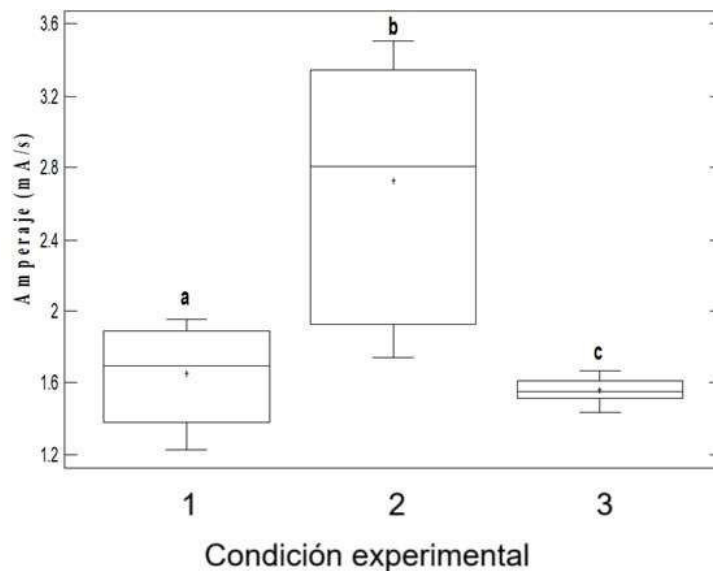


Figura 6. Valores medianos (cuartil inferior y superior) de la variable amperaje (mA/S) de las diferentes condiciones de cultivos evaluadas (1, H-lat_Snat(100%); 2, H-lat_Snat(50%)-Comp(50%); 3, Snat(50%)-Comp(50%)). Las letras a, b y c señaladas en la gráfica indican diferencias significativas.

Colcha *et al.*, (2018) indican que es posible aumentar la producción de voltaje en una celda electroquímica agregando abono inorgánico. En este estudio se utilizó una celda electroquímica compuesta de dos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

electrodos de cobre y zinc que actúan como ánodo y cátodo, respectivamente. A la celda electroquímica se le agregó abono inorgánico a base de fertilizante de fosfato diamónico (DAP). Este fertilizante granulado contiene fósforonitrógeno. El fósforo es soluble en agua, y todo el nitrógeno está en forma amoniacal. A esta condición se le midió la cantidad de voltajes producido y se comparó con la de una solución isotópica (contiene hidratos de carbono y electrolitos: 76 mg de K^+ y 126 mg de Na^+) sumergida en los mismos electrodos de cobre y zinc. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas, mostrando que la celda electroquímica que contenía el abono inorgánico presentó una mayor producción de voltaje (1.14 volts) que la celda electroquímica que contenía la solución isotópica (0.90 volts). Esto puede explicar porque en el presente trabajo se puede obtener mayor cantidad de voltaje de la condición de cultivo donde está sembrada en 50% composta y 50% cacao la *H. latispatha* en comparación con las otras condiciones de cultivo. Así mismo, Rojas *et al.*, (2018) obtuvo valores similares de voltaje a partir de la de la fotosíntesis de cuatro especies de plantas vivas (geranio, *Pelargonium hortorum*; maíz, *Zea mays L.*; fitonia, *Fittonia albivenis*; corazón de Jesús, *Caladium bicolor*), en donde se usaron ocho celdas biológicas en total, usando como electrodos clavos galvanizados (alto porcentaje de zinc) y alambre de cobre. Además, se usaron cinco clavos como ánodo (Zinc) en serie para que forme una placa y el cátodo (cobre) se enrolló una placa circular de 4.2 cm de diámetro. La mayor producción de voltaje se observó en la especie corazón de Jesús con 0.98 volts.

CONCLUSIONES

El estudio demuestra el potencial de *H. latispatha* como fuente de bioelectricidad bajo tres distintas condiciones experimentales de cultivo. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en la producción de voltaje y corriente (amperaje), siendo más eficiente la mezcla de 50 % suelo natural y 50 % composta, con 0.965 volts y 2.80 mA/s respectivamente. La condición de 100 % suelo natural registró 0.79 volts ($Q1 = 0.65$, $Q2 = 0.91$), y la condición experimental testigo registró 0.7 volts ($Q1 = 0.64$, $Q2 = 0.72$). En este sentido, *H. latispatha*, se posiciona como una alternativa renovable, accesible y de bajo costo, con aplicaciones potenciales en comunidades rurales de Tabasco, así como para ser considerada en estrategias de sostenibilidad energética.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México/ITSC Comalcalco por las facilidades para el desarrollo del presente trabajo. También agradecer a la Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus Tabasco por las facilidades otorgadas para la colaboración en el proyecto de Diego Arturo Escayola Zardoni, egresado de la Maestría en Gestión.

FUENTE FINANCIADORA

No se contó con financiamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colcha, J. W., Cárdenas, M. J., Moncayo, C. R., Sisalima, J. D. Z., Heras, J. A. G., Solis, A. G. P., & Yugsi, E. J. U. (2018). Generador energético a base de abono inorgánico y electrolitos. FIMAQ Investigación y Docencia, 2(1), 1–10.
- Liu, T., Rao, L., Yuan, Y., & Zhuang, L. (2015). Bioelectricity generation in a microbial fuel cell with a self-sustainable photocathode. The Scientific World Journal, 2015, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2015/832097>
- Martínez, R. D. R., & Bermúdez, M. E. A. (2023). Production of electrical energy from living plants in microbial fuel cells. Clean Energy, 7(2), 408–416. <https://doi.org/10.1093/ce/zkad003>
- Pecci-Oviedo, M. E. (2020). Buenas prácticas hacia el cumplimiento del ODS 7 "Energía asequible y no contaminante". Revista Científica de la UCSA, 7(3), 72-75. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.072-075>
- Zapien-Rodríguez, J. M., Solorio-de Jesús, B. A., Ballesteros-Pacheco, J. C., & Núñez-Ayala, F. L. (2019). Generación eléctrica a partir de la fotosíntesis natural; ¿una realidad escalable? Revista de Energías Renovables, 3(10), 1–6.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

VALIDACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO *in vitro* DE EXPLANTES DE RAQUÍDEO Y EMBRIONES DE Cocos nucifera BAJO CONDICIONES CONTROLADAS

Gilbert José Herrera-Cool*, Matilde Cortazar-Ríos
INIFAP Campo Experimental Chetumal, km. 3.5 Carretera Chetumal-Bacalar,
Chetumal, Quintana Roo, México.

*Autor para correspondencia: gilbert.herrera@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cocotero, cultivo *in vitro*, desinfección de explantes

Introducción

El cocotero (*Cocos nucifera* L.) representa un recurso estratégico en los sistemas agroproductivos tropicales, debido a su versatilidad en los ámbitos alimentario, industrial y socioeconómico (Limonés Briones & Fernández Barrera, 2016). Sin embargo, su propagación convencional enfrenta limitaciones importantes, como la alta variabilidad genética, el bajo número de plantas por fruto y la susceptibilidad a patógenos (Balderas Palacios & González Acuña, 2013). Ante estos desafíos, se han desarrollado metodologías biotecnológicas *in vitro* que permiten la regeneración controlada de plantas a partir de tejidos específicos. En particular, los raquídeos y los embriones han demostrado ser explantes viables para el establecimiento de protocolos eficientes de cultivo (Sisunandar *et al.*, 2018; Engelmann *et al.*, 2010). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar y validar el establecimiento *in vitro* de fragmentos de raquídeos y embriones de *Cocos nucifera*, mediante la aplicación de técnicas estandarizadas de desinfección y cultivo en medio basal libre de reguladores de crecimiento. Esta aproximación busca validar las bases para la optimización de procesos de propagación masiva que respondan a las demandas del sector productivo y contribuyan a la conservación genética de la especie.

Materiales y Métodos

Se recolectaron raquídeos provenientes de la inflorescencia central de palmas adultas de *Cocos nucifera* L., los cuales fueron fragmentados en unidades de aproximadamente 5 cm de longitud. Las flores masculinas fueron retiradas manualmente para evitar interferencias en el proceso de cultivo. Los fragmentos se desinfectaron mediante inmersión en solución de cloruro de benzalconio (0.1%) durante 10 minutos, seguidos de secado en condiciones estériles dentro de una cabina de flujo laminar. De manera paralela, se extrajeron discos de endospermo con embrión central de frutos con 11 meses de maduración fisiológica. Estos explantes fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 10% durante 15 minutos, y enjuagados tres veces con agua destilada estéril. Ambos tipos de explantes fueron sumergidos en una solución tensoactiva al 5% durante cinco minutos, y posteriormente drenados sobre papel absorbente estéril. Para el establecimiento *in vitro*, se aplicó una desinfección complementaria utilizando etanol absoluto durante 30 segundos y una segunda inmersión en hipoclorito de sodio al 5% por 10 minutos, seguida de tres enjuagues con agua destilada estéril. Los explantes se colocaron individualmente en frascos de cultivo de 250 mL, conteniendo 30 mL de medio basal Eeuwens Y3 sin reguladores de crecimiento, ajustado a pH 5.8 y solidificado con agar al 0.8%. Las condiciones de incubación se establecieron a 26 ± 2 °C, bajo un fotoperiodo de 16 horas luz/8 horas oscuridad y humedad relativa del 70%. Se realizaron evaluaciones a los 15 y 30 días posteriores al establecimiento, registrando la presencia de contaminación, estado fisiológico del explante (coloración, turgencia, necrosis) y signos de desarrollo en el caso de los embriones. El diseño consistió en observación directa de 10 frascos por tipo de explante, sin aplicación de análisis estadísticos debido al carácter exploratorio de esta fase.

Resultados y Discusión

Durante la evaluación realizada a los 15 y 30 días posteriores al establecimiento *in vitro*, se registraron observaciones clave relacionadas con la presencia de contaminación, el estado fisiológico de los explantes y su respuesta morfológica. En la primera evaluación, correspondiente a los 15 días, tanto los fragmentos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de raquídeos como los embriones extraídos directamente del fruto mostraron ausencia de contaminación visible. Ambos tipos de explante conservaron una estructura estable y presentaron signos de actividad fisiológica, como turgencia y cambios en la coloración del tejido, lo que indica una adaptación positiva al medio de cultivo. En el caso de los embriones, se observó un incremento de volumen atribuible al proceso de imbibición, donde las células absorben agua del medio, activando procesos metabólicos iniciales (Aguilera-Arango *et al.*, 2019) (Figura 1). Al completar los 30 días de cultivo, los embriones continuaron mostrando integridad estructural y viabilidad, con elongación leve del eje embrionario y diferenciación progresiva de regiones polares. En contraste, los fragmentos de raquídeos mostraron una respuesta más heterogénea, con algunos casos de necrosis parcial y otros con persistencia de tejido viable, aunque sin evidencia clara de diferenciación. Los resultados permiten concluir que los embriones presentan mayor estabilidad fisiológica en comparación con los raquídeos, posicionándose como un explante favorable para futuras fases del cultivo *in vitro*. La ausencia de contaminación y la respuesta morfológica observada respaldan la eficacia del protocolo aplicado en esta etapa exploratoria.

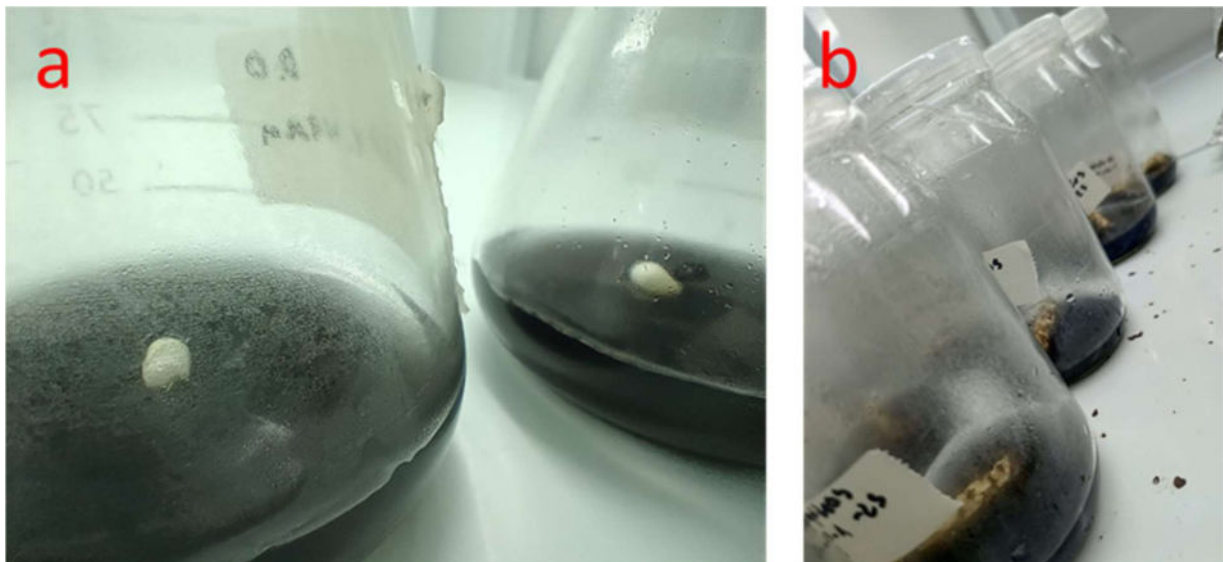


Figura 1. Explantes de palma de coco establecidos *in vitro*. a) embriones, b) fragmentos de raquídeos.

Los resultados obtenidos sugieren que el tejido embrionario del cocotero presenta ventajas sanitarias y regenerativas significativas para su aplicación en protocolos biotecnológicos. Su estructura compacta y menor exposición ambiental parecen contribuir a una mayor estabilidad fisiológica en condiciones *in vitro*. En contraste, los fragmentos de raquídeo, aunque inicialmente viables, presentaron una tasa de contaminación del 30 % en la segunda evaluación, realizada a los 30 días posteriores al establecimiento. Esta contaminación se manifestó principalmente como crecimiento de micelio fúngico en la superficie del medio de cultivo (Figura 2). La diferencia observada entre ambos tipos de explante podría atribuirse a la naturaleza anatómica de los raquídeos, que poseen tejidos más expuestos y porosos, así como a su contacto directo con el ambiente durante la fase de recolección. Estas características pueden facilitar la colonización por hongos filamentosos, especialmente en condiciones de humedad y temperatura favorables para el desarrollo micelial.

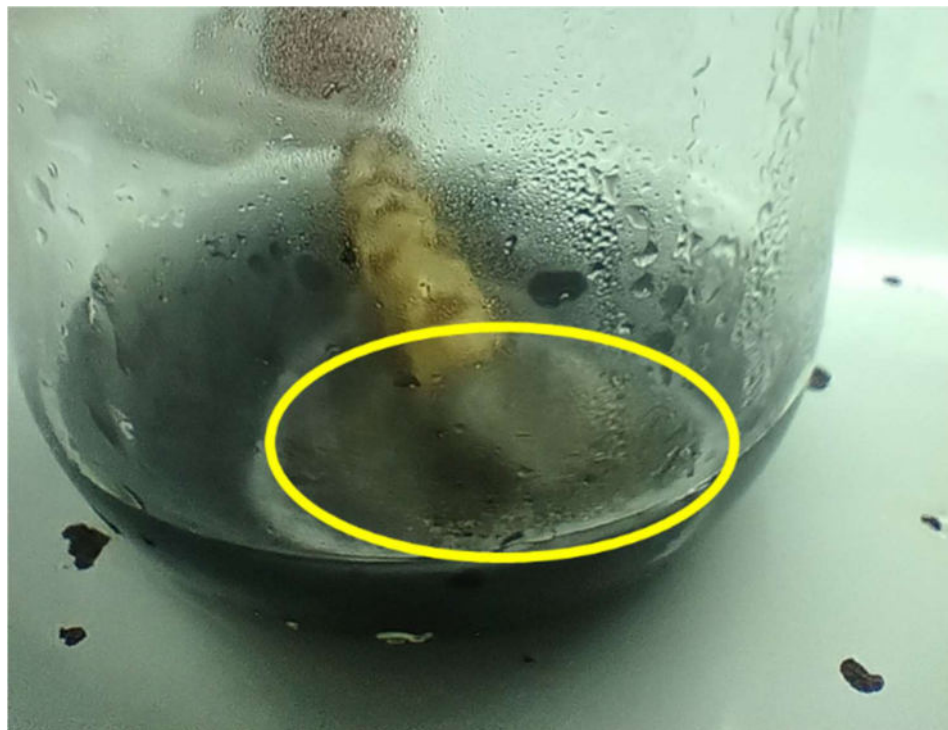


Figura 2. Contaminación observada a los 30 días en explantes de raquídeos. El círculo amarillo representa aproximadamente el halo de crecimiento del micelio del hongo.

La comparación entre ambos tipos de explante se presenta en la Cuadro 1, donde se resumen los resultados obtenidos.

Cuadro 1. Resultados comparativos del establecimiento *in vitro* de *Cocos nucifera* según tipo de explante

Tipo de explante	N° de frascos evaluados	Frascos con contaminación	Tasa de contaminación (%)	Respuesta morfogénica	Observación destacada
Embriones	10	0	0%	Positiva	Desarrollo estructural sin hongos
Fragmentos de raquídeo	10	3	30%	Nula	Presencia de micelio



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

La detección de contaminación en los fragmentos de raquídeo sugiere una latencia inicial en el desarrollo microbiano, posiblemente favorecida por condiciones internas del tejido o por la composición físico-química del medio de cultivo. Este retraso en la manifestación de la contaminación, evidenciado por la aparición de micelio fúngico en etapas posteriores del cultivo, podría indicar la presencia de microorganismos endófitos que permanecen en estado quiescente y se activan lentamente bajo condiciones *in vitro*. Tal comportamiento ha sido documentado en tejidos vegetales tropicales, donde los endófitos pueden adaptarse al ambiente de cultivo y proliferar una vez que se modifican las condiciones de humedad, temperatura o disponibilidad de nutrientes (Gonzales Torrico *et al.*, 2024). La activación tardía de estos microorganismos compromete la viabilidad del explante y limita su capacidad de respuesta morfogénica, lo que plantea la necesidad de reforzar los protocolos de desinfección, incluyendo etapas de pretratamiento más agresivas o el uso de agentes antimicrobianos específicos. Asimismo, se vuelve pertinente reevaluar la aptitud del raquídeo como material inicial en sistemas de propagación, considerando su susceptibilidad a la colonización endofítica y su comportamiento fisiológico en condiciones controladas.

Conclusiones

El protocolo de desinfección implementado resultó eficaz para el establecimiento *in vitro* de embriones centrales de *Cocos nucifera*, evidenciado por una ausencia total de contaminación y una respuesta morfogénica favorable en el medio basal Eeuwens Y3. Este comportamiento sugiere que dicho tejido posee características intrínsecas que facilitan su adaptación a condiciones controladas, posicionándolo como un material prometedor para la propagación clonal. En contraste, los fragmentos de raquídeo mostraron una alta susceptibilidad a la contaminación, lo que refuerza la hipótesis de que el tipo de tejido influye significativamente en la eficiencia del establecimiento. Esta diferencia en el comportamiento sanitario y morfogénico entre ambos explantes pone de manifiesto la necesidad de una selección rigurosa del material inicial en protocolos de cultivo *in vitro*. Los resultados obtenidos abren una vía sólida hacia estrategias de propagación masiva y conservación genética de *Cocos nucifera*, especialmente en contextos donde se requiere garantizar la sanidad vegetal y la replicación fiel de genotipos élite.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo fue financiado por el INIFAP, mediante el proyecto SIGI No. 141017491. Se agradece el apoyo técnico del personal de laboratorio y jornaleros asignados, así como la colaboración de los corresponsables y el equipo administrativo que participaron en la ejecución de actividades y logística del proceso.

Referencias

- Aguilera-Arango, G. A., Gómez-López, E. D., & González-Mejía, A. (2019). Callogénesis en cultivares híbridos de *Cocos nucifera* L. mediante cultivo *in vitro* de inflorescencias inmaduras. *Biotechnología Vegetal*, 19(4), 277–286. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2074-86472019000400277&script=sci_arttext
- Balderas Palacios, F. G., & González Acuña, I. J. (2013). Cocotero híbrido intercalado con cultivos anuales y perennes: tecnología sustentable. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(20), 60–75. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000600006
- Engelmann, F., Malaurie, B., & N'Nan, O. (2010). *In vitro* culture of coconut (*Cocos nucifera* L.) zygotic embryos. In *Plant embryo culture: methods and protocols* (pp. 63-72). Totowa, NJ: Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-61737-988-8_6
- Limones Briones, V., & Fernández Barrera, M. A. (2016). El cocotero: “El árbol de la vida”. Desde El Herbario CICY, 8, 107–110. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2016/2016-07-14-Limones-Fernandez-El-Cocotero.pdf



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Sisunandar, Alkhikmah, Husin, A., Julianto, T., Yuniaty, A., Rival, A., & Adkins, S. W. (2018). Ex vitro rooting using a mini growth chamber increases root induction and accelerates acclimatization of Kopyor coconut (*Cocos nucifera* L.) embryo culture-derived seedlings. *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 54(5), 508-517.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

EFFECTO DE LA RELACIÓN MASA-SOLVENTE, TEMPERATURA Y TIEMPO DURANTE LA EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONICACIÓN DE HOJAS DE *Tithonia diversifolia*

Miguel Bernabé Montalvo Cruz ^{1*}, Josafat Alberto Hernández Becerra ², Rodolfo Osorio Osorio ¹, José Rodolfo Velázquez Martínez ¹, Angelica Alejandra Ochoa Flores ¹.

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; ² Universidad Tecnológica de Tabasco

*Autor para correspondencia: mbmcruz@gmail.com

Palabras clave: Ultrasonificación, rendimiento, fenoles.

Introducción

El girasol mexicano *Tithonia diversifolia* es una especie que se encuentra en las áreas tropicales y subtropicales del mundo. El género *Tithonia* comprende 10 especies en Centroamérica y su centro de origen podría ser México. Es identificado otros nombres comunes como botón de oro, árbol maravilla, el falso girasol o wild Sunflower en inglés, entre otros. La *T. diversifolia*, es una planta herbácea o arbustiva robusta, perteneciente a la familia Asteracea, originaria de México y Centro América desde donde se ha distribuido a India, Ceilán, Cuba, Venezuela, Colombia África, Filipinas, Asia, Estados Unidos, las Islas del Pacífico y Australia (González et al., 2014).

Las especies de *Tithonia* son plantas que contienen una gran variedad de compuestos biológicamente activos. En los años recientes se ha logrado el aislamiento, identificación y caracterización de gran variedad de muchos compuestos biológicamente activos presentes en *T. diversifolia*. Entre los más documentados podemos mencionar sesquiterpenos lactónicos, flavonoides y ácidos trans-cinámicos (ácido dihidro-p-cumarico) (Sampaio et al., 2016). Se ha comprobado que estas fracciones tienen actividad insecticida contra hormigas *Atta cephalotes*, así como especies de insectos barrenadores de madera de la familia Bostrichidae. Además, tiene propiedad anti-viral en contra del virus del mosaico del tabaco y repelencia contra el mosquito *Anopheles coluzzii* y el gorgojo de maíz *Sitophilus zeamais* (Zhao et al., 2017; Gitahi et al., 2021).

Por su parte, Devi et al. (2022) reportaron el aislamiento y caracterización del ácido dihidro-p-cumárico de extractos metanólicos de las hojas de *T. diversifolia*, el cual mostró la mayor actividad fumigante en extractos metanólicos al 0.5 % de concentración de hojas de *T. diversifolia* causando un 90 % de mortalidad en *Sitophilus oryzae* (gorgojo del arroz) y *Rhyzopertha dominica* (barrenador menor de los granos), y un 83.33 % de mortalidad en *Tribolium castaneum* (escarabajo rojo de la harina) después de 24 horas de exposición a una dosis de 40 µg/L.

La tendencia mundial muestra que el uso de extractos de plantas y sus derivados está aumentando de manera considerable en el control de plagas (Song et al., 2024). Los insecticidas botánicos son altamente biodegradables, por lo que reduce significativamente el riesgo de contaminación ambiental. Además, su compleja composición química dificulta que los insectos desarrollen resistencia, ofreciendo una alternativa más sostenible al control de plagas (Akami et al., 2017).

Las plantas debido a la interacción con los insectos en su mismo hábitat han evolucionado hasta lograr producir en su organismo metabolitos secundarios (como terpenos, taninos, flavonoides, etc.) que actúan en su defensa, incluyendo repelencia y actividad insecticida. Por ello, actualmente se revalora el uso de plantas como fuente de plaguicidas naturales más seguros para el ambiente y la salud (Song et al., 2024). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar el efecto de la relación masa-solvente (m/v), temperatura y tiempo durante la extracción asistida por ultrasonificación sobre el rendimiento de peso seco de extracto y su contenido de fenoles solubles totales.



XXXVI

Materiales y métodos

Recolección y preparación del material biológico. El material vegetal de *T. diversifolia* se colectó de plantas adultas previas a su periodo de floración, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, en el mes de diciembre del 2024. Las hojas estuvieron libres del daño de plagas y enfermedades, fueron trasladadas al laboratorio de desarrollo de productos bióticos de la División Académica de Ciencias agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) donde se secaron a temperatura ambiente con la ayuda de un deshumidificador durante 10 días manteniéndose alejadas de la luz. Se utilizó un molino para el triturado de hojas, y para la obtención del polvo, el triturado se pasó a través de un tamiz de malla No. 40, donde se obtuvo una masa de 200 gramos, posteriormente se almacenó en un frasco de vidrio, protegido de la luz. El polvo obtenido se llevó al laboratorio de análisis especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB), localizado en la carretera federal Villahermosa – Teapa, km. 14.6 Parrilla II, Centro, Tabasco, para su resguardo hasta su uso en el proceso de extracción asistida por ultrasonificación.

Extracción asistida por ultrasonificación. La extracción para cada unidad experimental consistió en pesar el material vegetal en polvo dentro de tubos de ensayo (25X150 mm), según lo establecido en el diseño experimental para cada tratamiento. Posteriormente se adicionaron 10 mL de etanol absoluto, se taparon los tubos y éstos fueron colocados dentro de un baño de ultrasonificación (Marca: Cole-Parmer, modelo: 8895 -39, con potencia de salida de 110W, 40KHz). Las condiciones de temperatura y tiempo durante la ultrasonificación fueron las establecidas para cada tratamiento según el diseño experimental planteado. Una vez realizado el proceso de ultrasonificación, el contenido de cada tubo fue trasvasado cuantitativamente a tubos cónicos y posteriormente centrifugados durante 5 minutos a 3500 rpm, bajo temperatura ambiente. Para ello se empleó una centrifuga marca Solbat modelo J-40. Una vez centrifugados los tubos, los sobrenadantes fueron trasvasados cuantitativamente a matraces redondos de fondo plano (previamente pesados) y los extractos etanólicos sometidos a concentración bajo presión reducida a 50 °C. Para ello se empleó un rotaevaporador marca Buchi modelo R-300. Los matraces conteniendo los concentrados sin solvente se colocaron en un desecador hasta su completa sequedad y posteriormente pesados para estimar el rendimiento obtenido. Los extractos secos obtenidos previamente fueron redissueltos en metanol y estimado el contenido de fenoles solubles totales, empleando la metodología reportada por Cabrera-Manzano et al. (2024).

Diseño experimental y análisis de los resultados. En el presente estudio se planteó un diseño Box-Behken considerando como factores la relación masa/solvente (5, 12.5 y 15 % m/v), la temperatura (30, 40 y 50 °C) y el tiempo de ultrasonificación (15, 37.5 y 60 min). El número total de tratamientos fueron de 13, realizando tres réplicas para cada uno. El arreglo de los tratamientos puede apreciarse en los cuadros 1 y 2. Las variables de respuesta consideradas fueron el rendimiento y el contenido de fenoles solubles totales. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante la metodología de superficie de respuesta ajustando los datos a un modelo de segundo orden para cada variable de respuesta. Para ello se empleó el software Desing expert 13. Los valores obtenidos fueron ajustados a los factores por regresión lineal múltiple y el grado de ajuste al modelo fue estimado mediante el coeficiente de determinación (r^2) y el análisis de varianza (ANOVA). La significancia de los resultados fue establecida a una $p < 0.05$. La comparación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

Los extractos secos obtenidos a partir de las hojas de *T. diversifolia* tuvieron un rango de rendimientos entre 1.30 ± 0.37 g/100 g hasta 6.79 ± 0.36 %; siendo el tratamiento con los parámetros de 5 % de concentración en la relación masa-solvente (m/v), 50 °C y 37.5 minutos de temperatura y tiempo de sonicación el que obtuvo el valor más alto Y el tratamiento con los parámetros de 20% de concentración en la relación masa-solvente (m/v), 40 °C y 15 minutos de temperatura y tiempo de sonicación el que obtuvo el valor más bajo (Cuadro 3). Cabe destacar que se encontraron diferencias altamente significativas en los niveles de concentración en la relación masa-solvente (m/v), así también diferencias significativas en el tiempo de sonicación para la obtención de rendimiento de extracto seco (Cuadro 1). En cuanto al rendimiento obtenido se ha reportado rendimientos del 23.4 % en extracciones por maceración con etanol al 96% con una concentración de masa-solvente de 12.5 % (Puspitasari et al., 2024).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

En cuanto a la cuantificación de fenoles solubles totales, se encontró que para el caso de los extractos secos de hojas de *T. diversifolia*, se encontraron valores que oscilaron entre 41.02 ± 1.14 y 65.33 ± 6.30 mg Eq AG/g, siendo el tratamiento con los parámetros de 5 % de concentración en la relación masa-solvente (m/v), 50 °C y 37.5 minutos de temperatura y tiempo de sonicación el que obtuvo el valor más alto y el tratamiento con los parámetros de 20 % de concentración en la relación masa-solvente (m/v), 30 °C y 37.5 min de temperatura y tiempo de sonicación el valor más bajo (Cuadro 4). Solo se encontraron diferencias significativas en los niveles de concentración en la relación masa-solvente (m/v), donde la temperatura y el tiempo de sonicación no tuvieron ningún impacto significativo (Cuadro 2). En cuanto al contenido de fenoles solubles totales alcanzados, Puspitarasi et. al. (2024) reportó contenidos de 32.4 mg Eq AG/g en extracciones con maceración con etanol al 96 % en una relación de concentración masa-solvente del 12 %. Rahman et al., (2022) reportó contenidos de 13.7 mg Eq AG/g en extracciones con maceración con etanol al 70 % sin reportar la concentración masa-solvente (m/v), Ang et al., (2019) reportó 15.2 mg Eq AG/g en extracciones por maceración con etanol absoluto sin reportar la concentración masa-solvente (m/v).

Cuadro 1. Rendimientos de peso seco extraído de hojas de *T. diversifolia*, obtenidos mediante ultrasonificación, a diferentes parámetros de extracción.

Relación masa- solvente (m/v)	30 °C			40 °C			50 °C		
	15 min	37.5 min	60 min	15 min	37.5 min	60 min	15 min	37.5 min	60 min
5 %		5.30 % $\pm$ 0.15 b		5.55 % $\pm$ 0.44 ab		6.66 % $\pm$ 0.56 a		6.79 % $\pm$ 0.36 a	
12.5 %	1.49 % $\pm$ 0.11 d		4.05 % $\pm$ 0.25 c		3.32 % $\pm$ 0.60 c		4.03 % $\pm$ 0.78 c		5.50 % $\pm$ 0.22 b
20 %		3.21 % $\pm$ 0.36 c		1.30 % $\pm$ 0.37 d		3.75 % $\pm$ 0.14 c		1.88 % $\pm$ 0.41 d	

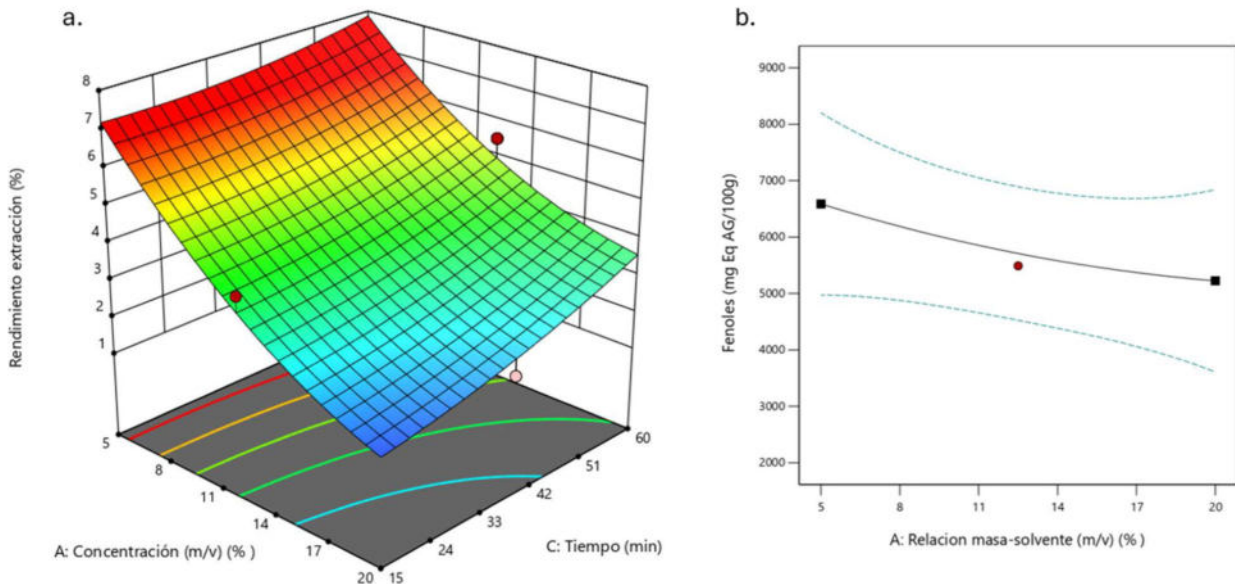
*Valores que no comparten letra entre los tratamientos son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor mostrado corresponde al valor medio $\pm$ desviación estándar de tres réplicas.

Cuadro 2. Contenido de fenoles solubles totales en extracto de hoja de *T. diversifolia*, obtenidos mediante ultrasonificación, a diferentes parámetros de extracción.

Relación masa- solvente (m/v)	30 °C			40 °C			50 °C		
	15 min	37.5 min	60 min	15 min	37.5 min	60 min	15 min	37.5 min	60 min
	mg Eq AG / g de extracto seco								
5 %		59.09 $\pm$ 3.71 ab		58.23 $\pm$ 1.78 ab		59.06 $\pm$ 2.96 ab		65.33 $\pm$ 6.30 a	
12.5 %	58.62 $\pm$ 2.70 ab		53.65 $\pm$ 1.67 b		49.07 $\pm$ 7.18 bc		57.66 $\pm$ 5.95 b		54.89 $\pm$ 1.67 b
20 %		41.02 $\pm$ 1.14 d		55.09 $\pm$ 1.09 b		47.10 $\pm$ 3.03 cd		52.05 $\pm$ 5.54 bc	

*Valores que no comparten letra entre los tratamientos son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor mostrado corresponde al valor medio $\pm$ desviación estándar de tres réplicas.

Figura 1. a) Gráfica de superficie de respuesta para la interacción entre los factores de relación en la



concentración masa-solvente (m/v) y el tiempo de sonicación a 50 °C de temperatura sobre el rendimiento de peso seco; b) gráfica del efecto de la relación en la concentración masa-solvente (m/v) a 60 min de tiempo de sonicación y 50°C de temperatura sobre el contenido de fenoles solubles totales, realizado en Desing expert 13.

Conclusiones

La relación en la concentración masa-solvente (m/v) y el tiempo tienen un impacto significativo en el rendimiento del extracto seco, no así el factor de temperatura. Con respecto al contenido de fenoles solubles totales solo el factor de relación en la concentración masa-solvente (m/v) tuvo un impacto significativo, no así los factores de temperatura y tiempo de sonicación. Basándonos en el análisis de varianza, se sugiere que una relación en la concentración del 5 % de masa/solvente (m/v) a 60 minutos de tiempo de sonicación representa el punto de equilibrio más adecuado para obtener un mayor rendimiento y contenido de fenoles en el rango de los parámetros de los factores analizados. Los rangos de temperatura analizados no son un factor que tengan un impacto estadísticamente significativo sobre el rendimiento de extracto seco, ni en el contenido de fenoles del mismo.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidad, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo financiero brindado y al laboratorio de análisis especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB) y su personal por las facilidades de usar sus instalaciones.

Fuente financiadora

Secretaría de Ciencia, Humanidad, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por medio de la beca para estudios de posgrado nacionales.

Referencias bibliográficas

Akami, M., Chakira, H., Andongma, A. A., Khaeso, K., Gbaye, O. A., Nicolas, N. Y., Nukenine, E.-N., & Niu, C.-Y. (2017). Essential oil optimizes the susceptibility of *Callosobruchus maculatus* and



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

- enhances the nutritional qualities of stored cowpea *Vigna unguiculata*. *Royal Society Open Science*, 4(8), 170692. <https://doi.org/10.1098/rsos.170692>
- Ang, A. M. G., Enot, M. M., Baltazar, G. J. D., Alinapon, C. V., Buncales, E. O., & Barbosa, G. B. (2019). Antioxidant and Cytotoxic Activity of the Leaf Ethanolic Extracts of *Tithonia diversifolia* and *Gliricidia sepium* from Bukidnon, Philippines. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 8(1), 08-15. <https://doi.org/10.5530/ajbls.2019.8.2>
- Cabrera-Manzano, A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Becerra, J. A., De La Cruz-Zapata, G., Cruz-Hernández, A., & Chay-Canul, A. J. (2024). Acaricidal activity of ethanolic leaf extracts of medicinal and culinary plants against *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 83(02), 40-46. <https://doi.org/10.25085/rsea.830205>
- Devi, T. B., Raina, V., & Rajashekar, Y. (2022). A novel biofumigant from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray for control of stored grain insect pests. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 184, 105116. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105116>
- Gitahi, S. M., Piero, M. N., Mburu, D. N., & Machochi, A. K. (2021). Repellent Effects of Selected Organic Leaf Extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray and *Vernonia lasiopus* (O. Hoffman) against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *The Scientific World Journal*, 2021, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2021/2718629>
- Puspitasari, E., Nuri, N., Muslichah, S., Triatmoko, B., & Dianasari, D. (2024). The Relationship of In Vitro Anti-Inflammatory and Antioxidant Activity with Total Phenolic and Flavonoids Content of *Tithonia diversifolia* Leaves Ethanolic Extract and Fractions. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 9(2), 242. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v9i2.83109>
- Rahman, N. F., Nursamsiar, N., Megawati, M., Handayani, H., & Soares, C. A. M. (2022). Total Phenolic and Flavonoid Contents and Antioxidant Activity of Kembang Bulan Leaves (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1, 57. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v1i1.36900>
- Song, R., Zhang, Y., Lu, P., Wu, J., Li, Q. X., & Song, B. (2024). Status and Perspective on Green Pesticide Utilizations and Food Security. *Annual Review of Food Science and Technology*, 15(1), 473-493. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-072023-034519>
- Zhao, L., Dong, J., Hu, Z., Li, S., Su, X., Zhang, J., Yin, Y., Xu, T., Zhang, Z., & Chen, H. (2017). Anti-TMV activity and functional mechanisms of two sesquiterpenoids isolated from *Tithonia diversifolia*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 140, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.05.009>



**Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria
Tabasco**

CULTIVOS ANUALES



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

MAPEO ESPACIAL DE LA FERTILIDAD DEL SUELO PARA OPTIMIZACIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL

Sergio Salgado-Velázquez^{1*}, Fabiola Olvera-Rincón², Pablo Ulises Hernández-Lara¹, Dante Sumano-López¹, Samuel Córdova-Sánchez³.

¹Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP; ²Colegio de Postgraduado Campus Tabasco; ³Universidad Popular de la Chontalpa³.

*Autor para correspondencia: Salgado.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: agricultura de precisión, geoestadística, variabilidad espacial.

Introducción

El arroz es considerado uno de los cultivos más importantes en la alimentación de los mexicanos, solo por detrás del maíz, el frijol y el trigo. Entre 2010 y 2020, el consumo per cápita en México aumentó de 9.4 kg a 11 kg, lo que evidencia la creciente necesidad de este grano y su importancia en la dieta de la población. La producción nacional en el año 2024 fue de 36, 877 hectáreas cosechadas, con una producción de 252, 099 toneladas y un rendimiento promedio de 6.8 t ha⁻¹ (SIAP, 2024). La producción de arroz se está convirtiendo en una prioridad para el gobierno mexicano, el cual está concentrando sus actividades de fomento en transitar hacia una mayor productividad. Por otra parte, la agricultura de precisión se fundamenta en la comprensión de la variabilidad espacial de ciertos factores del suelo y su relación con la producción. Este concepto es esencial para desarrollar sistemas de producción más sostenibles y eficientes, ya que la variación espacial de estos factores ejerce una influencia significativa en la productividad de los cultivos. El conocimiento detallado de las propiedades del suelo es de importancia fundamental para la optimización de prácticas de manejo agrícola. Al mismo tiempo, la distribución espacial de las propiedades físicoquímicas del suelo se considera un insumo esencial en cualquier planificación agrícola sostenible. Por ello, el mapeo de las propiedades del suelo es una herramienta importante para encaminarse hacia una agricultura de precisión y mejorar las prácticas agrícolas en función de cada zona de manejo sitio específica para elevar los rendimientos de grano en el cultivo de arroz, optimizar insumos y una mejora ambiental.

Objetivo

Determinar la variabilidad espacial de algunas propiedades de un suelo Fluvisol y su relación con el rendimiento de grano de arroz de temporal en condiciones tropicales de Tabasco, México; con fines de generar mapas temáticos que permitan mejorar la gestión de los insumos aplicados.

Métodos

Sitio de estudio. El trabajo se llevó a cabo en un suelo Fluvisol eútrico cultivado con arroz desde hace 20 años, ubicado en los campos experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del municipio de Huimanguillo, Tabasco. La precipitación promedio anual es de 2356 mm, en los meses de febrero a mayo se presenta una temporada de sequía (276 mm), la temperatura mínima promedio es mayor a 20°C. El ciclo de cultivo fue de temporal y establecido el 15 de junio de 2024.

Sitios de muestreo. La superficie del campo experimental fue de 2150 m², se trazó una cuadrícula equidistante de 8 m en gabinete sobre la imagen satelital del área de estudio para generar 30 nodos que se tomaron como puntos de muestreos y se delimitó el polígono que corresponden a las parcelas cultivadas con arroz. Esto se elaboró con la ayuda del sistema de información geográfica QGIS V.3.10. La ubicación de los puntos de muestreo y los polígonos se cargaron al GPS Garmin Map 65.

Muestreo de suelos. Con la función de navegación se ubicaron los puntos de muestreo en campo. En cada punto, con una pala, se limpió la superficie del suelo para evitar impurezas en la toma de muestras. Posteriormente, con una barrena tipo holandesa de acero inoxidable, se colectó la muestra de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm, por cada punto se colectaron dos sub-muestras para tener un peso aproximado de suelo de 1.5 kg de muestra (Salgado-Velázquez *et al.*, 2021). Las muestras de suelo se depositaron en una bolsa de nylon previamente identificada. Posteriormente las muestras se trasladaron al laboratorio de análisis de suelo, planta y agua del INIFAP Campus Huimanguillo.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Procesamiento de muestras. Las muestras se extendieron sobre una charola y se desmenuzaron los terrones, para facilitar el proceso de secado, el cual se hizo a la sombra y con aireación. Posteriormente se realizó el tamizado de las muestras a 2 mm en el laboratorio, y se colocó nuevamente en su bolsa para la realización de los análisis de algunas propiedades del suelo.

Variables de estudio. Las variables determinadas en laboratorio fueron: potencial hidrogeno (pH), en agua relación 1:2 y la conductividad eléctrica (EC, mS cm⁻¹); con los métodos descritos en la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT (2001).

Resistencia a la penetración del suelo (SPR, kg/cm²). Se determinó sobre la superficie del suelo en cada punto donde se colectaron las muestras de suelos. La medición se realizó con un penetrómetro de bolsillo y se tomaron tres medidas para obtener un valor medio.

Rendimiento de arroz (Yield, kg/ha). Se realizó un muestreo en una grilla irregular de 45 puntos. El muestreo consistió en cosechar el arroz de forma manual, cortando un m² de plantas de arroz con el apoyo de una hoz, se depositaron los tallos en una carretilla y posteriormente se desgranaron. Se determinó el rendimiento de grano, pesando con una balanza analítica los gramos de granos obtenidos en el m² y se ajustó el peso a una humedad del 14%.

Análisis estadístico. Para las propiedades del suelo, se realizó el análisis de la variabilidad de acuerdo con la estadística clásica, y se determinaron las medidas de tendencia central y dispersión. Para determinar si los datos seguían una distribución normal se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk con la finalidad de detectar diferencias entre las distribuciones espaciales. Los valores atípicos fueron determinados por la gráfica de cajas y bigotes, y estos fueron reemplazados por la media de los vecinos.

Análisis geoestadístico. Se realizó el análisis con el enfoque de la geoestadística, para lo cual se calcularon los valores de semivarianza experimental para cada variable de estudio con la Ecuación 1.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (1)$$

Dónde $Z(X_i)$ es el valor de la variable Z en la ubicación muestreada X_i , h es la distancia de desfase en metros y $N(h)$ es el número de pares de puntos de muestra separados por h .

Validación cruzada del modelo predictivo. En la validación cruzada, los valores estimados mediante kriging ordinario se compararon con los valores observados en los 30 puntos de muestreo en el área de estudio. Posteriormente, se utilizaron diferentes índices, como el criterio de pérdida de información de Akaike (AIC) y el error cuadrático medio (RMSE) entre las variables observadas y predichas en la validación cruzada, para evaluar el desempeño de la interpolación por kriging (Naranjo *et al.*, 2021).

Resultados y discusión

Análisis exploratorio de los datos Este estudio presenta una evaluación estadística detallada de parámetros clave del suelo y el rendimiento de grano de arroz, proporcionando información crucial sobre su variabilidad y distribución. El análisis se centra en la resistencia a la penetración (SPR, kg/cm²), el potencial hidrógeno del suelo (pH), la conductividad eléctrica (EC, mS/cm) y el rendimiento del grano (kg/ha). En el Cuadro 1 se presentan los valores de tendencia central y dispersión. Los histogramas de frecuencias, el gráfico de burbujas y, de cajas y bigotes se presentan en la Figuras 1 y 2.

Cuadro 1. Valores de tendencia central y dispersión para las propiedades del suelo y rendimiento de grano.

Propiedad	Valor min.	Valor máx.	Rango	1st. Q	3rd. Q	M	Me	DS	SW
RSP	0.53	2.7	2.17	0.76	1.25	1.13	1.1	0.499	<0.001
pH	7.41	7.89	0.48	7.69	7.80	7.72	7.76	0.127	0.04
EC (mS/cm)	0.09	0.14	0.05	0.11	0.12	0.11	0.11	0.0126	0.25
Yield (kg/ha)	141	4925	4784	1160.3	2392.2	1923	1888.3	997	0.06

M= Mediana, Me= Media, DS= desviación estándar, SW= Shapiro-Wilk

El pH presentó la menor variabilidad (1.64%), seguido por la EC (11.02%) y la mayor variabilidad en la SPR (44.03%) y el Yield (52.85%). Los valores de variabilidad observados son similares a los que señalan Hou *et al.* (2021), con menor variabilidad pH (3.1%) y la EC (19.9%); y con la mayor variabilidad en el rendimiento del cultivo (45%). El pH del suelo se encuentra clasificado como alcalino (7.4 a 7.9) y la EC de



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

<0.14 indica un suelo sin problemas de salinidad. Aunque la baja salinidad es positiva desde el punto de vista de la toxicidad, también puede indicar una deficiencia de ciertos nutrientes esenciales en forma soluble, como potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), y micronutrientes como zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn). Esto es común en suelos alcalinos, donde el alto pH reduce la solubilidad de estos elementos, limitando su disponibilidad para las plantas. En el caso del pH y de la EC, el coeficiente de variación <20% se considera adecuado para estudios de campo. Los rangos intercuartílicos (1st Q a 3rd Q) revelan una dispersión moderada para el pH y la EC, pero una heterogeneidad considerable en SPR y rendimiento de grano (Cuadro 1). Los altos coeficientes de variación observados en algunas variables se deben al manejo irregular al que ha estado sometido la parcela experimental en los últimos años.

La mayoría de las propiedades muestreadas presentaron una distribución donde las medias y las medianas eran similares, revelando así distribuciones que eran solo ligeramente asimétricas a excepción del rendimiento de grano, razón por la cual se pensaría que las distribuciones no se ajustarían a la normal. Para corroborar lo anterior se realizaron las pruebas de bondad de ajuste de Shapiro-Wilk. De las pruebas solamente coincidió que la EC y el rendimiento de grano, se ajustaron a una distribución normal (Cuadro 1).

Análisis geoestadístico. El desempeño de los modelos fue evaluado mediante el análisis de sus errores de predicción. Los errores de predicción de los métodos mejor ajustados se muestran en el Cuadro 2. Al analizar los errores de predicción estimados, se evaluó qué tan bien el modelo capturó la variación espacial de cada variable, determinando finalmente su idoneidad para mapear estas propiedades. Para garantizar la fiabilidad del modelo, los valores de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y los criterios de Akaike (AIC) deben ser los más menores posibles (Buladaco *et al.*, 2024). Se determinó que el mejor modelo para pH fue el esférico, para el rendimiento de grano el exponencial y el gaussiano para SPR y EC. Después de elegir los modelos teóricos más adecuados y sus parámetros correspondientes de semivariograma, se generaron mapas de variabilidad espacial.

Cuadro 2. Características de los variogramas y errores de predicción de los modelos con mejor ajuste para las variables de estudio.

Variable	Modelo	Nugget (Co)	Partial Sill (C)	Sill (Co+C)	Range	SDI (%)	RMSE	AIC
SPR (kg/cm ²)	Gau	0.1547	0.1015	0.2562	28.8	60.4	0.0327	-59.09
pH	Sph	0.002703	0.02211	0.024813	39.2	10.9	0.0034	-131.8
EC (mS/cm)	Gau	0.000961	0.000789	0.000175	29.3	54.9	0.00004	-269.7
Yield (kg/ha)	Exp	150000	1100000	1250000	35	12.0	0.993	-457.5

*Raíz del error cuadrático medio (RMSE) y criterios de Akaike (AIC). $SDI = [Co / (Co + C)] \times 100$.

Se reporta que la SPR, pH y EC no presentaron efecto de nugget según los modelos ajustados (Cuadro 2). El nugget del rendimiento de grano puede atribuirse tanto a errores inherentes de medición como a variaciones a distancias menores que el intervalo de muestreo. Los valores observados de sill, que es el valor del semivariograma en el cual el modelo se vuelve plano, fueron relativamente pequeños, a excepción del rendimiento de grano. Para el rendimiento de grano fue necesario hacer una transformación pro el método de Box Cox para correr el kriging. La distancia máxima a la cual una variable deja de mostrar dependencia espacial se denomina rango. Los valores de rango para todas las variables de estudio fueron entre 28.3 y 35 m. Un valor bajo de rango indica que las propiedades del suelo están principalmente influenciadas por los valores de sus vecinos inmediatos y menos influenciadas por los valores a distancias mayores. Por otro lado, se determinó el índice de dependencia espacial (SDI) encontrándose que el rendimiento de grano y el pH presentaron con una alta dependencia espacial (<25%) y, SPR y EC como moderada dependencia espacial (25-75%).

Interpolación kriging. La distribución de la variabilidad de las propiedades del suelo de SPR, EC y pH, y el rendimiento de grano se presentan en la Figura 1; los cuales se discuten a continuación para cada variable de estudio. La resistencia a la penetración del suelo (SPR) es un indicador informativo para monitorear la compactación del suelo. La compactación del suelo aumenta la resistencia del suelo al



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

crecimiento de las raíces de las plantas, reduce la porosidad, lo que ralentiza la transferencia de agua y la difusión del aire; y disminuye la tasa de mineralización de nutrientes.

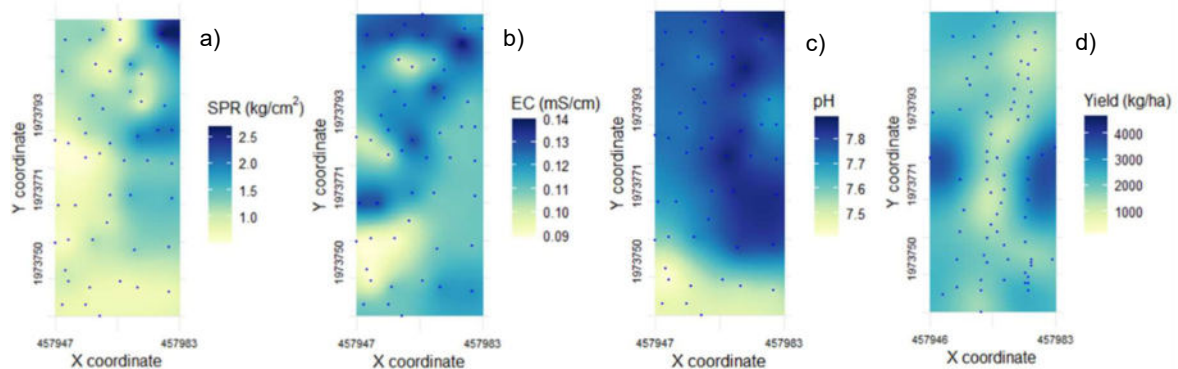


Figura 1. Mapas generados por el método de interpolación kriging para (a) resistencia a la penetración (SPR, kg/cm²), (b) EC (mS/cm), (c) pH y (d) Yield (kg/ha). Puntos azules = puntos de muestreo.

Se ha reportado un efecto inversamente proporcional de la humedad del suelo sobre la SPR, donde la disminución de la humedad del suelo estimulaba el incremento de los valores de SPR. Es importante dado que ello puede restringir la infiltración del agua del riego afectando el rendimiento de grano en la parcela. Aunado a ello, un valor de 2.5 kg/cm² indica que el suelo tiene una compactación suficiente como para restringir el crecimiento óptimo de raíces, y sería beneficioso implementar prácticas de manejo para mejorar su estructura como el subsueleo en toda la parcela. Por ello, se recomienda aplicar abonos orgánicos en forma de compostas para mejorar la estructura y estabilidad de los agregados del suelo con 5 t de compostas de estiércol maduro + 5 t de gallinaza para las zonas >1.5 kg/cm² y, 3 ton de estiércol maduro + 5 t de gallinaza para las zonas <1.5 kg/cm² de SPR. La materia orgánica mejora el crecimiento al reducir el pH de la rizosfera, lo que resulta en una mejor solubilización de nutrientes y mayor disponibilidad para las plantas. Además, la materia orgánica, fuente clave de minerales como N, P y K, mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua (De los Santos *et al.*, 2022). En la zona de estudio se encontraron valores de conductividad eléctrica (EC) menores a 2 mS/cm considerados como un suelo sin problemas de salinidad. Aunque esto es generalmente favorable para el arroz, en este caso sugiere una posible deficiencia de nutrientes disponibles en solución, especialmente micronutrientes esenciales que requieren cierta concentración de sales para estar disponibles para las plantas y también se ha asociado bajos valores de EC a texturas con bajos contenidos de arcilla en el suelo. Cabe mencionar que en la parcela se fertilizó con fuentes de urea (46-0-0) y Triple 17 (17-17-17), con suspensión de riego de 3 a 7 días en cada intervalo de fertilización, no obstante, parece no estar reflejándose en la EC. Por otra parte, la textura del suelo determinado en la parcela es franco-arenosa, siendo necesario aplicar abonos orgánicos para dar mayor estructura al suelo como las compostas de gallinaza ricas en sales; además de mejorar la SPR del suelo (Buladaco *et al.*, 2024). El pH osciló de 7.4 a 7.9, considerados como un suelo alcalino, y con un patrón espacial de valores bajos en la parte sur-suroeste-sureste; y los más altos hacía el norte, lo cual coincide con la distribución espacial de la EC y la SPR. El uso de agua de riego con alto contenido de bicarbonatos (HCO₃⁻) y carbonatos (CO₃²⁻) como las de Tabasco puede contribuir al aumento del pH del suelo, especialmente en suelos con baja capacidad tampón (<2 ms/cm EC). Este tipo de agua, al interactuar con el suelo, puede provocar la precipitación de carbonato de calcio (CaCO₃) y la acumulación de sodio intercambiable, reduciendo la disponibilidad de ciertos micronutrientes esenciales como el hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn). Esto genera condiciones desfavorables para el desarrollo óptimo de las plantas, manifestándose como clorosis debido a la deficiencia de Fe o Zn, micronutrientes cuya solubilidad disminuye en pH elevados (Guo *et al.*, 2024). Asimismo, en suelos alcalino, el fósforo tiende a formar compuestos insolubles con calcio, hierro y aluminio, lo que lo hace menos disponible para las plantas. Se recomienda aplicar 350 kg/ha de azufre agrícola para la clase de pH <7.5 y 705 kg/ha para la clase >7.5 kg/ha, preferentemente durante la siembra y en la primera fertilización (Salgado-Velázquez *et al.*, 2020). Los valores de rendimiento de grano obtenidos en el intervalo de 0.1 a 4.9 ton/ha se consideran bajos si se comparan con la media nacional de 6.8 ton/ha. Como se ha discutido, el pH elevado y la baja



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

EC del suelo aunado a la alta compactación del suelo (SPR), son las principales limitantes en la producción del grano de arroz. En este sentido, las fuentes usadas de fertilizantes no son las óptimas para estas condiciones y es necesario utilizar las recomendaciones generadas en base a los mapas de interpolación de kriging de cada propiedad del suelo.

Conclusiones

Con el método de interpolación de kriging ordinario fue posible detectar la variabilidad espacial de las propiedades de suelo y el rendimiento de grano en los diferentes sitios de la parcela, así como la dirección de mayor variabilidad de la propiedad en función de la distancia. Con estos mapas fue posible realizar recomendaciones de manejo agronómico en función de la necesidad de cada zona de manejo específica cómo fue la recomendación de dosis de azufre elemental, compostas, prácticas de subsuelo agrícola para mejorar la estructura del suelo y una correcta nivelación del mismo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Leonardo Hernández Aragón cuyo proyecto a su cargo “Mejora genética del arroz en México, para incorporar resistencia a problemas bióticos y abióticos causados por efectos del cambio climático” financiado por el INIFAP permitieron que este trabajo se haya concluido satisfactoriamente.

Referencias bibliográficas

- Buladaco, M. S., Tandugon, H. M. F., Bunquin, M. A. B., Sanchez, P. B., Bugia, S. A. C., Yales, N. A. P., and Casacop, S. M. 2024. Mapping and Assessment of Within-Field Spatial Variability of Soil pH, Electrical Conductivity, and Particle Size Distribution to Delineate Management Zones. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET)* 25(10). DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/191244>
- De los Santos Ruiz, C., Bucio-Galindo, A., Lopez, D. J. P., Sánchez, S. C., and Velazquez, S. S. 2022. Optimization of the composting process of sugarcane filter-pressed mud in the Santa Rosalia sugar mill, Tabasco, Mexico. *Agro Productividad*. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i10.1991>
- Naranjo, S., Rodrigues Jr, F. A., Cadisch, G., Lopez-Ridaura, S., Fuentes Ponce, M., & Marohn, C. 2021. Effects of spatial resolution of terrain models on modelled discharge and soil loss in Oaxaca, Mexico. *Hydrology and Earth System Sciences* 25(10): 5561-5588. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-25-5561-2021>
- Salgado-Velázquez, S., Salgado-García, S., Rincón-Ramírez, J. A., Rodríguez Jr, F. A., Palma-López, D. J., Córdova-Sánchez, S., and López-Castañeda, A. 2020. Spatial variability of soil physicochemical properties in agricultural fields cultivated with sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Southeastern Mexico. *Sugar Tech* 22(1): 65-75. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00742-9>
- SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos de producción agrícola nacional 2024. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS AVANZADOS DE ARROZ COMO CANDIDATOS PARA LIBERACIÓN EN CONDICIONES DE TEMPORAL

Sergio Salgado-Velázquez^{1*}, Fabiola Olvera-Rincón², Pablo Ulises Hernández-Lara¹, Dante Sumano-López¹, Samuel Córdova-Sánchez³.

¹Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP; ²Colegio de Postgraduado Campus Tabasco; ³Universidad Popular de la Chontalpa³.

*Autor para correspondencia: Salgado.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: mejoramiento genético, rendimiento de grano, *oryza sativa*.

Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es la segunda fuente más grande de alimentos en todo el mundo y se ha cultivado en 163.2 millones de ha, con una producción anual promedio de 740.9 millones de toneladas en todo el mundo. Se ha estimado que la producción mundial de arroz debe aumentar en 116 millones de toneladas para 2035 para satisfacer la creciente demanda de arroz. Sin embargo, la tierra cultivable utilizada para la producción de arroz ha disminuido en los últimos años debido a la urbanización e industrialización, lo que amenaza el aumento de la producción mundial de arroz (FAOSTAT, 2024). En México, el consumo per cápita ha aumentado en la última década, pero el país aún depende de importaciones para satisfacer la demanda interna. Ante este desafío, el mejoramiento genético y la selección de variedades adaptadas a las condiciones agroclimáticas locales son estrategias clave para incrementar la productividad. Los programas de mejoramiento genético del arroz emplean diversas estrategias para abordar la necesidad de incrementar continuamente el potencial de rendimiento del cultivo. Sin embargo, desde la década de 1990, el progreso en este aspecto ha sido limitado, debido principalmente a la falta de diversidad genética en los materiales utilizados como fuente de germoplasma. La velocidad y el alcance del mejoramiento genético están directamente relacionados con el nivel de diversidad presente en el germoplasma. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) mantiene sus programas de mejoramiento genético por medio del resguardo de la variabilidad genética en el banco de germoplasma de arroz del Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México; de los cuales se han liberados variedades promisorias de arroz de grano tipo Milagro y Sinaloa (Hernández-Aragón *et al.*, 2023). Por lo anterior, surge la necesidad de contar con variedades de arroz que se adapten a las condiciones agroclimáticas locales, que demuestren resistencia a factores abióticos y bióticos acentuados por el cambio climático y con buen rendimiento de grano.

Objetivo

Evaluar y seleccionar variedades de arroz con alto rendimiento y adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas locales, mediante el aprovechamiento de la diversidad genética conservada en el banco de germoplasma del INIFAP, con el fin de contribuir al incremento sostenible de la producción nacional frente a los desafíos del cambio climático y la creciente demanda interna.

Métodos

Sitio de estudio. El trabajo se llevó a cabo en un suelo Fluvisol eútrico cultivado con arroz desde hace 20 años, ubicado en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del municipio de Huimanguillo, Tabasco. La precipitación promedio anual es de 2356 mm, en los meses de febrero a mayo se presenta una temporada de sequía (276 mm), la temperatura mínima promedio es mayor a 20°C. El ciclo de cultivo fue de temporal y establecido el 15 de junio de 2024.

Genotipos. Se utilizaron variedades y líneas experimentales generadas por el INIFAP para condiciones de temporal y riego en el trópico mexicano del proyecto "Mejora genética del arroz en México, para incorporar resistencia a problemas bióticos y abióticos causados por efectos del cambio climático" que se presentan en el Cuadro 1:



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 1. Genotipos de estudio en condiciones de temporal en Tabasco, México.

Trat	Genealogías	Trat	Genealogías
1	Milagro (Zacatepec)	19	PCTMADR-707-2-1-2-4SR-1P
2	Miloax 98-2	20	FL010030-12P-9-2P-1P-M
3	INIFLAR RT-1	21	FL0 10127-7P-1-2P-2P-M
4	IR 69915-12MI-15UBN-22	22	FL07162-7P-3-3P-3P-M
5	IR8-2	23	RC 88
6	El Silverio-2	24	IR11141-6-1-4
7	INIFLAR RT-2	25	Choca A-05
8	Tabasqueña A-17-2	26	Campeche A-80
9	Temporalero A-95	27	El Silverio
10	Pacífico-FL-15-1	28	INIFLAR R
11	FL06689-3P-1-4P-M	29	Pacífico FL-15
12	FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P	30	Golfo FL-16
13	Pacífico FL15-2	31	Veracruzana A-21-3
14	FL084430-8P-4-3P-3P-M	32	Temporalero A-95
15	PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P	33	Miloax 98 (2006)
16	PCTMADR-682-2L-2-3-3SR-2P	34	Milver 05 (2008)
17	PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P	35	Miloax 38 (2012)
18	PCTMADR-707-2-1-4-2SR-2P	36	Milagro Filipino (2010)(Veracruz)

*Trat: tratamientos de estudio.

Diseño experimental. Para generar los tratamientos, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, donde los tratamientos consistieron en los genotipos (líneas experimentales y variedades de arroz). La parcela experimental fue de 6 m de largo por 6 surcos de ancho con una separación entre surcos de 0.2 m. La parcela útil se integró de los 4 surcos centrales.

Manejo agronómico. Se dio un paso con la desvaradora para eliminar las malezas presentes en el terreno. Después, se realizó un paso con el arado de discos. Posteriormente, se dieron dos pasos de rastra para dejar bien mullido el suelo. Se niveló el suelo con un rototiller para permitir una distribución homogénea de las láminas de agua. El método de siembra fue al chorrillo, que consistió en esparcir y distribuir la semilla de manera uniforme sobre los surcos de siembra. Se fertilizó con la fórmula 130-40-120 de NPK, aplicando todo el fósforo y potasio al momento de la siembra y la urea se fraccionó en dos momentos: la primera a los 30 días después de la germinación y la segunda a los 35 días después de la primera aplicación (inicio panicular).

Riego. Durante la etapa de macollaje hasta embuche y la floración los riegos fueron continuos, manteniendo el suelo completamente inundado con una lámina de 5 cm hasta la madurez fisiológica de los materiales.

Variables de estudio. Durante la fase reproductiva y madurez fisiológica de los materiales se registraron las siguientes variables:

Altura de planta (AP): medida desde la base de la planta hasta el ápice de la panícula, tomando como referencia el tallo principal o el más alto, en 10 plantas por parcela

Rendimiento de grano (GY, kg/ha): Se cosecharon todas las panículas en cada parcela, se desgranaron, se depositaron en una bolsa de papel estraza y se rotularon. Posteriormente, se pesaron en una balanza analítica y se determinó la humedad en cada muestra con un medidor digital de humedad de granos marca Delmhors modelo G-7. Se utilizó la siguiente ecuación para el cálculo de GY ajustando a una humedad del 14% (Hernández-Aragón *et al.*, 2023):

$$GY \left(\frac{kg}{ha} \right) \text{ at } 14\% \text{ moisture} = \frac{(100-M) \times \text{rendimiento parcela (kg)} \times 10000}{(100-14) \times \text{Área neta parcela, m}^2} \quad (1)$$



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Dónde M es el contenido de humedad de la muestra de granos. Se multiplica por 10000 para la conversión de m² a ha.

Resistencia a enfermedades. Esta se midió para el complejo denominado manchado del grano (*Helminthosporium oryzae*), quema del arroz (*Pyricularia oryzae*), virus hoja blanca del arroz y añublo bacteriano de la panícula (*Burkholderia glumae*) enfermedades frecuentes actualmente en México y agudizadas por el cambio climático. La medición se realizó con base a las escalas definidas por el Sistema de Evaluación Estándar para la Medición de las Características Agronómicas del Arroz (IRRI. 2013), de 1 a 9, siendo 1 la mayor tolerancia y 9 la mayor susceptibilidad.

Datos meteorológicos. Se tomaron de la estación climatológica del Campo Experimental Huimanguillo cerca de la parcela de estudio, donde se colectaron los datos de temperatura del aire (°C), precipitación y evaporación (mm). Los datos se registraron diariamente y se graficaron como medias mensuales y acumuladas.

Análisis estadístico: Todas las variables en estudio fueron sometidas a un análisis de varianza de bloques completos al azar, donde los tratamientos fueron los diferentes genotipos (líneas experimentales y variedades). Para aquellas variables donde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$). Se utilizaron las librerías anova, agricolae, y ggplot. Todos los análisis se hicieron con el programa estadístico R studio.

Resultados y discusión

Datos meteorológicos. Durante el ciclo primavera verano 2024 desde el 15 de junio que se estableció el cultivo hasta finales de noviembre que se terminó de cosechar, se registró una temperatura promedio de 29.2 °C con una máxima alcanzada en mayo con 41.9°C y la mínima en noviembre con 20.1°C. La precipitación total acumulada fue de 1651.3 mm y una evaporación total de 819.3 mm. El arroz requiere temperaturas entre 18 °C y 40 °C para la germinación, siendo óptimas las que oscilan entre 25 °C y 30 °C. En la parcela de evaluación durante la siembra en junio se registraron temperaturas de 25.3 a 37.5°C que están dentro del rango óptimo, favoreciendo una buena germinación de plántulas. Durante el macollaje, el arroz desarrolla sus tallos secundarios o macollos. La temperatura ideal para un buen macollaje es de 31 °C. Las temperaturas en julio y agosto registradas oscilaron de 24.3 a 35.6°C, lo que puede afectar este proceso (Figura 1).

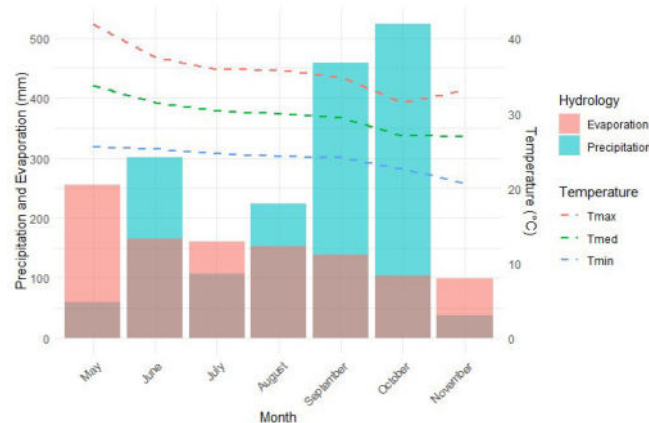


Figura 1. Climograma de las temperaturas, evaporación y precipitación ocurridas en la parcela de evaluación de los genotipos de arroz en condiciones tropicales.

Análisis de varianza. En el Figura 2, se presentan los resultados de las medias de Tukey por altura de planta (AP, cm). Se observó una variabilidad significativa en AP ($p < 0.001$), con valores que oscilaron entre 68.4 cm (T36) y, 98.6 y 97.7 cm (T4 y T30, respectivamente). La diferencia entre genotipos sugiere que algunos materiales presentan porte más alto, lo que puede estar relacionado con una mayor capacidad de interceptación de luz y competencia por recursos. Sin embargo, los genotipos con menor altura podrían ser más resistentes al acame, una característica clave para la producción de arroz en temporal. Los genotipos con mayor altura (T4, T23, T30 y T16) podrían estar asociados a un crecimiento vegetativo vigoroso, lo que, dependiendo del manejo agronómico y las condiciones ambientales, puede impactar positiva o



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

negativamente en el rendimiento. Por lo tanto, aunque los genotipos con mayor altura pueden tener ventajas en la captura de luz y potencial de rendimiento, también pueden ser más propensos al acame, especialmente bajo condiciones de viento o lluvia intensa. La selección de genotipos con una altura de planta moderada podría ofrecer un equilibrio entre un crecimiento vegetativo vigoroso y una mayor resistencia al acame, optimizando así el rendimiento en las condiciones específicas de cultivo.

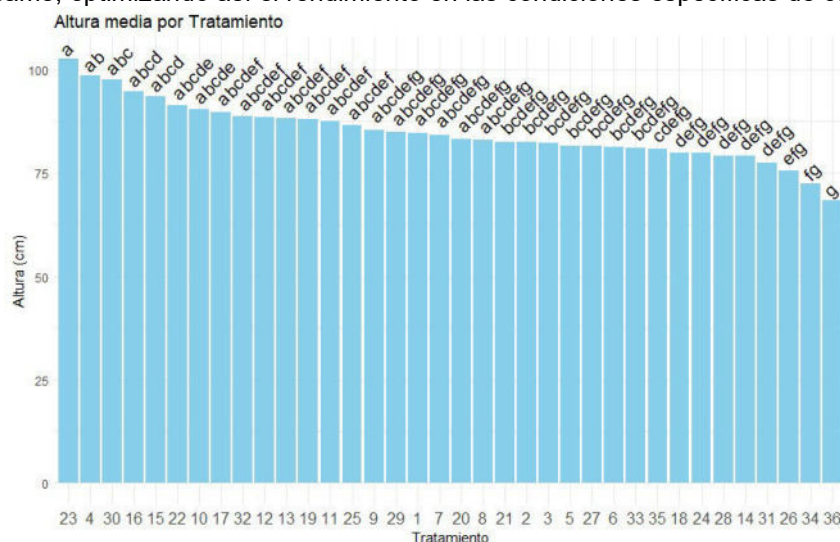


Figura 2. Medias de Tukey para altura de planta de genotipos de arroz en condiciones de temporal. El rendimiento de grano (Figura 3) mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.001$), con un promedio general de 2042.7 kg/ha.

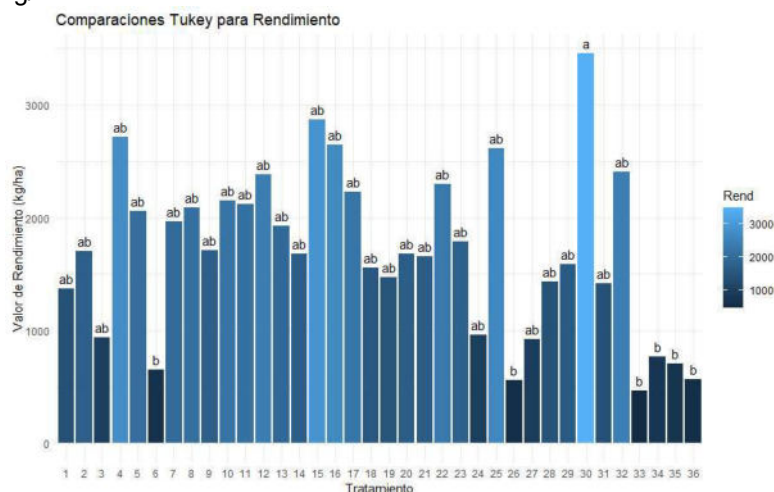


Figura 3. Medias de Tukey para rendimiento de grano (kg/ha) de genotipos de arroz en condiciones de temporal.

Destaca el tratamiento 30 con el mayor rendimiento (4127.2 kg/ha), lo que sugiere una combinación favorable de atributos agronómicos. En contraste, los tratamientos 6, 26, 33, 34, 35 y 36 presentaron los valores más bajos (< 1000 kg/ha), indicando que la expresión del rendimiento está influenciada tanto por el potencial genético como por la interacción con el ambiente. Genotipos como T30, T15, T4 y T16 presentaron los mayores rendimientos con 4127.2, 3415.7, 3236 y 3157.4 kg/ha, respectivamente; lo que sugiere su potencial para ser seleccionados en programas de mejoramiento. Sin embargo, algunos materiales con menor rendimiento podrían estar limitados por factores como menor capacidad de llenado de grano o menor eficiencia fotosintética (Jarin *et al.*, 2024).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 2. Resumen de materiales con los mejores rendimientos y resistencia a factores bióticos en el ciclo PV 2024 en condiciones de temporal de Tabasco, México.

Trat	GY	BI	NBI	GID	RHBV	RDel	PBG
30	4127.23	0	0	1	0	0	1
15	3415.69	0	0	3	1	0	2
4	3236.03	1	0	3	1	1	3
16	3157.39	0	0	1	1	0	2
25	3117.61	0	0	3	0	1	3
32	2866.28	0	0	3	1	0	2
12	2838.42	0	0	3	1	1	2

Resistencia a enfermedades. La medición de la resistencia a enfermedades (Cuadro 2) se realizó con base a las escalas definidas por el Sistema de Evaluación Estándar para la Medición de las Características Agronómicas del Arroz (IRRI, 2013), de 1 a 9, siendo 1 la mayor tolerancia y 9 la mayor susceptibilidad; y considerando el rendimiento (GY) se presentan en el Cuadro 7. Esta se midió para el complejo denominado manchado del grano (*Helminthosporium oryzae*, GID), quema del arroz (*Pyricularia oryzae*) en follaje (BI) y en el cuello de la panícula y en los nudos de los tallos (NBI), Virus hoja blanca del arroz (RHBV), Delphacido del arroz (RDel), y añublo bacterial de la panícula (*Burkholderia glumae*) (PBG) enfermedades frecuentes actualmente en México y agudizadas por el cambio climático.

Conclusiones

Este estudio logró determinar que existen genotipos adecuados para condiciones de temporal en Tabasco, México. Los materiales con mayor rendimiento (T15, T4 y T16) presentan características agronómicas favorables y podrían ser considerados para su liberación como nuevas variedades.

Referencias bibliográficas

Hernández-Aragón, L., Tavitas-Fuentes, L., and Álvarez-Hernández, J. C. 2023. Origen y características de la diversidad genética del arroz en México. *Revista fitotecnica mexicana* 46(4): 461-469.

Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI). 2013. Sistema de evaluación estándar para la medición de las características agronómicas del arroz. IRRI.

FAOSTAT. (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations: Statistics Division. <https://www.fao.org/faostat/>

Jarin, A. S., Islam, M. M., Rahat, A., Ahmed, S., Ghosh, P., and Murata, Y. 2024. Drought stress tolerance in rice: Physiological and Biochemical Insights. *International Journal of Plant Biology* 15(3): 692-718. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijpb15030051>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ PROSPECTOS PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Mauro Sierra Macías^{1*/}, Clara Ríos Isidro^{1/}, Noel Orlando Gómez Montiel^{2/}, Sabel Barrón Freyre^{3/}, Reyna Michelle Fierro López^{4/}

^{1/} Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Km 34 Carr. Veracruz- Córdoba CP 94270 Medellín de Bravo, Veracruz.; ^{2/}Campo Experimental Iguala Km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Col. Centro, Iguala de la Independencia, Guerrero., CP 40000; ^{3/} Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carr. Huimanguillo-Cárdenas Col. Centro, CP 86400 Huimanguillo, Tabasco; ^{4/}Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, San Bartolo Tuxtepec, Oaxaca.; *Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L, interacción, trópico

Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada y generar el 36% del valor de la producción agrícola. El uso principal es el consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. Durante 2022, fueron sembradas en México, 7.474 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 6.904 millones fueron para grano, con un rendimiento medio de 3.90 t ha⁻¹ y una producción de 26.553 millones de toneladas y un consumo *per cápita* aparente de 338.10 Kg; De la producción total, se utilizan para el consumo directo 19.35 millones de toneladas; de estas, el 33% es a través de la industria harinera y 67% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; 570 mil hectáreas fueron sembradas para la producción de forraje con rendimiento medio de 30.31 t ha⁻¹ de forraje verde. Durante 2022, se importaron 17.40 millones de toneladas de grano amarillo (SIAP, 2022).

En la región tropical del país se siembran 2.8 millones de hectáreas con maíz, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 91 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego. Los híbridos varietales representan una alternativa en la producción de maíz debido a la heterosis que resulta de cruzar dos variedades (Sierra *et al.*, 2018). La adaptabilidad de los genotipos permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico (Reyes, 1990, Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2018). El modelo de Eberhart y Russell (1966), utiliza el coeficiente de regresión para medir la respuesta de una variedad a distintos ambientes y la desviación de regresión que mide la consistencia de dicha respuesta. Los objetivos fueron conocer el rendimiento y las características agronómicas de híbridos varietales de maíz a través de ambientes en los estados de Veracruz y Tabasco y determinar la heterosis con respecto al mejor progenitor.

Materiales y Métodos

Localización. El área tropical húmeda de México engloba, el grupo climático A (Aw, Am y Af), (García, 2004), con temperatura media de 25 °C y precipitación anual de 1400 mm. Las localidades de evaluación fueron: Campo Cotaxtla, CBTA 84 Carlos A. Carrillo, Ver., y Huimanguillo Tab., con clima Aw1, Aw2 y Am, respectivamente.

Germoplasma utilizado. El germoplasma utilizado, son cruza de maíz formadas con variedades sintéticas experimentales pertenecientes a la raza Tuxpeño; Se evaluaron 28 genotipos, de los cuales, 20 son cruza varietales, cinco sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y el H-520 testigo

Descripción de los experimentos. Durante primavera verano y otoño invierno 2016 al 2023 bajo un diseño bloques completos al azar se evaluaron 28 genotipos de maíz con tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5 m de largo, en una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹

Variables y registro de datos. Se registraron las variables: Rendimiento de grano, días a floración, altura de planta y mazorca; Aspecto y sanidad de planta y mazorca, número de plantas, % de plantas acamadas, % de mazorcas con mala cobertura; Número de mazorcas, % de humedad y % de mazorcas podridas.

Métodos estadísticos. Se realizó un análisis individual y un análisis combinado para 10 ambientes de evaluación y para la separación de medias se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), $\alpha=0.05$ y 0.01. Se hicieron comparaciones y pruebas de t $\alpha=0.05$ y 0.01 para cruza y sus progenitores; Se calcularon los porcentajes de heterosis con respecto al mejor progenitor (Reyes, 1985)

$$\% \text{ de Heterosis} = \frac{F1 - \text{Mejor progenitor}}{\text{Mejor progenitor}} \times 100$$



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Resultados y discusión

Rendimiento de grano. Del análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en genotipos de maíz en 10 ambientes, se encontró significancia al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para Ambientes (A) y para la interacción GxA. La significancia para la interacción sugiere que el rendimiento de los híbridos a través de los ambientes es diferente (Sierra *et al.*, 2018). En este análisis, la varianza mayor fue registrada para Ambientes, con un valor de 68.84** (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para rendimiento en 10 ambientes Veracruz y Tabasco 2016- 2023.

Fuente Variación	GL	SC	CM	F Calc	Ft0.05	Ft0.01
Genotipos (G)	27	92.07	3.41**	4.32	1.46	1.70
Ambiente (A)	9	394.78	68.84**	61.33	1.88	2.41
Interacción GxA	243	306.14	1.26**	1.76	1.0	1.0
Error	455		0.7151			
CV (%)			13.44%			

GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación.

El rendimiento de los híbridos varietales de maíz a través de los 10 ambientes de evaluación, identificó un grupo sobresaliente al 0.01 de probabilidad, tales fueron: SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536, SINT4BxSINT2B, SINT-5BxVS-536, SINT-5BxVS-537C, SINT-1BQxVS-536 y SINT-3BxSINT-1BQ, con rendimiento de grano de 6.39 a 6.96 t ha⁻¹, similar al registrado por el híbrido H-520 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de híbridos de maíz en 10 ambientes en Veracruz y Tabasco 2016-2023

Trat	Genealogía	Rend t ha ⁻¹	% Relativo	% Heterosis
1	SINT2BxVS-536	6.96*	103	17.70
14	SINT4BxVS-536	6.84*	102	15.80
28	H-520	6.73*	100	
17	SINT4BxSINT2B	6.55*	97	10.78
16	SINT-5B x VS-536	6.48**	96	5.93
9	SINT-5B x V-537C	6.42*	95	4.91
13	SINT-1BQ xVS-536	6.41**	95	5.25
10	H-518	6.39**	95	
18	SINT-3BxSINT-1BQ	6.39**	95	4.85
12	SINT-4B x SINT-3B	6.37	95	7.75
19	SINT-2BxVS-537C	6.34	94	7.32
4	V-537CxVS-536	6.34	94	11.21
20	VS536xV537C	6.33	94	11.07
15	SINT-5BxSINT-1BQ	6.32	94	3.28
3	SINT-5B x SINT-4B	6.32	94	3.27
6	SINT-3BxVS-537C	6.31	94	7.24
11	SINT-3B x SINT-2B	6.30	94	6.54
2	SINT-5B x SINT-2B	6.29	93	2.81
25	SINT-5B	6.12	91	
5	SINT-4BxVS-537C	6.10	91	3.27
8	SINT-4BxSINT-1BQ	6.09	90	-0.03
21	SINT-1BQ	6.09	90	
7	SINT-5B x SINT-3B	6.07	90	-0.76
22	SINT-2B	5.91	88	
24	SINT-4B	5.91	88	
23	SINT-3B	5.88	87	
27	V-537 C	5.70	85	
26	VS-536	5.46	81	
	Promedio	6.26		
	CV (%)	13.44		
	CME	0.715		
	DMS0.05	0.43		
	DMS0.01	0.56		



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

*/ y **/= Significancia de los tratamientos al 0.05 y 0.01 de probabilidad; Trat= Tratamiento; Rend= Rendimiento

En los valores de heterosis se encontraron valores de 4.85 hasta 17.70; Los mayores porcentajes fueron para los híbridos varietales SINT-2BxVS-536 (17.70%), SINT-4BxVS-536 (15.80%), SINT-4BxSINT-2B (10.78%), V-537CxVS-536 (11.21%). Estos valores de heterosis, sugieren que existe divergencia genética entre las variedades progenitoras (Reyes, 1985) (Figura 1).

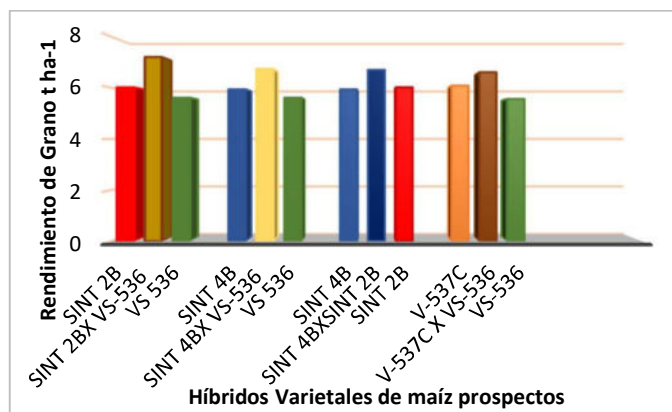


Figura 1. Heterosis en híbridos varietales de maíz Veracruz y Tabasco 2016-2023

Estos híbridos varietales fueron similares en rendimiento con porcentajes relativos de 95 a 103% en relación con el H-520 y tienen la ventaja desde el punto de vista del mantenimiento de solamente dos progenitores, con buen rendimiento y facilidad en la producción de semilla (Sierra *et al.*, 2018; Gómez *et al.*, 2017). En la interacción genotipo ambiente, los 28 genotipos fueron como estables (Sierra *et al.*, 2018).

Índices ambientales. Los ambientes de Carlos A. Carrillo, Ver. 2016B y Cotaxtla, Ver., 2016B, registraron rendimientos promedio significativamente más altos con 7.29** y 7.27** t ha⁻¹ y valores positivos en los índices ambientales con 1.03 y 1.01 para cada ambiente respectivamente, mientras que Huimanguillo Tabasco en 2016 y 2018B y Cotaxtla en 2023A registraron los rendimientos medios más bajos con índices ambientales negativos de -1.08, -0.86 y -0.54 para cada ambiente, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices ambientales de híbridos varietales de maíz. CIRGOC 2016-2023

Ambiente	Rend t ha ⁻¹	Índices ambientales
Carlos A. Carrillo, Ver. 2016B	7.29**	1.03
Cotaxtla, Ver 2016B	7.27**	1.01
Cotaxtla, Ver., 2018B	6.48	0.22
Carlos A. Carrillo, Ver. 2023A	6.46	0.20
Huimanguillo, Tab 2023A	6.39	0.13
Cotaxtla, Ver., 2022B	6.36	0.10
Cotaxtla, Ver., 2017B	6.03	-0.23
Cotaxtla, Ver., 2023A	5.72	-0.54
Huimanguillo 2018B	5.40	-0.86
Huimanguillo, Tab 2016B	5.18	-1.08
Promedio	6.26	

Rend t ha⁻¹= Rendimiento de grano en toneladas por hectárea; B= Ciclo agrícola primavera verano

Características agronómicas. Las cruza varietales registraron ciclo intermedio con 51 a 53 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja de 217 a 255 cm y de 108 a 132 cm para altura de planta y mazorca, respectivamente, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, tolerantes al acame,



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

con buena cobertura de mazorca, bajo porcentaje de mazorcas podridas y relación altura de mazorca/altura de planta entre 0.49 y 0.58 (Sierra *et al.*, 2018). (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características agronómicas de cruas varietales de maíz. Cotaxtla 2016B

Trat	Genealogía	Días a flor	Alt pl	Alt mz	Asp pl	Asp mz	San pl	San mz	% Cob	% Pod	Alt mz/ Alt pl
1	SINT2BxVS-536	51	238	130	1.7	2.3	1.8	2.2	0.79	3.73	0.55
2	SINT-5BxSINT-2B	52	225	117	2.3	2.2	2.5	2.2	9.41	2.81	0.52
3	SINT-5B X SINT-4B	53	237	128	2.7	2.7	2.3	2.3	9.15	4.61	0.54
4	V-537CxVS-536 (HV3)	51	227	122	2.2	2.8	2.3	2.3	2.98	6.39	0.54
5	SINT-4B X VS-537C	51	223	110	2.5	2.5	2.2	2.5	4.14	4.59	0.49
6	SINT-3B X VS-537C	52	245	120	2.5	2.5	2.5	2.7	4.45	4.35	0.49
7	SINT-5B X SINT-3B	52	227	117	2.3	2.7	2.3	2.2	6.03	5.89	0.52
8	SINT-4B X SINT-1BQ	52	235	118	2	2.2	2	2.2	0.67	1.33	0.5
9	SINT5BxVS-537C	51	225	113	2.3	2.2	2.3	2.2	5.02	3.56	0.5
10	H-518	52	222	112	1.5	2.0	1.5	2.0	4.11	4.36	0.5
11	SINT-3BxSINT-2B	52	225	132	2.5	2.3	2.2	2.3	1.39	2.75	0.58
12	SINT-4B X SINT-3B	52	223	117	1.8	2.5	2.2	2.3	3.35	2.99	0.52
13	SINT-1BQ X VS-536	53	238	130	2.3	2.5	2.5	2.2	2.54	3.38	0.54
14	SINT4BxVS-536	51	228	123	2.3	2.2	2.2	2.3	5	1.74	0.54
15	SINT-5B X SINT-1BQ	52	217	108	2.2	2.3	2.2	2.3	2.18	3	0.5
16	SINT-5B X VS-536	51	235	132	2.3	2.3	2.2	2.2	3.69	4.07	0.56
17	SINT4BxSINT2B	52	227	115	2.2	2.7	2.3	2.7	3.29	5.67	0.51
18	SINT-3BxSINT-1BQ	51	230	112	2.3	2.5	2.3	2.3	2.56	3.89	0.49
19	SINT-2B X VS-537C	51	255	140	2.2	2.2	2.7	2.2	8.99	4.56	0.55
20	VS-536xV-537C	52	253	142	2.2	2.8	2.2	2.7	2.66	5.77	0.56
21	SINT-1BQ	51	220	112	2.3	2.2	2.7	2.2	3.27	4.53	0.51
22	SINT-2B	52	212	115	2.7	2.3	2.3	2.3	1.95	2.53	0.54
23	SINT-3B	51	242	137	2.5	2.8	2.5	2.3	8.82	4.2	0.55
24	SINT-4B	52	225	118	2.3	2.5	2.3	2.3	2.38	5.14	0.53
25	SINT-5B	52	223	127	2	2.3	2.3	2	8.83	2.17	0.57
26	VS-536	52	232	132	2.5	2.7	1.7	2.7	4.78	3.98	0.57
27	V-537 C	52	225	115	2.3	2.8	2.5	2.5	5.87	6.98	0.51
28	H-520	51	228	122	2.2	2.3	2	2.2	4.11	4.04	0.53
Promedio		51.7	230.07	122	2.28	2.45	2.28	2.32	4.33	4.04	0.53
CME		0.97	687.3	589.1	0.27	0.30	0.30	0.25	42.45	11.8	50.3
CV (%)		1.91	11.39	19.89	22.79	22.35	24.02	21.15	150.47	85.03	13.38

Trat= Tratamiento; Alt pl= Altura de planta; Alt mz= Altura de mazorca; Asp pl= Aspecto de planta; Asp mz= Aspecto de mazorca; San pl= Sanidad de planta; San mz= Sanidad de mazorca; % Cob= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; % Pod= Porcentaje de mazorcas podridas.

Los híbridos varietales SINT-2BxVS-536, SINT-4BxVS-536, SINT-4BxSINT-2B (SINT-5BxVS-537C, SINT-3BxSINT-1BQ, SINT-5BxSINT-1BQ, pueden ser una alternativa en la producción de maíz (Sierra *et al.*, 2018). La cruza SINT4BxVS-536, presenta buen rendimiento y adaptación al trópico húmedo de México, es de ciclo intermedio con 52 días a la floración, 90 días a la madurez fisiológica y de 120 días de la siembra a la cosecha durante el ciclo primavera verano y bajo condiciones de temporal; Este híbrido presenta altura de planta y mazorca baja, tolerante al acame, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca y las hojas arriba de la mazorca en posición semierecta; La posición de la mazorca es desviada al plano distal de las hojas; presenta excelente cobertura de la mazorca, el grano es de color blanco y textura semidentada.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Comparaciones y pruebas de t. De las comparaciones y pruebas de t al 0.05 y 0.01 de probabilidad, se encontró que las cruza varietales registraron un rendimiento promedio de 6.39 t ha⁻¹, significativamente mayor en 9% en relación con el rendimiento promedio de los progenitores, con un valor de t calculada de 5.07** Así también, se registró ventaja en las calificaciones de aspecto de planta y de mazorca, sin embargo, no hubo significancia estadística. Lo anterior, sugiere que existe divergencia genética entre los progenitores, lo cual es también reflejado en los valores de heterosis con respecto al mejor progenitor que varió en las cruza sobresalientes desde 4.85 a 17.70% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparaciones y pruebas de t para híbridos varietales y sus progenitores. CIRGOC 2016-2023

Comparación	Rend t ha ⁻¹	% Rel	t Calc	Alt pl	% Rel	t Calc	Asp pl ^{2/}	% Rel	t Calc	Asp mz ^{2/}	% Rel	t Calc
Cruzas	6.38	109	5.07**	231.75	103	0.93NS	2.25	100	0.92NS	2.43	100	0.57NS
Progenitores	5.87	100		225.57	100		2.37	105		2.51	103	

t0.05 (54 GL) = 2.00; t0.01 (54 GL) = 2.66. Rend= Rendimiento de grano; % Rel= Porcentaje relativo; t Calc= t calculada para la comparación; Alt pl= Altura de planta; Asp pl= Aspecto de planta; Asp mz= Aspecto de mazorca; ^{2/}= Escala de calificación de 1 a 5 donde 1 es lo mejor y 5 es lo peor

Conclusiones

Los híbridos varietales sobresalientes al 0.01 de probabilidad, fueron: SINT2BxVS-536, SINT4BxVS-536 SINT4BxSINT2B, SINT5BxVS-536, SINT-5BxVS-537C, SINT1BQxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, con rendimiento de grano de 6.39 a 6.96 t ha⁻¹, rendimiento estadísticamente similar al registrado por el híbrido H-520.

Los porcentajes de Heterosis con respecto al mejor progenitor en las cruza varietales sobresalientes fueron: SINT-2BxVS-536 (17.70%), SINT-4BxVS-536 (15.80%), SINT4BxSINT-2B (10.78%), V-537CxVS-536 (11.21%).

Las cruza registraron un rendimiento promedio de 6.39 t ha⁻¹, 9% más en relación con los progenitores, así también mejor calificación de aspecto de planta y de mazorca.

Referencias

- Andrés M., P.; Vazquez C., G.; Sierra M., M.; Mejía C., A.; Molina G., J.D.; Espinosa C., A. et al., 2017. Genotype environment interaction on productivity and protein quality of synthetic tropical maize (*Zea mays* L.) varieties. *Interciencia* 42 (9): 578-585.
- Eberhart S., A. and Russell W., A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- García., M.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 246p.
- Gómez, M., N., Cantú A., M.A., Vásquez C., G., Hernández G., C.A., Espinosa, C., A. Sierra, M. M. et al. 2017. Híbrido de maíz H-568: Nueva opción para las áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *REMEXCA* 8 (5): 1213-1218.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnica básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. 460p.
- Reyes, C., P. 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas 3ª Ed. 348 p.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Espinosa, C., A., Andrés M., P. 2018. Adaptabilidad de híbridos trilineales de maíz en el área tropical de los estados de Veracruz y Tabasco, México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* 4 (11): 15-19.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2022. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas Producción agrícola*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SADER). Disponible en: <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas-de-produccion-agricola>. (Cons. 31 de julio del 2023). s/p.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MAÍZ EN LA PENINSULA DE YUCATÁN

Mirna Hernández Pérez^{*1}, Alfredo Josué Gámez Vázquez², Raymundo Javier Nava Padilla³, Jesús Manuel Soto Rocha ¹ y Damián Martínez Gómez ⁴

¹INIFAP CE-Edzná, ²INIFAP CE Bajío, ³INIFAP CE Chetumal y ³CBTa 169

^{*}Autor para correspondencia: hernandez.mirna@inifap.gob.mx

Palabras clave: selección, maíz, rendimiento

Introducción

En México, la producción de maíz es de suma importancia, debido a que contribuye a la autosuficiencia y soberanía alimentaria, propicia mayor economía en el sector rural y es un símbolo de identidad cultural. Principalmente porque es la base de la alimentación de millones de mexicanos, fundamental en la cocina tradicional, especialmente en forma de tortilla, fuente principal de energía y nutrientes. La producción nacional de maíz, que supera las 27.5 millones de toneladas anuales (SIAP; 2025), asegura un suministro de este grano esencial para la población. México posee una riqueza biocultural y genética, con variedades adaptadas a diferentes condiciones climáticas y ambientales, que deben ser preservadas. En la Península de Yucatán no existe un programa de generación de semilla de maíz para cumplir las necesidades de los productores; por lo tanto, los híbridos y variedades que se siembran tienen que ser introducidos por algunos promotores de ventas de semilla y agroquímicos, de otras áreas de la República, provenientes de los centros de mejoramiento genético del maíz que el INIFAP ha definido, y mayormente de las empresas nacionales o transnacionales. Actualmente el costo de producción del maíz de temporal resulta alto debido al incremento de los precios de agroquímicos, semilla y energéticos (Medina *et al.*, 2018). Asimismo, la rentabilidad es baja debido a que el material genético utilizado en la siembra muchas veces no aporta el rendimiento que de él se espera y tiene un alto costo. El INIFAP puede coadyuvar a mejorar la economía de los productores aportando el material genético y la tecnología de producción. **Objetivo.** Determinar la calidad de semilla producida en la Península de Yucatán con híbridos del INIFAP.

Materiales y métodos

Primera etapa: Selección de materiales de maíz generados por el INIFAP. Durante los años 2022 y 2023, en el ciclo productivo primavera-verano (P-V), bajo condiciones de temporal, se evaluó el rendimiento (RTO) a ocho genotipos de maíz generados por el INIFAP (H-565, H-520, H-567, H-391, H-392, Chichén-Itzá, Sac-Béh y Ocotito) más un testigo: H-YZ-1; los cuales fueron evaluados en seis localidades (Quetzalcóatl, Micaela, Felipe, Cafetalito, Chetumal y Chuhunhub), de la Península de Yucatán (Cuadro 1). En cada localidad se realizaron actividades de siembra, manejo, evaluación y selección. El Diseño Experimental fue bloques completos al azar (Fernández *et al.*, 2010) por localidad, con tres repeticiones. El análisis de varianza a una probabilidad de 99% y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$), (SAS, 2003).

Cuadro 1. Localidades de la Península de Yucatán utilizadas en la selección

1. Localidad	Localización geográfica	Altitud (msnm)	Tipo de suelo
Ejido Valle de Quetzalcóatl, Champotón, Campeche	19°13'09.16" N y 90°12'41.85" O	37	Yaax-hom
Rancho Villa Micaela, Hecelchakán, Campeche	20°10'52.34" N y 90°05'49.42" O	27	Kan-Kab
Ejido San Felipe II, Tekax, Yucatán	19°48'38" N y 89°28'05" O	40	Kan-Kab
Ejido Cafetalito, José María Morelos, Quintana Roo	19°43'42.30" N y 88°47'57.90" O	26	Kan-Kab*
C. E. Chetumal, Municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo	18°31'45" N y 88°27'56.89" O	25	Yaax-hom**
Ejido Chuhunhub, Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	19°34'33.85" N y 88°35'30.80" O	14	Kan-kab

Nota: msnm: metros sobre el nivel del mar. * Luvisol Férrico. ** Luvisol Crómico (Palma-López, *et al.*, 2017)

Segunda etapa: Producción de semilla. En el ciclo de producción otoño-invierno (O-I) 2022/23, bajo condiciones de riego, con los progenitores que presentaron los mejores rendimientos en la primera etapa: H-520 y H-391 (Cuadro 2). Las variables evaluadas fueron: rendimiento (RTO), altura de planta (ALT PTA), altura de mazorca (ALT MAZ), longitud de mazorca (LONG MAZ), diámetro de mazorca (DIAM MAZ), hileras por mazorca (HIL MAZ) y granos por hilera (GXHIL).

Cuadro 2. Materiales genéticos de maíz para producir semilla.

GENOTIPO	PROGENITORES		ORIGEN (CAMPO EXPERIMENTAL INIFAP)	CANTIDAD (KG)	
	Hembra (♀)	Macho (♂)		♀	♂ TOTAL
H-520	LT-154 X LT-155	LT-156	Cotaxtla (Ver)	27	14 41*
H-391	B49 x B41	B-51	Santiago Ixcuintla (Nay)	30	10 40

*Ciclo de producción O-I 2022-2023.

La producción de semilla fue evaluada en dos localidades: Yaxché y Chetumal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Localidades de la Península de Yucatán utilizadas en la producción de semilla

Localidad	Localización geográfica	Altitud (msnm)	Tipo de suelo
Asociación de Productores Yaxché II, Dzitbalché, Campeche	20°16'33.87" N y 89°55'19.80" O	37	Kankab
C. E. Chetumal, Municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo	18°34'25.83" N y 88°27'32.31" O	29	Kankab *

*Luvisol férrico

La densidad de población fue de 50,000 plantas por hectárea. Las fechas de siembra, los progenitores y el arreglo de siembra se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Fecha y arreglo de siembra para producir de semilla.

LOCALIDAD	FECHA DE SIEMBRA	PROGENITORES		ARREGLO (♀:♂)
		Hembra (♀)	Macho (♂)	
Asociación de Productores Yaxché II, Dzitbalché, Campeche	06-enero-2023	LT-154 X LT-155	LT-156	2:1
	22-enero-2023	B49 x B41	B-51	2:1
C. E. Chetumal, Municipio Othón P. Blanco, Quintana Roo	10-diciembre-2022	LT-154 X LT-155	LT-156	4:2
	10-diciembre-2022	B49 x B41	B-51	4:2

Ciclo de producción O-I 2022-2023.

Se le realizó el desespigue en las plantas progenitoras hembras (Figura 1)



Figura 1. Proceso de desespigue y parcela desespigada (Híbrido H-520)

Tercera etapa: Calidad de semilla obtenida. En el ciclo de producción P-V 2023, bajo condiciones de temporal, en la parcela demostrativa de Campeche, quien presentó los mayores rendimientos en la segunda etapa: Yaxché (Cuadro 5), se sembraron los dos híbridos previa prueba de germinación (H-391 presentó 96.7 %, mientras que H-520 tuvo un 97.3 %), con una superficie de una hectárea cada uno, las fechas de siembra estuvieron comprendidas del 01 al 15 de agosto de 2023 debido a que la instalación del temporal fue errática e inició muy tarde. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera.

Cuadro 5. Localidad de Campeche, utilizada en la evaluación de calidad de semilla obtenida

Localidad	Localización geográfica	Altitud (msnm)	Tipo de suelo
Asociación de Productores Yaxché II, Dzitbalché, Campeche	20°16'33.87" N y 89°55'19.80" O	37	Kankab*

msnm: metros sobre el nivel del mar. * Luvisol férrico



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Resultados y discusión

Primera etapa: Selección de materiales de maíz generados por el INIFAP. Los cuadrados medios (CM) del análisis de varianza (ANVA), mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$, Cuadro 6), para Quetzalcóatl, Micaela, Felipe, Cafetalito y Chetumal, mientras que para Chuhunhub, no hubo diferencias significativas.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de rendimientos de nueve materiales de maíz, evaluados en seis localidades de la Península de Yucatán.

FV	GL	QUETZALCÓATL.	MICAELA	FELIPE	CAFETALITO	CHETUMAL	CHUHUNHUB
TRAT	8	3160722**	904406**	2320787**	987867**	1055903**	1220653 ^{NS}
BLOQUES	2	350792	595259	45141	227386	10065	207065
Error	16	78671	127226	61479	108538	307565	677993
C.V. (%)		19.38	13.50	26.69	8.33	10.76	15.10

Diferencias estadísticas con $p \leq 0.01$. NS. No significativo. FV: Fuentes de Variación. TRAT: Tratamientos, C.V. (%): Coeficiente de Variación. GL: Grados de libertad. Ciclo productivo P-V 2022.

En Quetzalcóatl (Cuadro 7), los híbridos con mayores RTOS fueron H-520 y H-391 con 7.03 y 6.82 t ha⁻¹, que corresponden a incrementos del 72.6% y 67.4% respecto a la variedad Chichén-Itzá de más bajo RTO: 4.07 t ha⁻¹. En Micaela, los genotipos con mayores RTOS fueron: H-520, H-391, H-392, H-565, H-567, Ocotito y H-YZ-1, con RTOS que oscilan de 5.43 a 4.46 t ha⁻¹, que corresponden a incrementos que van desde 26.32% a 3.90%, respecto a la variedad Sac-Béh de más bajo RTO: 3.69 t ha⁻¹. En Felipe, los materiales genéticos con mayores RTOS fueron H-391, H-392 y H-520 con 4.48; 4.33 y 4.31 t ha⁻¹, correspondiendo a un incremento del 106.34%, 99.34% y 98.27% respecto a la variedad Sac-Béh, de más bajo RTO: 2.17 t ha⁻¹. En Cafetalito, los materiales con mayores RTOS fueron H-YZ-1, H-520, H-565, Ocotito, H-392 y H-567 con RTOS que oscilan de 8.27 a 7.37 t ha⁻¹, corresponden a incrementos que van del 27.72% al 13.85% respecto a la variedad Chichén-Itzá, de más bajo RTO: 6.48 t ha⁻¹.

Cuadro 7. Prueba de medias en el rendimiento de nueve genotipos de maíz evaluados en seis localidades de la Península de Yucatán.

TRAT	MEDIA ESTIMADA EN EL RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)										PENÍNSULA (PROMEDIO)		
	QUETZALCÓATL		MICAELA	FELIPE		CAFETALITO		CHETUMAL		CHUNHUHUB			
H-520	7.03	A	5.43	a	4.31	a	8.00	Ab	7.15	ab	6.14	a	6.34
H-391	6.82	A	5.39	a	4.48	a	6.92	Cd	6.19	ab	6.03	a	5.97
H-YZ-1	5.29	B	4.46	abc	2.86	bc	8.27	A	7.46	a	5.93	a	5.71
H-392	5.19	B	5.01	ab	4.33	a	7.44	Abc	6.64	ab	6.31	a	5.82
H-567	5.09	B	4.69	abc	3.08	b	7.37	Abcd	6.36	ab	6.60	a	5.53
H-565	5.08	b	4.86	ab	2.90	b	7.86	Abc	7.06	ab	6.82	a	5.76
Ocotito	4.78	bc	4.47	abc	2.44	bc	7.85	Abc	7.17	ab	5.46	a	5.36
Sac-Béh	4.18	c	3.69	c	2.17	c	7.14	Bcd	6.40	ab	4.72	a	4.72
Chichén-Itzá	4.07	c	4.30	bc	2.74	bc	6.48	D	5.59	b	5.57	a	4.79

Medias en una columna con la misma literal son estadísticamente similares (Tukey, 0.01). Ciclo productivo O-I 2022-2023.

En Chetumal, los genotipos con mayores RTOS fueron H-YZ-1, Ocotito, H-520, H-565, H-392, Sac-Béh, H-567 y H-391 con RTOS que oscilan de 7.46 a 6.19 t ha⁻¹, que corresponden a incrementos del 33.43 % al 10.66 % respecto a la variedad Chichén-Itzá, de menor RTO: 5.59 t ha⁻¹. En Chuhunhub, los nueve materiales evaluados se observan estadísticamente iguales; con RTOS que oscilan de 6.82 a 4.72 t ha⁻¹ (Cuadro 7). El promedio a nivel Península (Cuadro 7), los mayores RTOS obtenidos fueron de los híbridos H-520, H-391, H-392 y H-565, con RTOS de 6.34, 5.97, 5.82 y 5.76 t ha⁻¹, respectivamente; los cuales superaron al testigo H-YZ-1 (5.71 t ha⁻¹). Los genotipos H-567 y Ocotito presentaron RTOS de 5.53 y 5.36 t ha⁻¹, respectivamente y las de menor RTO fueron las variedades Chichén-Itzá (4.79 t ha⁻¹) y Sac-Béh (4.72 t ha⁻¹).

Segunda etapa: Producción de semilla. En los CM del ANVA Combinado (Cuadro 8), se observa diferencias significativas entre localidades para RTO, DIAM MAZ, HIL MAZ y GXHIL ($p \leq 0.05$), mientras que para genotipos se observa diferencias significativas para RTO, ALT PTA, LONG MAZ, HIL MAZ y GXHIL.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en producción de semilla, genotipos H-520 y H-391, en dos localidades de la Península de Yucatán.

FV	GL	RENDIMIENTO	ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	LONGITUD MAZORCA	DIÁMETRO MAZORCA	HILERAS MAZORCA	GRANOS HILERA
LOC	1	1049474.36**	0.24 ^{NS}	147.97 ^{NS}	1.13 ^{NS}	0.37**	1.8*	14.79**
LOC/BLK	8	68031.88	20.94	44.60	0.23	0.02	0.04	4.57
GEN	1	10007678.36**	1455.22**	696.20 ^{NS}	110.12**	1.04**	12.17**	434.31**
LOC*GEN	1	25232.74	22.90	0.51	0.60	0.01	0.01	0.072
C.V.(%)		11.8	3.1	10.8	5.8	1.7	2.7	4.1

Diferencias estadísticas con $p \leq 0.01$. FV: Fuentes de Variación. LOC: localidades (Chetumal, Quintana Roo y Yaxché II, Campeche). C.V (%): Coeficiente de Variación. GL: Grados de libertad. Ciclo productivo O-I 2022-2023.

En la prueba de medias para localidades y para genotipos (Cuadro 9 y 10), se observa que en RTO son estadísticamente diferentes. Yaxché mostró los mayores RTOS de ambos híbridos evaluados: 2.90 t ha^{-1} , que muestra un incremento del 19% respecto a Chetumal (2.44 t ha^{-1}). H-520 fue el que presentó los mayores RTOS con 3.38 t ha^{-1} , con un incremento del 72% respecto a H-391 (1.97 t ha^{-1}).

Cuadro 9. Prueba de medias en la producción de semilla para las localidades Yaxché y Chetumal, evaluadas con los genotipos H-520 y H-391.

LOC	RENDIMIENTO t ha^{-1}	ALTURA PLANTA cm	ALTURA MAZORCA cm	LONGITUD MAZORCA cm	DIÁMETRO MAZORCA cm	HILERAS MAZORCA número	GRANOS HILERA número
Yaxché	2.90 a	149.34 a	68.66 a	15.14 a	4.38 a	14.31 A	32.16 a
Chetumal	2.44 b	149.12 a	63.22 a	14.66 a	4.11 b	13.71 B	30.44 a

Medias en una columna con la misma literal son estadísticamente similares (Tukey, 0.05). Ciclo productivo O-I 2022-2023.

En ALT PTA y ALT MAZ, ambas localidades evaluadas fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$), mientras que, para los genotipos, fueron estadísticamente diferentes (Cuadros 9 y 10). En las localidades, los genotipos evaluados presentaron una ALT PTA muy similar (149 cm); así como una ALT MAZ de 69 y 63 cm, respectivamente. El genotipo H-391 presentó una ALT PTA de 157.8 cm y una ALT MAZ de 71.8 cm, mientras que el genotipo H-520 presentó 140.7 cm de ALT PTA y 60 cm de ALT MAZ (Cuadros 9 y 10).

Cuadro 10. Prueba de medias de producción de semilla para los genotipos, evaluados en las localidades de Yaxché II, Campeche y Chetumal Quintana Roo.

GEN	RENDIMIENTO t ha^{-1}	ALTURA PLANTA cm	ALTURA MAZORCA cm	LONGITUD MAZORCA cm	DIÁMETRO MAZORCA cm	HILERAS MAZORCA número	GRANOS HILERA número
H-520	3.38 A	140.70 b	60.04 b	17.25 a	4.48 a	14.84 a	35.96 a
H-391	1.97 B	157.76 a	71.84 a	12.55 b	4.02 b	13.28 b	26.64 b

Medias en una columna con la misma literal son estadísticamente similares (Tukey, 0.05).
Ciclo productivo O-I 2022-2023.

En LONG MAZ las localidades de Yaxché y Chetumal fueron estadísticamente iguales, mientras que en DIAM MAZ estas localidades fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), caso contrario en la prueba de medias para los genotipos, se observa que tanto en LONG y DIAM MAZ, las localidades evaluadas fueron estadísticamente diferentes. En las localidades, los genotipos presentaron una media de LONG MAZ de 15 cm y un DIAM MAZ de 4 cm, mientras que por genotipo la media de LONG MAZ para el H-520 fue de 17 cm y de 13 cm para H-391 y de DIAM MAZ fue de 4 cm para ambos genotipos evaluados (Cuadros 9 y 10). En el NUM HIL por mazorca, tanto en las localidades como en los genotipos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), mientras que en número de GXHIL en las localidades fueron estadísticamente iguales y en genotipos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). Los genotipos H-391 y H-520 en las localidades de Yaxché y Chetumal presentaron 14 HIL MAZ cada uno, de las cuales presentaron 32 GXHIL en Yaxché y 30 GXHIL en Chetumal. El genotipo H-520 en las localidades de Yaxché y Chetumal presentó 15 HIL MAZ con 36 GXHIL, en comparación con el genotipo H-391 en las mismas localidades presentó 13 HIL MAZ con 27 GXHIL (Cuadros 9 y 10).

Tercera etapa: Calidad de semilla obtenida. Los resultados de los CM del ANVA (Cuadro 11), presenta diferencias significativas entre genotipos para ALT MAZ, HIL MAZ y GXHIL ($p \leq 0.05$).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza de semilla obtenida con dos materiales de maíz, evaluados en Campeche.

FV	GL	RENDIMIENTO	ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	LONGITUD MAZORCA	DIÁMETRO MAZORCA	HILERAS MAZORCA	GRANOS HILERAS
GEN	1	707812.05 ^{NS}	387.17 ^{NS}	550.92**	0.023 ^{NS}	0.004 ^{NS}	10.99 **	42.72**
BLK	3	31257.74	106.52	22.99	0.55	0.015	0.05	10.76
C.V. (%)		11.0	6.5	6.5	5.3	4.5	3.2	7.7

Diferencias estadísticas con $p \leq 0.01$. FV: Fuentes de Variación. GEN: genotipo. BLK: bloque. C.V (%): Coeficiente de Variación. GL: Grados de libertad. Ciclo productivo P-V 2023.

En la prueba de medias (Cuadro 12), en el RTO, los genotipos H-520 y H-391 son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$). H-520 presentó los mayores RTOS con 4,089 kg ha⁻¹, que corresponde a un incremento del 16.2% respecto al H-391, quien tuvo un rendimiento promedio de 3,501 kg ha⁻¹.

Cuadro 12. Prueba de medias de grano obtenido con dos materiales de maíz, evaluados en Campeche.

GENOTIPO	RENDIMIENTO kg ha ⁻¹	ALTURA PLANTA cm	ALTURA MAZORCA cm	LONGITUD MAZORCA cm	DIÁMETRO MAZORCA cm	HILERAS MAZORCA número	GRANOS HILERAS número
3. H-520	4089.24 a	203.76 a	109.76 b	16.44 a	4.30 a	16.40 a	36.36 a
2. H-391	3500.76 a	220.46 a	128.06 a	14.23 b	4.28 a	14.24 b	33.68 b

Medias en una columna con la misma literal son estadísticamente similares (Tukey, 0.01 y 0.05). Ciclo productivo P-V 2023.

En ALT PTA, los genotipos evaluados fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$), mientras que para ALT MAZ, fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). H-391 presentó 221 cm de ALT PTA y 128 cm de ALT MAZ y H-520 presentó 204 cm de ALT PTA y 110 cm de ALT MAZ. En LONG MAZ, H-520 fue estadísticamente diferente a H-391 ($p \leq 0.05$), H-520 presentó 16.44 cm de largo, H-391 con 14.23 cm de largo. En DIAM MAZ los genotipos evaluados fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$). H-520 y H-391, presentaron un diámetro de mazorca de 4.30 y 4.28 cm, respectivamente. En el número de HIL MAZ y número de GXHIL, el H-520 fue estadísticamente diferente al H-391 ($p \leq 0.05$). H-520 presentó 16.4 HIL MAZ y 36.4 GXHIL. H-391 presentó 14.2 HIL MAZ y 33.7 GXHIL (Cuadro 12).

Conclusiones

En la primera etapa: selección de materiales de maíz generados por el INIFAP, los híbridos H-520, H-391, H-392 y H-565 son los que presentaron los mayores rendimientos de 6.34, 5.97, 5.82 y 5.76 t ha⁻¹, respectivamente, por lo que son viables de difundir entre los productores de grano y semilla en la Península de Yucatán, en contraste con el testigo, el híbrido H-YZ-1, que registró 5.71 t ha⁻¹. En la segunda etapa: producción de semilla, con los progenitores de los híbridos con los mayores rendimientos de a etapa uno; H-520 y H-391, la localidad Yaxché de Campeche fue la que mostró los mayores rendimientos para ambos híbridos con 2.9 t ha⁻¹, mientras que en la localidad de Chetumal, Quintana Roo fue de 2.4 t ha⁻¹. A nivel Península, el híbrido H-520 fue el que presentó los mayores rendimientos con 3.4 t ha⁻¹, en tanto que el H-391 presentó un rendimiento de 2.0 t ha⁻¹. En la tercera etapa: Calidad de semilla obtenida: La semilla generada de estos dos híbridos (H-520 y H-391), al ser evaluadas en campo, el híbrido H-520 presentó los mayores rendimientos con 4.1 t ha⁻¹, mientras que el híbrido H-391 tuvo un rendimiento de 3.5 t ha⁻¹, corroborando su calidad y demostrando que tienen potencial para ser producidos en la Península de Yucatán.

Bibliografía consultada.

- Fernández ER, Trapero A y Domínguez J. 2010. Experimentación en agricultura. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla Esp. P. 93.
- Medina MJ, Alejo SG, Soto RJM, Hernández PM, Villalobos GA. 2018. Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el Estado de Campeche. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen especial No. 21. P 4306-4316.
- Palma-López. D. J., J. Zavala-Cruz, F. Bautista-Zúñiga, M. A. Morales-Garduza, A. López-Castañeda, E. D. Shirma-Torres, R. SánchezHernández, A. J. Peña-Peña, S. Tinal-Ortiz. 2017. Clasificación y SAS, Statistical Analysis System. 2003. SAS online Doc. Version 9.3. Institute, Inc. Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/en/documentation/all-products-documentation.html>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2025. Sistema de información agroalimentaria de consulta. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

PRODUCCIÓN DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ DURANTE EL CICLO OTOÑO INVIERNO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Mauro Sierra Macías^{1/*}, Clara Ríos Isidro^{1/}, Noel Orlando Gómez Montiel^{2/}, Sabel Barrón Freyre^{3/}, Reyna Michelle Fierro López^{4/}

^{1/} Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Km 34 Carr. Veracruz- Córdoba CP 94270 Medellín de Bravo, Veracruz.; ^{2/}Campo Experimental Iguala Km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Col. Centro, Iguala de la Independencia, Guerrero., CP 40000; ^{3/} Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carr. Huimanguillo-Cárdenas Col. Centro, CP 86400 Huimanguillo, Tabasco; ^{4/}Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, San Bartolo Tuxtepec, Oaxaca.; *Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Híbridos, Humedad residual

Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, su superficie sembrada y generar el 36% del valor de la producción agrícola. Durante 2024, fueron sembradas 7.244 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 6.65 millones fueron para grano, con un rendimiento medio de 3.70 t ha⁻¹ una producción de 24.33 millones de toneladas y un consumo per cápita aparente de 358.69 kg; Se utilizan para el consumo directo 19.35 millones de toneladas, 33% a través de la industria harinera y 67% en la industria de la masa y la tortilla en la nixtamalización; 570 mil hectáreas para la producción de forraje con rendimiento de 30.31 t ha⁻¹ de forraje verde. Durante 2024 se importaron 22.3 millones de toneladas de grano amarillo (SIAP, 2024).

En la región tropical húmeda en el sureste de México, que cubre los estados de Veracruz, Tabasco, Puebla, Campeche, Yucatán, Q. Roo, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, San Luis Potosí, Hidalgo y Sur de Tamaulipas, se siembran 3.0 millones de hectáreas con maíz, de las cuales, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad; Particularmente, durante el ciclo otoño invierno, se sembraron 468,739 hectáreas con maíz bajo condiciones de “tonalmil”, mismas que se logran con la humedad residual del temporal y las lluvias ocasionales provocadas por los vientos “nortes” y 89,284 hectáreas bajo condiciones de riego con rendimientos medios de 2.06 y 4.06 t ha⁻¹, para cada condición de siembra, respectivamente (SIAP, 2024). En esta superficie, es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades con buen potencial de rendimiento bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo agronómico por parte de los agricultores (Sierra *et al.*, 2023).

En la formación de híbridos es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), buen rendimiento *per se*, tolerancia al estrés biótico y abiótico, facilidad y rentabilidad en la producción comercial de semilla (Sierra *et al.*, 2023; Gómez *et al.*, 2017). La semilla mejorada es el insumo más importante en la producción de maíz, pues representa el potencial genético y la calidad de la producción. En el uso de semilla híbrida, se aprovecha la varianza genética desviación de aditividad y las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz, dada por la heterocigosis al cruzar progenitores de maíz con relativa divergencia genética (Reyes, 1985; Sierra *et al.*, 2023).

Para la región tropical, Reyes, 1985, usó el patrón heterótico Trópico húmedo x trópico seco en la formación de los híbridos H-503 y H-507. Sierra *et al.*, (2004), usaron como probadores líneas endogámicas de buena aptitud combinatoria específica (ACE), LT154, LT155, CML247 y CML254, las cuales permitieron identificar líneas avanzadas y separar grupos heteróticos y en las cuales se pueden encontrar mejores combinaciones híbridas que puedan ser producidas comercialmente en el trópico húmedo de México.

Los híbridos varietales representan una alternativa en la producción comercial de maíz debido a la heterosis que resulta de cruzar dos variedades de polinización libre como progenitores; así también, solamente hay que mantener dos progenitores, por lo tanto, es más fácil y rentable la producción comercial de semilla (Sierra *et al.*, 2023). La adaptabilidad de los genotipos permite conocer la respuesta a los



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico (Andrés *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2023).

Los objetivos de este trabajo fueron: Conocer el potencial de producción y las características agronómicas de híbridos y variedades de maíz prospectos durante el ciclo otoño invierno bajo condiciones de humedad residual y riego en la región tropical húmeda de México.

Materiales y Métodos

Localización. El área tropical húmeda de México García (2004), engloba, el grupo climático A (Aw, Am y Af), con temperatura media de 25 °C y precipitación anual de 1400 mm. Las localidades de evaluación fueron: Campo Cotaxtla, CBTA 84 Carlos A. Carrillo, Veracruz., y Huimanguillo Tabasco., con clima Aw1, Aw2 y Am, respectivamente.

Germoplasma utilizado. El germoplasma utilizado es perteneciente a la raza Tuxpeño, son cruza varietales de maíz formadas con variedades sintéticas experimentales pertenecientes a la raza Tuxpeño; Se evaluaron 20 genotipos, de los cuales, 9 son cruza varietales, 6 sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y los híbridos H-567, H-518 y H-520 como testigo.

Descripción de los experimentos. Durante el ciclo otoño invierno 2022/23 se evaluaron 20 genotipos de maíz, los cuales se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de cuatro surcos de 5 m de largo, separados a 80 cm en una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹. Las malezas fueron controladas con base en Atrazina en aplicación preemergente y se controlaron plagas del follaje durante el desarrollo del cultivo. Se fertilizó con la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en la etapa de amacollamiento previo al atierre.

Variables y registro de datos. Durante el desarrollo del cultivo se registraron las variables: Rendimiento de grano, días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca; Aspecto y sanidad de planta y mazorca, número de plantas, % de plantas acamadas, % de mazorcas con mala cobertura; Número de mazorcas, % de humedad y % de mazorcas podridas.

Métodos estadísticos. Se realizó un análisis de varianza individual para cada experimento y un análisis combinado para rendimiento de grano en los tres ambientes de evaluación y para la separación de medias se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), $\alpha=0.05$ y 0.01. Se hicieron comparaciones y pruebas de t $\alpha=0.05$ y 0.01 para cruza y sus progenitores; Se calcularon los porcentajes de heterosis con respecto al mejor progenitor (Reyes, 1985) con la fórmula:

$$\% \text{ de Heterosis} = \frac{F1 - \text{Mejor progenitor}}{\text{Mejor progenitor}} \times 100$$

Resultados y discusión

Rendimiento de grano. Del análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en genotipos de maíz en tres ambientes, se encontró significancia al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para Ambientes (A) y para la interacción GxA. La significancia para la interacción sugiere que el rendimiento de los híbridos a través de los ambientes es diferente (Sierra *et al.*, 2023). En este análisis, la varianza mayor fue registrada para Ambientes, con un valor de 7.98**; lo que significa que los ambientes son diferentes en cuanto a las condiciones de suelo y clima; Así también, el coeficiente de variación (9.55%), valor relativamente bajo, sugiere que el manejo de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables (Cuadro 1).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en genotipos de maíz en tres ambientes de Veracruz y Tabasco otoño invierno 2022/23

Fuente Variación	GL	SC	CM	F Calc	Ft0.05	Ft0.01
Genotipos (G)	19	67.55	3.55**	9.86	1.66	2.03
Ambiente (A)	2	15.97	7.98**	22.17	3.09	4.79
Interacción GxA	38	119.89	3.16**	8.78	1.5	1.76
Error	114		0.36			
CV (%)			9.55			

GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación.

El rendimiento de los híbridos varietales de maíz a través de los tres ambientes de evaluación, identificó un grupo sobresaliente al 0.05 de probabilidad, tales fueron: SINT2BxSINT4B, SINT4BxSINT2B, SINT4BxVS-536 y V-537CxVS-536, con rendimiento de grano de 7.26 a 6.75 t ha⁻¹, estadísticamente similar al registrado por el híbrido H-520, (7.19 t ha⁻¹), utilizado como testigo y tienen la ventaja desde el punto de vista del mantenimiento de solamente dos progenitores, variedades de polinización libre adaptadas al trópico húmedo con buen rendimiento y características agronómicas pero sobre todo facilidad y rentabilidad en la producción comercial de semilla, particularmente, la semilla de estos híbridos varietales pueden ser producidos en una relación 6:2, lo que significa sembrar 6 surcos hembra y 2 surcos macho (Sierra *et al.*, 2023; Gómez *et al.*, 2017). Los porcentajes de heterosis con respecto al mejor progenitor, variaron de -3.07 a 27.47%; en las cruza varietales sobresalientes al 0.05 de probabilidad, estos variaron de 17.18 a 26.04; Particularmente, las cruza varietales SINT2BxSINT4B, SINT4BxVS-536 y V-537CxVS-536 registraron 26.04%, 17.36% y 17.18% para cada cruza, respectivamente, estos valores sugieren que existe divergencia genética entre los progenitores (Sierra *et al.*, 2023; Reyes, 1985; Sierra *et al.*, 2004).

Cuadro 2. Rendimiento de grano en genotipos de maíz en tres ambientes de Veracruz y Tabasco otoño invierno 2022/23

Trat	Genealogía	Cotaxtla	Carrillo	Huimanguillo	Promedio	% Rel	% Heterosis
7	SINT2BxSINT4B	7.13	7	7.66	7.26*	101.02	26.04
17	H-520	6.07	7.93	7.58	7.19*	100.00	
10	SINT4BxSINT2B	6.07	6.89	7.62	6.86*	95.41	19.09
4	SINT4BxVS-536	6.57	6.85	6.85	6.76*	93.97	17.36
5	V-537CxVS-536	6.18	7.54	6.54	6.75*	93.93	17.18
2	SINT 2BxVS-536	6.04	6.88	6.97	6.63	92.21	17.34
18	H-567	5.31	7.7	6.75	6.59	91.61	
3	SINT 3BxVS-536	6.31	6.49	6.79	6.53	90.82	11.43
1	SINT1BQxVS-536	5.81	6.52	6.59	6.31	87.71	27.47
6	SINT-5B X VS-536	5.71	6.66	6.49	6.29	87.44	0.96
8	SINT-5B	6.05	6.45	6.2	6.23	86.69	
19	H-518	5.19	7.48	5.86	6.18	85.91	
11	TS6	6.15	5.72	5.94	5.94	82.57	
15	V-537 C	5.22	6.1	6.27	5.86	81.55	
20	SINT 8C	5.55	6.21	5.78	5.85	81.32	
12	SINT-4B	4.88	6.02	6.38	5.76	80.11	
14	SINT-3B	5.86	4.83	6.35	5.68	79.00	
9	VS536xV537C	5.98	6.33	4.72	5.68	78.95	-3.07
13	SINT-2B	5.23	5.91	5.8	5.65	78.54	
16	VS-536	4.69	5.28	4.87	4.95	68.80	
	Suma	117.14	130.57	128.8	125.50		
	PROMEDIO	5.86	6.53**	6.44**	6.28		
	CV (%)	12.77	5.2	10.06	9.55		
	CME	0.56	0.1128	0.42	0.36		
	DMS0.05				0.56		

Comparaciones y pruebas de t. De la comparación de cruzas varietales y sus progenitores para rendimiento de grano, se encontró un valor promedio para las cruzas de 6.56 t ha^{-1} y para los progenitores de 5.65 t ha^{-1} , un valor de t Calculada de 5.83^{**} diferencia altamente significativa y un % relativo de 116% en relación con los progenitores, es decir, las cruzas rindieron en promedio 16% más que sus progenitores (Cuadro 3). Una ventaja de la cruza varietal es que el mantenimiento de los progenitores es relativamente más fácil por ser dos variedades de polinización libre con buen rendimiento y características agronómicas y adaptadas al trópico húmedo de México.

Cuadro 3. Comparaciones y prueba de t de cruzamientos varietales y sus progenitores. Veracruz y tabasco otoño invierno 2022/23.

Comparación	Rendimiento Promedio	T Calc	% Relativo
Cruzas varietales	6.56	5.83**	116%
Progenitores	5.65		100%

**/ Significancia de la comparación al 0.01 de probabilidad

Índices ambientales. Los ambientes de Carlos A. Carrillo, Ver. 2023A y Huimanguillo, Tab. 2023A registraron rendimientos promedio significativamente más altos al 0.01 de probabilidad con 6.53^{**} y 6.44^{**} t ha^{-1} y valores positivos en los índices ambientales con 0.25 y 0.16 para cada ambiente respectivamente, mientras que la localidad de Cotaxtla en 2023A registraron los rendimientos medios más bajos con índice ambiental negativos de -0.42 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índices ambientales de híbridos varietales de maíz Veracruz y Tabasco. Otoño invierno 2022/23

Ambiente	Rend t ha^{-1}	Índices ambientales
Carlos A. Carrillo, Ver. 2023A	6.53**	0.25
Huimanguillo, Tab 2023A	6.44**	0.16
Cotaxtla, Ver., 2023A	5.86	-0.42
Promedio	6.28	

Rend t ha^{-1} = Rendimiento de grano en toneladas por hectárea; A= Ciclo agrícola otoño invierno; **/ Significancia en los ambientes al 0.01 de probabilidad

Características agronómicas. Por lo que se refiere a las características agronómicas, los híbridos y variedades evaluados son de ciclo biológico intermedio con 57 a 63 días a la floración masculina, altura de planta y mazorca baja con 154 a 217 cm y de 77 a 120 cm para altura de planta y mazorca, respectivamente, estas cruzas presentan buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, tolerancia al acame, con buena cobertura de la mazorca, presentan bajo porcentaje de mazorcas podridas y una relación altura de3 mazorca altura de planta entre 0.44 y 0.58, es decir, la altura de mazorca es a la mitad de la altura de planta, lo que se refleja en mayor tolerancia al acame (Gómez *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2023). (Cuadro 5).

Conclusiones

Los híbridos varietales SINT2BxSINT4B, SINT4BxSINT2B, SINT-4BxVS-536 and V-537CxVS-536 registraron rendimientos de grano que variaron de 7.26 a 6.75 t ha^{-1} , similares al registrado por el H-520 (7.19 t ha^{-1}) usado como testigo

Los híbridos varietales SINT4BxVS-536 y V-537CxVS-536, representan una alternativa en la producción de maíz durante el ciclo otoño invierno en los estados de Veracruz y Tabasco.

La Heterosis en cruzas varietales sugieren que existe divergencia genética entre los progenitores

Cuadro 5. Características de planta y mazorca en genotipos de maíz Carlos A. Carrillo 2023A.

Trat.	Genealogía	Días flor	Alt pl	Alt mz	asp pl	san pl	mz pod	Cob	asp mz	san mz	Rel Alt mz/alt pl
1	SINT-1 BQ X VS-536	60	176	101	2.0	2.0	0.0	1.0	1.83	1.33	0.57
2	SINT-2B X VS-536	60	196	98	2.0	2.0	0.0	2.0	1.50	1.50	0.50
3	SINT-3B X VS-536	60	169	98	2.2	2.2	0.3	3.0	1.83	1.50	0.58
4	SINT-4B X VS-536	60	205	105	1.7	1.7	0.0	2.0	1.67	1.67	0.51
5	V-537C X VS-536	60	217	120	1.5	1.5	0.0	2.0	1.50	1.33	0.55
6	SINT-5B X VS-536	60	211	118	2.0	2.2	0.0	1.3	1.50	1.50	0.56
7	SINT-2B X SINT-4B	59	180	85	2.2	2.0	0.7	2.0	1.33	1.67	0.47
8	SINT-5B	60	155	77	2.3	2.0	0.7	2.0	2.00	1.83	0.50
9	VS-536 X V-537C	59	170	88	2.8	2.5	2.0	2.0	2.67	2.50	0.52
10	SINT-4B X SINT-2B	59	186	98	2.2	2.0	1.0	1.7	1.67	1.67	0.53
11	TS6	57	179	96	2.5	2.2	1.3	2.0	2.17	2.17	0.54
12	SINT-4B	59	178	87	2.0	2.0	0.3	2.0	2.33	2.00	0.49
13	SINT-2B	60	190	92	2.5	2.2	1.0	2.0	2.50	2.00	0.48
14	SINT-3B	60	211	103	2.0	2.0	1.0	2.0	2.50	2.17	0.49
15	V-537C	63	184	88	2.0	2.0	1.0	2.0	1.50	1.83	0.48
16	VS-536	61	192	84	2.0	1.8	0.7	2.0	1.83	1.83	0.44
17	H-520	59	174	84	1.5	1.7	0.3	2.0	1.50	1.67	0.48
18	H-567	60	188	89	1.7	1.5	0.0	2.0	1.67	1.67	0.47
19	H-518	59	154	83	1.8	1.8	0.3	2.0	1.33	1.50	0.54
20	SINT-8C	59	172	85	2.5	2.0	0.3	2.0	2.00	1.83	0.49

Trat= Tratamiento; **Alt pl**= Altura de planta; **Alt mz**= Altura de mazorca; **Asp pl**= Aspecto de planta; **Asp mz**= Aspecto de mazorca; **San pl**= Sanidad de planta; **San mz**= Sanidad de mazorca; **% Cob**= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; **% Pod**= Porcentaje de mazorcas podridas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento y apoyo en la presente investigación

Referencias

- Gómez M., N.; Cantú A., M.A.; Vásquez C., G.; Hernández G., C.A.; Espinosa C., A.; Sierra M., M.; *et al.*, 2017. Híbrido de maíz H-568, Nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 8 (5): 1213-1218
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2024. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas Producción agrícola*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SADER). Disponible en: http://www.gob.mx/siap/acciones_y_programas_de_produccion_agricola. (Cons. 5 de julio del 2025). s/p.
- Reyes C., P. 1985. *Fitogenotecnica básica y aplicada*. AGT Editor, México. 460 p.
- Sierra, M., M.; Rodríguez M., F.A.; Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Andrés M., P.; Gómez M., N.O. 2023. Adaptabilidad de cruza varietales de maíz en Veracruz y Tabasco. *Remexca* Vol 14 (3): 327-337
- Sierra M., M.; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdoba O., H.; Lezama G., R. y Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agríc. Téc. Méx.* Vol. 30 (2): 169-181.

RENDIMIENTO DE LINEAS AVANZADAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN JUAN JOSÉ RÍOS SINALOA

Raúl Hipólito Saucedo Acosta¹, Franklin Gerardo Rodríguez Cota¹, Ricardo Torres Cialiqui², Hugo Beltrán Peña², Carlos Patricio Saucedo Acosta*

Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP¹ Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte-UAS²,
Autor para correspondencia saucedap@uas.edu.mx

Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia económica y social en México. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de líneas avanzadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El trabajo se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte, se evaluaron 31 líneas avanzadas y cuatro variedades comerciales de frijol tipo azufrado y una de tipo alubia, durante tres ciclos otoño-invierno (2020/2021, 2021/2022 y 2022/2023), en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se analizaron días a floración, madurez fisiológica y rendimiento de grano. Los genotipos presentaron un ciclo de crecimiento intermedio, con floración entre 46 y 72 días después de la siembra y madurez fisiológica alrededor de 105 días. El rendimiento mostró diferencias entre genotipos, la línea MO 13-14-ELAZCel (16) presentó el mayor rendimiento con 3.2 t ha⁻¹ y fue superó a 18 líneas avanzadas y a las variedades comerciales Janasa y Adufrado Noroeste (DHS= 0.87, p≤ 0.01). El ciclo 2021/2022 tuvo el menor rendimiento con 0.98 t ha⁻¹, atribuido a la siembra tardía. Las líneas avanzadas MO 13-14-ELAZCel (16), 31-1-M, MO DGO 91-92 3563, *MO 13-14-ECALFrCL (4) y MO 13-14-ELAZCel (3) muestran un potencial de rendimiento superior a la variedad comercial Adufrado Higuera, lo anterior evidencia el avance en el mejoramiento genético del frijol realizado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Palabras Clave: Rendimiento de grano, fitomejoramiento, líneas avanzadas.

Abstract

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is of great economic and social importance in Mexico. This study aimed to evaluate the yield of advanced bean lines. The research was conducted at the Campo Experimental Valle del Fuerte, assessing 31 advanced lines, four commercial sulfur-type bean varieties, and one alubia-type variety in three autumn-winter cycles (2020/2021, 2021/2022, and 2022/2023), using a randomized complete block design with three replications. Days to flowering, physiological maturity, and grain yield were analyzed. The genotypes exhibited an intermediate growth cycle, with flowering between 46 and 72 days after sowing and physiological maturity around 105 days. Yield showed significant differences among genotypes, with the MO 13-14-ELAZCel (16) line achieving the highest yield of 3.2 t ha⁻¹, outperforming 18 advanced lines and the commercial varieties Janasa and Adufrado Noroeste (HSD= 0.87, p≤ 0.01). The 2021/2022 cycle had the lowest yield at 0.98 t ha⁻¹, attributed to late planting. Advanced lines MO 13-14-ELAZCel (16), 31-1-M, MO DGO 91-92 3563, MO 13-14-ECALFrCL (4), and MO 13-14-ELAZCel (3) demonstrated yield potential superior to the commercial variety Adufrado Higuera, evidencing progress in bean genetic improvement conducted by the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Keywords: Grain yield, plant breeding, advanced lines.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie de gran importancia económica y social en México. La mayoría de la siembra de frijol se realiza en el ciclo otoño-invierno, y durante el periodo de 2019 a 2023, en condiciones de riego, se cultivaron en promedio 122,890.4 ha, con un rendimiento medio de 1.4 t ha⁻¹. En este contexto, el frijol tipo azufrado representa aproximadamente el 50 % de la superficie dedicada a esta leguminosa, con 62,668.9 ha y un rendimiento de 1.8 t ha⁻¹. La mayor superficie establecida, con este tipo de frijol, se presenta en el estado de Sinaloa con 53,913.7 ha (SIACON, 2024).

La siembra de frijol en Sinaloa se realiza con variedades de grano amarillo (azufrado), apreciadas por su alta calidad. La superficie cultivada varía según la demanda del mercado, que en México es de alrededor de 120,000 toneladas al año, pero cuando se supera esta cantidad, la comercialización se complica y disminuye el precio para el productor (Salinas et al., 2010). La variedad Adufrado Higuera, liberada por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), es una de las más usadas



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

en la entidad debido a su calidad y rendimiento y con gran aceptación por los comercializadores (Anaya *et al.*, 2021).

El uso de una o dos variedades de frijol representa un riesgo para la aparición de epidemias debido a la reducida diversidad genética. Por ello, el INIFAP se enfoca en desarrollar variedades de frijol tipo azufrado con grano grande, alto rendimiento, tolerancia a enfermedades y amplia adaptación (Salinas *et al.*, 2012). Lo anterior implica identificar y seleccionar genotipos con características sobresalientes, para ello se evalúa la interacción del genotipo con el ambiente y las variables consideradas con respecto al grano son el rendimiento y sus propiedades físicas.

La caracterización y selección de variedades se basa en el rendimiento y la calidad física del grano de frijol, lo que influye en su rentabilidad y comercialización. Por ello, es necesario evaluar estas características para identificar genotipos sobresalientes (Sauceda *et al.*, 2023). Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de líneas avanzadas de frijol en Guasave, Sinaloa.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Sinaloa, durante los ciclos otoño-invierno 2020/2021, 2021/2022 y 2022/2023. El suelo del sitio es arcillo arenoso, profundo y sin problemas de salinidad. Los genotipos utilizados fueron 31 líneas avanzadas y cuatro variedades comerciales de frijol tipo azufrado y una de tipo alubia, liberadas por el INIFAP.

Cuadro 1.- Líneas avanzadas y variedades de frijol evaluadas en el Campo Experimental Valle del Fuerte durante tres ciclos Otoño-Invierno (2020/2021, 2021/2022, 2022/2023).

Genotipo	Genealogía	Genotipo	Genealogía
1	AZ REG 87xAZPA5xII5xG22242xXAN 145 MCM	19	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (34)
2	AZPA5xCAN 100 6-CM MMM	20	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (36)
3	*MO 13-14-ECALFrCL (4)	21	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (37)
4	AZ. REG. 87x CAN 103 24-1-M	22	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (38)
5	AZPA5xFJxCAN 101XG 42121 CM M	23	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (39)
6	MO DGO 91-92 3563	24	MO 13-14-ELAZCel (1)
7	31-1-M	25	MO 13-14-ELAZCel (2)
8	CHOQUI 96xPI272001 ESP. 1-CM MMM	26	MO 13-14-ELAZCel (3)
9	AZPA5xCAN 100 6-1-1-1-M	27	MO 13-14-ELAZCel (5)
10	AZPA5xAZPA5xCAN 72 5-2-2-1-2-M	28	MO 13-14-ELAZCel (10)
11	MO 13-14-INT. AZ CEL 7X7 (1)	29	MO 13-14-ELAZCel (11)
12	MO 13-14-INT. AZ CEL 7X7 (2)	30	MO 13-14-ELAZCel (15)
13	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (3)	31	MO 13-14-ELAZCel (16)
14	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (9)	32	JANASA
15	MO 13-14	33	AZUFRASIN
16	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (20)	34	AZUFRADO HIGUERA
17	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (22)	35	AZUFRADO NOROESTE
18	MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (24)	36	ALUYORI

La siembra se realizó en húmedo, después del riego de presembrado, con una densidad poblacional de 16 plantas m⁻². Las fechas de siembra fueron el 30 de octubre de 2020, el 8 de diciembre de 2021 y el 27 de octubre de 2022. La fertilización se aplicó durante la presembrado con 103 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 52 kg ha⁻¹ de fósforo; se aplicaron tres riegos de auxilio. El combate de mosca blanca se realizó con Imidacloprid a dosis de 0.25 L ha⁻¹. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental constó de cuatro surcos de seis metros de longitud y separación entre camas de 0.8 m, mientras que la parcela útil se conformó por cinco metros de los dos surcos centrales (8.0 m²).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

La floración y madurez fisiológica se contabilizaron en días después de la siembra (dds), la cosecha del grano se realizó de forma manual y se registró el número de plantas cosechadas. El rendimiento ($t\ ha^{-1}$) se estimó después de la criba y limpieza del grano. El análisis de datos fue con el SAS en línea (SAS® OnDemand For Academics). La normalidad se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk, la comprobación de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett. Los días a floración y madurez fisiológica, se compararon por medio de estadísticos descriptivos. El rendimiento de grano se evaluó mediante ANDEVA y se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.01$).

Resultados y discusiones

La primera flor se presentó alrededor de los 46 dds y la última ocurrió en promedio a los 72 dds. La madurez fisiológica se alcanzó en alrededor de 105 dds. El inicio de floración fue la más precoz en la línea MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (36) con 42 dds, mientras que la más tardía con 52 dds para MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (34). El periodo de floración fue de 26 días. De acuerdo con los días a floración y a madurez, el ciclo de los genotipos es intermedio (Salinas *et al.*, 2012).

El rendimiento de grano mostró diferencias entre genotipos ($DHS = 0.87$, $p \leq 0.01$), la línea MO 13-14-ELAZCel (16) tuvo $3.2\ t\ ha^{-1}$ y fue diferente a 18 líneas avanzadas y las variedades Janasa y Azufrado Noroeste, que mostraron un rendimiento inferior a $2.3\ t\ ha^{-1}$. El menor rendimiento lo mostró la línea MO 13-14-INT. AZ. CEL 7X7 (22) con $1.3\ t\ ha^{-1}$. La identificación de líneas con alto potencial de rendimiento y calidad similar a la variedad Azufrado Higuera pueden ser propuestas como nuevas variedades.

Cuadro 2.- Rendimiento medio de líneas avanzadas y variedades de frijol en el Campo Experimental Valle del Fuerte durante tres ciclos Otoño-Invierno (2020/2021, 2021/2022, 2022/2023).

Genotipo			Rendimiento		
Genotipo			Rendimiento		
31	3.2	a	9	2.3	bcdefghi
7	2.9	ab	22	2.3	bcdefghi
32	2.8	abc	11	2.1	bcdefghij
6	2.7	abc	12	2.1	bcdefghij
36	2.6	abcd	16	2.1	bcdefghij
3	2.6	abcde	15	2.1	cdefghij
26	2.6	abcde	35	2.1	cdefghij
34	2.6	abcdef	2	2.0	cdefghij
24	2.6	abcdef	4	2.0	cdefghij
8	2.5	abcdefg	5	1.8	defghij
30	2.5	abcdefg	1	1.8	efghij
21	2.5	abcdefg	29	1.8	efghij
27	2.4	abcdefg	14	1.8	fghij
20	2.4	abcdefgh	19	1.7	ghij
23	2.4	abcdefghi	25	1.7	ghij
10	2.4	bcdefghi	13	1.6	hij
33	2.3	bcdefghi	18	1.5	ij
28	2.3	bcdefghi	17	1.3	j

Medias con letras iguales en las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.01$).

El rendimiento promedio más bajo se obtuvo en el ciclo 2021/2022 con $0.98\ t\ ha^{-1}$ y fue diferente ($DHS = 0.17$, $p \leq 0.01$) a los ciclos 2020/2021 y 2022/2023, lo cual se asocia con la fecha de siembra tardía (8 de diciembre) por estar fuera del periodo óptimo para las variedades de frijol de tipo Azufrado, cultivadas en



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

condición de riego en el estado de Sinaloa (Salinas *et al.*, 2012). La interacción del ciclo de producción con el genotipo fue significativa sobre el rendimiento, aunque la interacción es relevante como fuente de variación, su comparación tiene poco sentido, ya que el efecto del ciclo de producción en el desarrollo y crecimiento de los cultivos corresponde a factores variables (precipitación, temperaturas, presencia de patógenos, etc.) y la magnitud de la respuesta varía en función de la fecha de siembra.

Conclusiones

Las líneas avanzadas MO 13-14-ELAZCel (16), 31-1-M, MO DGO 91-92 3563, *MO 13-14-ECALFrCL (4) y MO 13-14-ELAZCel (3) presentan potencial de rendimiento superior a la variedad comercial Azufrado Higuera, lo anterior evidencia el avance en el mejoramiento genético del frijol realizado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Fuente financiera para este trabajo fue en colaboración de las dos instituciones (inifap-uas)

Referencias

- Anaya L, J. L. A., Pérez, F. J. I., Rodríguez, Cota, F. G., Ortega, M. P. F., Chiquito, A. E., y Acosta, G. J. A. (2021). Leguminosas de grano en México: variedades mejoradas de frijol y garbanzo desarrolladas por el INIFAP. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, (25), 63-75.
- Salinas, P. R. A., Acosta, G. J. A., Rodríguez, C. F. G., y Padilla, V. I. (2010). Aluyori, nueva variedad de frijol blanco (alubia) para Sinaloa y El Bajío, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 669-675.
- Salinas, P. R. A., Rodríguez, C. F. G., Padilla, V. I., Valencia, M. Y., Ortiz, C. H. G., y Acosta, G. J. A. (2012). Janasa, nueva variedad de frijol tipo azufrado para el estado de Sinaloa, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 397-402.
- Sauceda, A. C. P., Rodríguez, C. F. G., Cota, S. M. A., Flores, S. J. L., y Saucedo, A. R. H. (2023). Calidad física y rendimiento del grano de frijol azufrado en el norte de Sinaloa. *Biotechnia*, 25(3), 79-84.
- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta) (2024). Banco de datos. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siaconn>.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO Y DEL CARBONO DE UN SUELO CAÑERO FERTILIZADO CON NPK

Yves Jean Baptiste¹, Armando Guerrero-Peña^{1*}, Eugenio Carrillo-Avila², Eustolia García-López¹, José
Jesús Obrador-Olan¹, y Apolonio Valdez-Valero¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, km 3.5.
Cárdenas-Huimanguillo. 86500 Cárdenas, Tabasco, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Federal Haltunchén - Edzná
km 17.5, C.P. 24450, Sihochac, Champotón, Campeche, México.

*Autor para correspondencia: garmando@colpos.mx

Introducción

La mineralización del nitrógeno (N) y del carbono (C) son procesos biogeoquímicos que ocurren en los ecosistemas edáficos, intrínsecamente relacionados con las comunidades microbianas, que transforman los compuestos orgánicos en formas inorgánicas disponibles para las plantas. En la literatura se argumenta que la fertilización química o convencional aumenta la actividad microbiana del suelo, el cual bioestimula la mineralización del nitrógeno (N) y la respiración de suelo (C-CO₂); Lamprey et al. (2018) indicaron que la adición de N al suelo estimula la respiración de suelo (C-CO₂) y que este depende de la cantidad añadida.

En los suelos cañeros de Tabasco, México, son escasos los estudios sobre la mineralización del N y del C, especialmente cuando se adicionan fertilizantes orgánicos e inorgánicos. En esta investigación se propuso evaluar la mineralización del N y del C cuando se aplican fertilizantes inorgánicos a un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en un suelo cañero clasificado como Vertisol, ubicado en el área de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), en las coordenadas 18°03'30" latitud N, 93°30'30" longitud O, en el Poblado C-28, Coronel Gregorio Méndez Magaña del municipio de Cárdenas, Tabasco, México. El clima es Am(i') tropical húmedo con abundantes lluvias en verano, la temperatura y precipitación media anual son de 26 °C y 2,163 mm, respectivamente, y la altitud de 11 msnm (Salgado-García *et al.* 2017).

La muestra de suelo se tomó en un solo punto mediante un muestreo dirigido a juicio del investigador, con objeto de eliminar la variabilidad natural y favorecer la homogeneidad para realizar el experimento en laboratorio. La muestra fue introducida en bolsa de polietileno y transportada al Laboratorio Agroindustrial, Suelo, Planta y Agua (LASPA) del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, donde fue secada a la sombra, molida y pasada por un tamiz malla No. 10 (2 mm) para determinar el nitrógeno y el carbono (C-



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

CO₂) mineralizados. Estas evaluaciones se hicieron mediante uso de dos dosis de fertilización nombrado tratamiento uno y dos (T1 y T2) y un testigo (T0) sin fertilizantes con formulaciones 210-60-100, 200-100-200 y 0 kg ha⁻¹ NPK para T1, T2 y T0 respectivamente.

Mineralización de nitrógeno

La determinación del nitrógeno mineralizable se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Keeney y Bremner (1967). Para ello, se pesaron 10 g de suelo previamente tamizado a 2 mm, los cuales se mezclaron con 30 g de arena de cuarzo lavada y tamizada con un tamaño de partícula entre 1 y 2 mm, conformando así una unidad experimental (UE). A cada unidad se le adicionaron 0.399 g, 0.72 g y 0 g de fertilizante NPK, correspondientes a los tratamientos T1, T2 y T0, respectivamente, en función de la formulación establecida para cada uno, y con siete repeticiones para cada tratamiento. Cada UE se ajustó a 60 % de su capacidad de campo, se tapó con una plástica y se incubó a una temperatura de 30 °C por un periodo de 14 días. Al culminar este periodo se elevaron la plástica y se determinó el NH₄⁺ y el NO₃⁻ según la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002)

Mineralización del carbono C-CO₂

Para el estudio de la mineralización de carbono (C-CO₂), se adaptó la metodología de la FAO (2023), extendiendo el periodo de 13 días debido a la aplicación de dos tratamientos de fertilización. Se realizaron mediciones en los días 1, 3, 6, 8, 10 y 13 después de iniciar la activación de la muestra. Para ellos, se pesaron en un frasco 20 g de suelo y ajustado a capacidad de campo y fertilizado según el tratamiento, y en otro frasco se agrega 10 mL de NaOH para conformar cada unidad experimental (UE), ambos frascos se colocaron dentro de otro frasco de 1.5 L, sellado e incubados a 24 °C. Se utilizaron dos tratamientos y un testigo (T1, T2 y T0) con siete repeticiones, por un total de 21 UE, cada tratamiento siguiendo las formulaciones contenían 0.997, 1.438 y 0 kg de NPK para T1, T2 y T0 respectivamente. Se cambiaron los frascos que contenían la solución de NaOH en cada fecha de medición, se controló la humedad de las muestras gravimétricamente y reponiendo el agua perdida cuando fue necesario. El C-CO₂ capturado se cuantificó por titulación HCl (0.05 M) en presencia de fenolftaleína y luego de la precipitación de los carbonatos con 5 mL de BaCl₂ al 2 %. A continuación, los datos de C-CO₂ fueron ajustados mediante la modificación de la ecuación de Stanford y Smith (1972) para conocer el carbono potencialmente mineralizable (Co) la constante de mineralización y el carbono labil de esta unidad de suelo.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, dos tratamientos y un testigo con siete repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANAVA, para la comparación



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

múltiple de medias se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia $p = 0.05$, mediante el programa estadístico INFOSTAT-2020.

Resultados y Discusión

Mineralización del nitrógeno y del carbono

La **Figura 7** muestra los resultados del ANAVA de la mineralización del nitrógeno en mg kg^{-1} , el T0 mostró diferencia estadística altamente significativa entre T1 y T2 para ($p \leq 0.01$), los tratamientos fertilizados (T1 y T2) mostraron valores estadísticamente iguales y superior al testigo (T0), con coeficiente de variación inferior a 10%. Estos resultados indicaron que fertilización estimuló significativamente la mineralización del nitrógeno del suelo al aumentar la actividad microbiana.

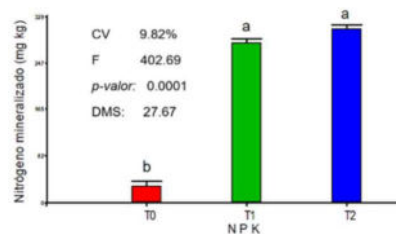


Figura 7. Nitrógeno mineralizado en un Vertisol con dos dosis de fertilización (NPK). CV: coeficiente de variación (%); F: Valor de F calculado en el ANAVA; DMS: diferencia mínima significativa; P-valor: Nivel observado de significancia. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$: diferencia estadística significativa y altamente significativa, respectivamente

La **Figura 8** presentan los valores del ANAVA de la mineralización del C-CO₂ de los diferentes tratamientos. T1 y T2 ambos fertilizados con NPK, registraron valores significativamente mayores, similares y estadísticamente diferentes en comparación con T0 sin fertilizados ($p \leq 0.01$), indicando efecto positivo de la fertilización NPK, con un coeficiente de variación (CV%) inferior a 10%, cual respalda la consistencia de los resultados. Guo et al. (2019) reportaron aumento de 7.4% con fertilización NPK, lo cual contradice este estudio con aumento de 50% y 43% para T1 y T2 respectivamente frente al testigo T0.

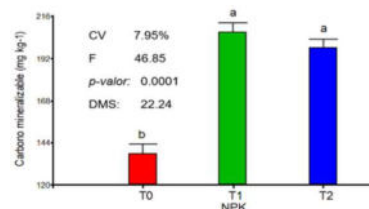


Figura 8. Nitrógeno mineralizado en un Vertisol con dos dosis de fertilización (NPK). CV: coeficiente de variación (%); F: Valor de F calculado en el ANAVA; DMS: diferencia mínima significativa; P-valor: Nivel observado de significancia. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$: diferencia estadística significativa y altamente significativa, respectivamente



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

El comportamiento de la liberación, acumulación y simulación de C-CO₂ de los tratamientos durante el periodo se visualiza en la **Figura 9**. Los valores acumulados de T1 y T2 se ubicaron en rango de 104.77 a 207.58 mg kg⁻¹ y para el testigo T0 de 62.27 a 138.18 mg kg⁻¹. Mientras, los valores simulados presentan un comportamiento constante en forma exponencial creciente que se aproxima a un máximo. El T1 y T2 fertilizados alcanzaron valores más altos, los cuales sugieren efecto positivo del fertilizante NPK en la actividad microbiana en la descomposición de la materia orgánica, la mineralización de C-CO₂ y la disponibilidad de nutrientes.

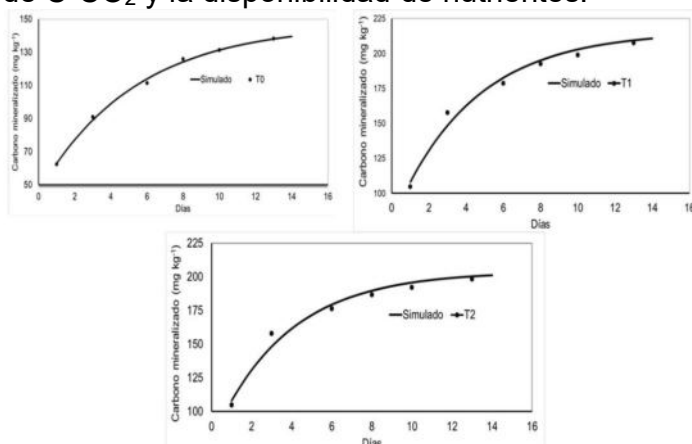


Figura 9. Dinámica de la acumulación del carbono mineralizado en un suelo Vertisol cañero en el área de influencia del ingenio presidente Benito Juárez (IPBJ). Ct: carbono mineralizado acumulado (mg kg⁻¹).

El **Cuadro 1** muestra los valores C-CO₂ potencialmente mineralizable obtenidos con el mejor ajuste del modelo, los cuales indican que este suelo tiene potencial para mantener alta actividad microbiana y la liberación de elementos esenciales en el tiempo, en específico en presencia de un bioestimulante como reporta Torres Lozada *et al.* (2021).

Cuadro 1 T₀: testigo; T₁: tratamiento uno; T₂: tratamiento dos; Co: carbono orgánico potencialmente mineralizable (mg kg⁻¹); K: constante de mineralización; R²: coeficiente de determinación.

Tratamientos	Co (mg kg)	C1	K	R ²
T0 (Suelo +Arena)	147.1	45.59	0.18	0.996
T1 (Suelo +Arena +F1)	215.92	79.7	0.23	0.98
T2 (suelo +Arena + F2)	204.14	77.95	0.27	0.976

La **Figura 10** muestra la tasa de mineralización de carbono en el periodo, el T1 y T2 fertilizados, muestran mayor tasa de mineralización al inicio en comparación del T0 y se estabiliza en el transcurso del tiempo, el cual indica una alta actividad microbiana al inicio debido a la alta disponibilidad del sustrato lábil.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

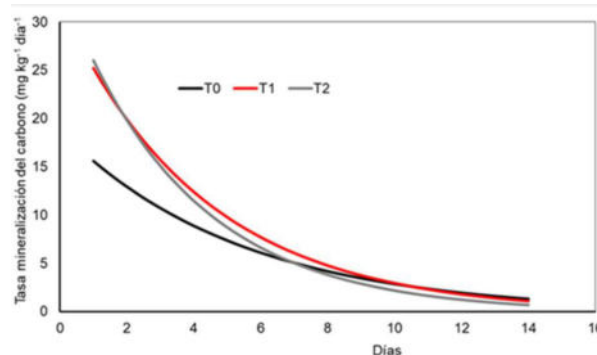


Figura 10. Tasa de mineralización del carbono en un suelo Vertisol cañero en el área de influencia del ingenio presidente Benito Juárez (IPBJ).

Conclusión

La fertilización NPK tuvo un efecto positivo significativo en la mineralización del nitrógeno y del carbono de un suelo cañero (Vertisol) de la Chontalpa, Tabasco, México, ya que, el T1 y T2 mineralizaron más N y C que el T0. En el caso del N solo se obtuvo la mineralización total durante el periodo de la incubación. El estudio de la mineralización del N es aplicable en los programas de fertilización de la caña de azúcar. Las emisiones de CO₂ indican la actividad microbiana, así como su importancia en el ambiente.

Literatura Citada

- FAO. 2023. Standard operating procedure for soil respiration rate. Rome.
- Keeney, D. R., & Bremner, J. M. (1967). Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 6. Mineralizable nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, 31(1), 34-39.
- Lamprey, S., Li, L., & Xie, J. (2018). Impact of nitrogen fertilization on soil respiration and net ecosystem production in maize. *Plant, Soil and Environment*, 64(8), 353-360. <https://pse.agriculturejournals.cz/magno/pse/2018/mn8.php>
- Salgado-García, S., Palma-López, DJ, Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, CF, Lagunes-Espinoza, LC, Ortiz-Ceballos, AI, & Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agro Productividad*, 10 (12), 16-21
- Stanford, G., & Smith, S. J. (1972). Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 36(3), 465-472.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GENOTIPOS DE MAÍZ CON Y SIN CAL EN SUELOS ÁCIDOS DE TABASCO

Sabel Barrón Freyre^{1*}, Óscar Hugo Tosquy Valle², Rigoberto Zetina Lezama², Marcos Ventura Vázquez Hernández²

Palabras clave: *Mejoramiento genético, suelos tropicales, acidez*

Introducción

El maíz es el único cereal que puede ser usado como alimento en cualquier etapa del desarrollo de la planta, su consumo anual per cápita es de 196.4 kg (SAGARPA, 2017); se siembra en todos los estados de la República mexicana y durante el año agrícola 2023 se sembraron 6,941,031 hectáreas con un volumen de producción de 27,549,918 y un rendimiento medio de 4.28 t/ha (SIAP, 2023); en el sureste de México destacan Chiapas, Oaxaca y Veracruz con 1,327,895, 708,192 y 1,343,228 toneladas respectivamente (SIAP, 2023).

En Tabasco para el mismo año se cosecharon 179,808 toneladas en una superficie de 89,298 hectáreas y un rendimiento promedio de 2010 kg ha⁻¹ (SIAP, 2023), tanto el volumen de producción como el rendimiento se consideran bajos, el primero dada la baja superficie sembrada y el rendimiento por factores bióticos y abióticos como la acidez que presentan los suelos y el exceso o deficiencia de agua en los ciclos de siembra (Zetina *et al.*, 2002).

La acidez es una propiedad de los suelos que disminuye la producción de especies, dentro de ellas el maíz, se estima que en México existen alrededor de 14.7 millones de hectáreas de suelos ácidos, la gran mayoría en estados del sureste del país como Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Tabasco (Zetina *et al.*, 2002), en Tabasco la superficie estimada de este tipo de suelos es de 617,697 ha, que representa el 24.5 % de la superficie Estatal (Palma y Cisneros, 1996).

En este tipo de suelos las plantas presentan deficiencias nutrimentales debido a la lixiviación de calcio, magnesio y potasio y por la baja disponibilidad de fósforo (Fragoso *et al.*, 2005), además, por la alta concentración de aluminio intercambiable que provoca toxicidad a las plantas y reduce el crecimiento de raíces (Zetina *et al.*, 2002), por ello en este trabajo el objetivo fue identificar genotipos de maíz que muestren mejor comportamiento productivo en suelos ácidos con cal y sin cal en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

En el ciclo primavera-verano 2024/24, en condiciones de temporal, se condujo un ensayo con 12 variedades de maíz, en un terreno ubicado en la localidad de Ocuapan, municipio de Huimanguillo, Tab., a una latitud 17° 52' 0.021" N y longitud 93° 31' 4.735" O y a una altitud de 30 msnm. El clima que prevalece en el sitio experimental es cálido húmedo, Am(f), con temperatura media anual de 26.2°C y precipitación pluvial anual de 2290 mm. El suelo donde se estableció el ensayo es de textura franco arcillo arenosa, fuertemente ácido (pH promedio inicial de 4.9). Otras características del sitio señalan que el contenido de materia orgánica es de 4.28%, nitrógeno total de 0.15%, fósforo de 2 mg kg⁻¹, calcio y magnesio intercambiables de 1.98 y 0.46 cmol kg⁻¹, respectivamente, contenido de potasio de 0.06 cmol kg⁻¹, fierro de 81 mg kg⁻¹ y capacidad de intercambio catiónico de 9.64 cmol kg⁻¹ de suelo.

Las variedades evaluadas fueron cinco híbridos varietales (SINT 2B x V-540, SINT 3B x V-540, SINT 4B x V-540, SINT 5B x V-540, V-537C x V-540), tres liberadas (H-518, H-520, V-537C) y cuatro progenitores (V-540, SINT 1A, SINT 2B, SINT 4B).

1*. Investigador del Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP.

2. Investigador del Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, utilizando parcelas de cuatro hileras de 5 m de longitud, distanciados a 0.80 m, donde la parcela útil correspondió a las dos hileras centrales. La siembra se realizó el 10 de julio de 2024; se depositaron tres semillas cada 40 cm, para obtener una densidad de población inicial de 62,500 plantas ha⁻¹. Se fertilizó en banda, 7 días después de la siembra, con el tratamiento 60-40-30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, para lo cual se utilizaron como fuentes urea, fosfato diamónico (18-46-0) y cloruro de potasio; una segunda fertilización con urea (60 kg ha⁻¹ de N) se realizó a los 27 días de la siembra.

El control de malezas se inició con el segundo paso de rastra 8 días antes de la siembra, aplicación de atrazina (2 L/ha de gesaprim autosuspensible) en preemergencia y un a limpia manual a los 27 días de la siembra. El manejo de plagas como la diabrotica y el gusano cogollero se inició a los 20 días con la aplicación de Spinetoram (Palgus a 100 ml/ha), y se continuó con una aplicación de cipermetrina (0.25 L/ha) a los 36 días.

Durante el ciclo del cultivo se registró la precipitación pluvial ocurrida en el sitio experimental y se cuantificaron los días a la floración masculina y femenina, la altura de planta y de mazorca, el rendimiento de grano ajustado al 14 % de humedad y se calificó la presencia de enfermedades (escala 1 a 5) como la roya y el tizón en los genotipos evaluados. Se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y en los casos que se detectó significancia entre tratamientos, para la separación se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad de error (DMS, $\alpha = 0.05$)

Resultados y Discusión

Precipitación pluvial ocurrida.

La precipitación pluvial acumulada de la estación más cercana al sitio experimental del momento de la aplicación de cal a la siembra fue de 322.0 mm, cantidad que permitió una adecuada incorporación de la cal al suelo y por consecuencia incremento en el pH del mismo; de la siembra a floración se acumularon 310.5 mm y de la floración a madurez fisiológica 462.0 mm para un total de 772.5 mm, cantidad que se encuentra dentro del rango de necesidades de agua del maíz (Kranz *et al.*, 2008), esto implica una buena distribución de la lluvia en el ciclo; de la siembra a la cosecha del cultivo se precipitaron 1220.8 mm, cantidad que puede significar un exceso de agua de acuerdo a los requerimientos del maíz, sin embargo, el exceso en todo caso, se presentó después de la dobla de cultivo ya que se acumularon de la dobla a la cosecha 448.3 mm cantidad que no afectó el rendimiento de grano ni la calidad del mismo dado la realización de la dobla, práctica que ayuda a minimizar la pudrición de la mazorca cuando se presentan excesos de humedad en este período.

pH del suelo.

El pH del suelo fue de 4.9 antes de la aplicación de 2.5 t/ha de cal dolomita, al finalizar el ciclo el pH cuantificado fue de 5.7 lo cual demuestra el efecto de la cal sobre el grado de acidez del suelo y en este caso el efecto positivo sobre el desarrollo del maíz en suelos ácidos.

Variables de respuesta

En el ensayo con dolomita se detectó significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.01$ o 0.05) en todas las variables cuantificadas, en tanto que, en el ensayo conducido en condiciones naturales de acidez edáfica, no se detectaron diferencias significativas en los días a floración masculina, ni en la incidencia a enfermedades. Los valores de coeficiente de variación fueron menores a 16%, lo que sugiere una baja variabilidad de los datos registrados y una alta confiabilidad en los resultados obtenidos en ambos ensayos.

Con y sin aplicación de dolomita H-518 fue el genotipo más precoz con un tiempo en llegar a la floración masculina y femenina significativamente inferior al del resto de los genotipos (Cuadro 1). La precocidad de este híbrido le permite escapar a los periodos de sequía terminal que comúnmente se presentan en las siembras de maíz del ciclo otoño-invierno, antes de que se presenten problemas más críticos por falta de



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

humedad (Bolaños y Edmeades, 1990). A su vez, SINT 4B fue el genotipo más tardío en llegar a la floración masculina, con un tiempo estadísticamente similar al de la variedad V-540, así como al de las cruces intervarietales SINT 4B x V-540 y SINT 3B x V-540, así mismo, este genotipo alcanzó la floración femenina en un tiempo estadísticamente similar al de la variedad V-540, que fue la más tardía.

Cabe señalar que, en ambas condiciones de acidez de suelo, el tiempo a la floración masculina y femenina no se relacionó significativamente con el rendimiento de maíz, además de que ningún genotipo mostró reducción en el número de días a la floración masculina y femenina por efecto de la acidez del suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del estrés por suelo ácido en los días a floración masculina y femenina de genotipos de maíz, con y sin aplicación de dolomita. Ocuapan, Tab., México. Ciclo P-V 2024.

Genotipo	FM (d) [†]		Reducción (%) [§]	FF (d) ^{††}		Reducción (%)
	CD [‡]	SD ^{¶¶}		CD	SD	
V-540	53.50ab	55.25	+3.27	54.00a	55.50	+2.78
V-537C	52.25c	53.00	+1.44	52.25c	53.50	+2.39
SINT 4B x V-540	52.75abc	53.50	+1.42	52.75bc	54.00	+2.37
SINT 2B x V-540	52.25c	53.75	+2.87	52.25c	53.75	+2.87
V-537C x V-540	52.50bc	52.50	0.00	52.75bc	52.75	0.00
H-520	52.00cd	53.00	+1.92	51.75cd	53.00	+2.42
H-518	50.00e	53.00	+6.00	49.75e	52.75	+6.03
SINT 4B	53.75a	54.75	+1.86	53.75ab	55.50	+3.26
SINT 3B x V-540	52.75abc	53.50	+1.42	52.50c	53.75	+2.38
SINT 1A	52.25c	54.00	+3.35	52.25c	54.25	+3.83
SINT 2B	51.00de	53.00	+3.92	51.00d	53.25	+4.41
SINT 5B x V-540	52.50bc	53.25	+1.43	52.50c	54.00	+2.86
Promedio ^{§§}	52.29	53.54	+2.39	52.29	53.83	+2.94
DMS (0.05)	1.168			1.168		
Correl. (r) con RG [‡]	0.375 ns	-0.083ns		0.290 ns	0.006 ns	

[†]Días a floración masculina. ^{††}Días a floración femenina. [§]Porcentaje de reducción debido al estrés por suelo ácido. [‡]Con aplicación de dolomita. ^{¶¶}Sin aplicación de dolomita. ^{§§}Promedio de la variable, con y sin aplicación de dolomita. [‡]Coefficiente de correlación con rendimiento de grano. *Genotipos con letras diferentes en cada columna de las variables: días a floración masculina (FM) y días a floración femenina (FF), son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Con dolomita, SINT 4B fue el genotipo de porte más bajo, con una altura promedio significativamente inferior a la del resto de los genotipos. La característica de planta baja que mostraron estos genotipos es favorable para disminuir los riesgos de acame del cultivo, principalmente en las siembras del ciclo de otoño-invierno donde es común la ocurrencia de vientos fuertes del norte (Sierra *et al.*, 2019). Sin aplicación de dolomita, SINT 4B también se ubicó en el grupo de genotipos que presentaron plantas con una altura promedio estadísticamente inferior, en donde las del híbrido H-518 fueron las de menor altura (Cuadro 3). H-518 también presentó el mayor porcentaje de reducción (21.48%) de esta característica por efecto de la acidez del suelo, muy superior al promedio porcentual; sin embargo, la altura de planta tampoco se asoció significativamente con el rendimiento de grano (Cuadro 2).

Un comportamiento similar se tuvo con la altura de mazorca, en donde las plantas de SINT 4B presentaron el valor más bajo de esta característica en el ensayo con dolomita y se ubicó en el grupo sobresaliente de genotipos que presentaron la altura más baja sin dolomita. Aunque la reducción promedio en altura de mazorca (19.80%) por efecto de la acidez del suelo fue mayor a la de altura de planta, esta variable tampoco se relacionó con el rendimiento de grano (Cuadro 2).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Con respecto a la reacción a enfermedades foliares, principalmente provocadas *Helmintosporium turcicum*, en el ensayo con dolomita, H-518 fue el más afectado, seguido de la variedad V-540, cuyo valor de incidencia fue significativamente mayor al de los otros 10 genotipos (Cuadro 3). Bajo estas condiciones de suelo encalado, la incidencia de estas enfermedades, afectaron significativamente el rendimiento de maíz ($r = -0.758^{**}$), mientras que, en condiciones naturales de acidez edáfica esta variable no se relacionó con una menor producción de maíz ($r = 0.304$ ns).

Cuadro 2. Efecto del estrés por suelo ácido en altura de planta y mazorca de genotipos de maíz evaluados, con y sin aplicación de dolomita. Ocuapan, Tab., México. Ciclo P-V 2024.

Genotipo	AP (cm) [†]		Reducción (%) [§]	AM (cm) ^{††}		Reducción (%)
	CD [¶]	SD ^{¶¶}		CD	SD	
V-540	264.00ab	241.00a	8.71	127.75ab	110.75a	13.31
V-537C	248.25bcd	222.50abc	10.37	106.00cd	87.50cde	17.45
SINT 4B x V-540	257.00abc	215.75bcd	16.05	119.50abc	91.75bcd	23.22
SINT 2B x V-540	272.25a	227.75abc	16.35	130.50a	103.50abc	20.69
V-537C x V-540	264.00ab	242.75a	8.05	119.75abc	102.50abc	14.41
H-520	250.75bcd	212.50cde	15.25	114.50bc	86.00cde	24.89
H-518	243.25cd	191.00e	21.48	108.50cd	70.00e	35.48
SINT 4B	226.50e	204.50cde	9.71	95.00d	77.50de	18.42
SINT 3B x V-540	258.50abc	228.25abc	11.7	126.50ab	98.75abc	21.94
SINT 1A	250.00bcd	221.25abc	11.5	113.50bc	91.75bcd	19.16
SINT 2B	236.25de	193.25de	18.2	113.25bc	86.00cde	24.06
SINT 5B x V-540	254.75bc	239.75ab	5.89	114.50bc	108.25ab	5.46
Promedio ^{§§}	252.12	220.02	12.73	115.77	92.85	19.80
DMS (0.05)	15.964	24.533		14.509	18.018	
Correl. (r) con RG [‡]	0.454 ns	0.465 ns		0.429 ns	0.529 ns	

[†]Altura de planta. ^{††}Altura de mazorca. [§]Porcentaje de reducción debido al estrés por suelo ácido. [¶]Con aplicación de dolomita. ^{¶¶}Sin aplicación de dolomita. ^{§§}Promedio de la variable, con y sin aplicación de dolomita. [‡]Coefficiente de correlación con rendimiento de grano. *Genotipos con letras diferentes en cada columna de las variables: altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

En el Cuadro 3, se muestran que, con dolomita, un grupo de seis genotipos produjeron los mayores rendimientos de grano, los más productivos fueron: el H-520 y las cruas intervarietales SINT 3B x V-540 y SINT 2B x V-540. Estas mismas cruas, junto con SINT 4B x V-540 fueron las más rendidoras en condiciones naturales de acidez de suelo, siendo esta característica la más afectada por este factor ambiental limitante de la producción de maíz con un valor promedio de reducción cercano a 23%. En general, los genotipos con los menores rendimientos en suelo ácido no encalado mostraron los valores más altos de reducción, tal es el caso del híbrido H-518, las variedades V-537C y V-540; por el contrario, genotipos con altos rendimientos como la crua intervarietal SINT 3B x V-540, presentó la menor reducción por efecto de la acidez del suelo (Cuadro 3).

Con aplicación de dolomita se obtuvo un rendimiento promedio de 3,791.29 kg ha⁻¹, superior al obtenido sin su aplicación, lo que representó un incremento del 29.8%. La alta respuesta observada en el rendimiento de grano por la aplicación de dolomita confirma la susceptibilidad del maíz a la acidez de los suelos ácidos de Tabasco, la cual afecta significativamente el rendimiento de grano (López *et al.*, 2019).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 3. Efecto del estrés por suelo ácido en incidencia de enfermedades y el rendimiento de genotipos de maíz, con y sin aplicación de dolomita. Ocuapan, Tab., México. Ciclo P-V 2024.

Genotipo	ENF (1-5) [†]		Reducción (%) [§]	RG (kg ha ⁻¹) ^{††}		Reducción (%)
	CD [¶]	SD ^{¶¶}		CD	SD	
V-540	2.12ab	2.00	5.66	3307.25d	2294.00e	30.64
V-537C	2.00bc	1.87	6.50	3719.00bcd	2320.50e	37.60
SINT 4B x V-540	1.87bcd	2.00	+6.95	4267.50ab	3429.75ab	19.63
SINT 2B x V-540	1.62cd	2.00	+23.46	4355.75a	3446.75ab	20.87
V-537C x V-540	1.87bcd	1.87	0.00	3554.50cd	3201.00bc	9.95
H-520	1.75bcd	1.75	0.00	4380.25a	3070.50bcd	29.90
H-518	2.50a	1.75	30.00	2633.25e	1522.50f	42.18
SINT 4B	1.75bcd	1.75	0.00	3391.75d	2622.00de	22.69
SINT 3B x V-540	1.87bcd	1.87	0.00	4370.00a	3915.25a	10.41
SINT 1A	1.50d	1.87	+24.70	4187.00ab	3301.00b	21.16
SINT 2B	1.87bcd	1.75	6.42	3364.00d	2700.50cde	19.72
SINT 5B x V-540	1.87bcd	1.75	6.42	3965.25abc	3237.50b	18.35
Promedio ^{§§}	1.88	1.82	3.19	3791.29a	2921.77b	22.93
DMS (0.05)	0.403			573.30	516.82	
Correl. (r) con RG [‡]	-0.758 **	0.304ns				

[†]Enfermedades. ^{††}Rendimiento de grano. [§]Porcentaje de reducción debido al estrés por suelo ácido. [¶]Con aplicación de dolomita. ^{¶¶}Sin aplicación de dolomita. ^{§§}Promedio de la variable, con y sin aplicación de dolomita. [‡]Coefficiente de correlación con rendimiento de grano. *Genotipos con letras diferentes en cada columna de las variables: incidencia de enfermedades (ENF) y rendimiento de grano (RG), son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Conclusiones

Bajo las condiciones ambientales y de suelos del municipio de Huimanguillo, las cruces intervarietales SINT 3B x V-540, SINT 2B x V-540 y SINT 4B x V-540, mostraron la mejor adaptación a las condiciones naturales de estrés por acidez edáfica. La primera de ellas también mostró la mayor eficiencia del rendimiento, con y sin dolomita, muy superior que el del híbrido comercial H-518 y que el de la variedad V-540.

Literatura Citada

- Bolaños, J. y G. O. Edmeades. 1990. La importancia del intervalo de la floración y el índice en el mejoramiento para la resistencia a sequía en el maíz tropical. *Agronomía Mesoamericana* 1(1): 45-50.
- Kranz, W.L., S. Irmak, S.J. van Donk, C.D. Yonts, D.L. Martin. 2008. *Irrigation Management for Corn*. Neb Guide, G1850, University of Nebraska-Lincoln Extension. <https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1850.pdf>
- López, B. W., R. Reynoso S., J. López M., B. Villar S., R. Camas G. y J. O. García S. 2019. Caracterización físicoquímica de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Agric. Tec. Mex.* 10(4): 897-910. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1764>
- Palma L. D. J. y Cisneros D. J. 1996. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. I. Fundación Produce Tabasco, A. C. Villahermosa, Tab. 116p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Cuadernillo maíz blanco y amarillo Mexicano. Ciudad de México. 28p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola> (consultado 19 junio 2025)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Sierra, M. M., C. Ríos I., F. A. Rodríguez M., M. V. Vázquez H., O. H. Tosquy V. y P. Andrés M. 2019. Variedades sintéticas de maíz convencionales y de alta calidad de proteína en el área tropical del estado de Veracruz. p. 394-402. *In*: Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H., A. L. del Ángel P. y C. Perdomo M. (comps.). Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquera, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático. Libro Científico No. 1. Año 3. INIFAP. CP. UACH. INAPESCA. UV. TecNM. Medellín, Ver., México.

Zetina, L. R., L. Pastrana A., J. Romero M. y J. A. Jiménez Ch. 2002. Manejo de suelos ácidos para la región tropical húmeda de México. Libro Técnico Núm. 10. INIFAP. CIRGOC. Campos Experimentales Papaloapan y Huimanguillo. Veracruz, México. 170 p.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

POTENCIAL PRODUCTIVO AGRÍCOLA DEL CULTIVO DE FRIJOL EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO EN EL ESTADO DE NAYARIT

Gabriela Ramírez-Ojeda¹, Nadia Carolina García-Álvarez^{2*}, Jorge Alberto Acosta-Gallegos³

1 CIRPAC- C.E. Centro Altos de Jalisco, INIFAP; 2 CIRPAC-C.E. Santiago Ixcuintla, INIFAP; 3 CIRCE-
C.E. Bajío, INIFAP

*Autor para correspondencia: garcia.nadia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Zonas potenciales agrícolas, *Phaseolus vulgaris*, Nayarit.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de los cultivos alimentarios más importantes en México, tanto por su valor nutricional como por ser un componente de la dieta nacional. Esta especie se cultiva en todo el país, destacando por su superficie y producción los estados de: Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí y Nayarit. A nivel nacional los rendimientos promedio han oscilado entre 0.8 a 1 t/ha en la última década, sin embargo, algunos estados como Nayarit ha reportado valores superiores a 1 t/ha (RDU-UNAM).

El ciclo otoño-invierno (octubre-febrero para frijol), es una temporada estratégica para este cultivo, ya que permite aprovechar la humedad residual o la humedad colectada por lluvias tardías, aunque históricamente los rendimientos en este ciclo han sido bajos, especialmente en regiones donde se presenta estrés hídrico o sequía terminal (Tosquy-Valle et al., 2017). A pesar de esta condición, cabe mencionar que durante este ciclo se produce aproximadamente el 35% del frijol en el país, siendo los principales estados productores Sinaloa, Nayarit y Chiapas. En Sinaloa se produce frijol amarillo de tamaño grande de gran aceptación entre los consumidores con alto poder adquisitivo, mientras que en Nayarit y Chiapas el frijol de tipo negro opaco ocupa una superficie importante.

Desde hace más de una década, el frijol de los tipos Pinto y Negro, han incrementado significativamente su popularidad y tienen alta demanda entre los consumidores, el primero en el centro-norte y el segundo en el sur-sureste, mientras que los de tipo Flor de Junio y Flor de Mayo tienen demanda en la mesa central y los amarillos en Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (López et al. 2002).

En Nayarit se ha identificado potencial significativo para la expansión del cultivo de frijol durante el ciclo otoño-invierno. De acuerdo con Moctezuma López (2022) se estiman más de 21,000 ha con potencial alto, lo cual representa 15.7 veces la superficie efectivamente sembrada. Esto implica que existen condiciones agroecológicas favorables para el establecimiento del cultivo que aún no han sido aprovechadas.

Sin embargo, como en otros cultivos, el frijol enfrenta diferentes problemas que reducen su productividad, calidad, o ambas, siendo un problema importante el poco uso de semilla certificada por parte de los productores, los cuales por no estar disponible o por mayor costo de la semilla utilizan grano con los consecuentes riesgos de producción. El uso de semilla mejorada es considerado como una de las mejores opciones para incrementar rendimiento y calidad con menores riesgos de problemas fitosanitarios.

Por otra parte, los cambios en el clima, y el aumento en la frecuencia de eventos climáticos inusuales, pueden favorecer la diseminación de enfermedades emergentes. Es importante considerar que una región con un clima seco tiende a favorecer la presencia de insectos vectores y virus, mientras que una región con clima de tipo húmedo favorece la presencia de hongos y bacterias fitopatógenos (Anderson et al., 2004).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Por lo anterior, es necesario realizar una evaluación específica del potencial productivo del frijol en el ciclo otoño-invierno en Nayarit, considerando factores como variabilidad climática, condiciones del suelo y prácticas agronómicas actuales. Los resultados de dicha evaluación tienen relevancia para promover la soberanía alimentaria regional, impulsar la productividad del cultivo y orientar políticas de desarrollo agrícola.

Materiales y métodos

Área de estudio. El análisis de potencia productivo se realizó para el estado de Nayarit, con coordenadas geográficas entre 20°36' y 23°05' N y 103°43' y 106°34' O. En cuanto al ciclo agrícola, se tomó en cuenta el periodo otoño-invierno (octubre-febrero), debido a los reportes de condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de frijol.

Datos climáticos: Se emplearon las temperaturas mensuales correspondientes al ciclo otoño-invierno (octubre-febrero) y la altitud proveniente de la base de datos WorldClim versión 2.1 (Fick and Hijmans, 2017) con resolución espacial de 30 segundos (~1 km²) correspondientes al periodo climático 1970-2000. Los datos se descargaron en formato raster y se procesaron mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Estimación de potencial productivo: Para la estimación del potencial productivo se aplicó el enfoque basado en zonas agroclimáticas, consistente con la metodología de FAO para estimar el rendimiento potencial mediante la evaluación de clima, suelo y manejo agronómico. La metodología de FAO se basa en evaluar la aptitud de las tierras para usos específicos, combinando información sobre las características del suelo, clima y topografía (FAO, 1977). Con esta metodología es posible determinar qué tan apta es una tierra para producir ciertos cultivos, buscando que sea sostenible, con alta productividad, viabilidad socioeconómica y conservación de recursos.

Para continuar con la metodología por FAO, se definieron valores umbrales de las siguientes variables:

- Temperatura media estacional (otoño-invierno): 15 a 25°C
- Precipitación requerida: 300-500 mm por ciclo, considerando zonas de riego debido a la precipitación residual del ciclo de temporal.
- Altitud: 0-2400 m
- Variables edáficas

Cada variable fue reclasificada de acuerdo a los valores umbrales propuestos, asignando valores binarios (1=apto, 0=no apto), generando así capas intermedias que reflejan la idoneidad climática individual por variable. Para determinar la aptitud final se realizó una superposición de capas climáticas mediante una operación booleana resultando en un mapa binario de dos categorías (apto y no apto).

Por último, el mapa de aptitud final fue recortado a todas las categorías correspondientes a zonas agrícolas de riego y temporal reportadas en la capa de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII del INEGI, con lo que se excluyó zonas no agrícolas (áreas urbanas, cuerpos de agua y otros tipos de vegetación).

Finalmente, a partir del mapa de aptitud generado, se calcularon las superficies clasificadas como aptas y no aptas por municipio para el cultivo de frijol en el ciclo otoño-invierno. Para contrastar esta información se consultaron las estadísticas oficiales del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del año anterior más próximo, correspondiente a la superficie sembrada. Esta información fue útil para comparar el potencial productivo identificado mediante el análisis espacial con la superficie agrícola efectivamente utilizada a fin de estimar el grado de aprovechamiento y los sitios de oportunidad para incrementar la producción de este cultivo en el estado de Nayarit.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el mapa de potencial productivo final de frijol para el estado de Nayarit para el ciclo agrícola otoño-invierno.

De manera general se observa que las áreas potenciales se concentran principalmente en la parte occidental del estado, coincidiendo con los municipios con mayor superficie potencial estimada (Santiago Ixcuintla, Tecuala, Rosamorada, Acaponeta).

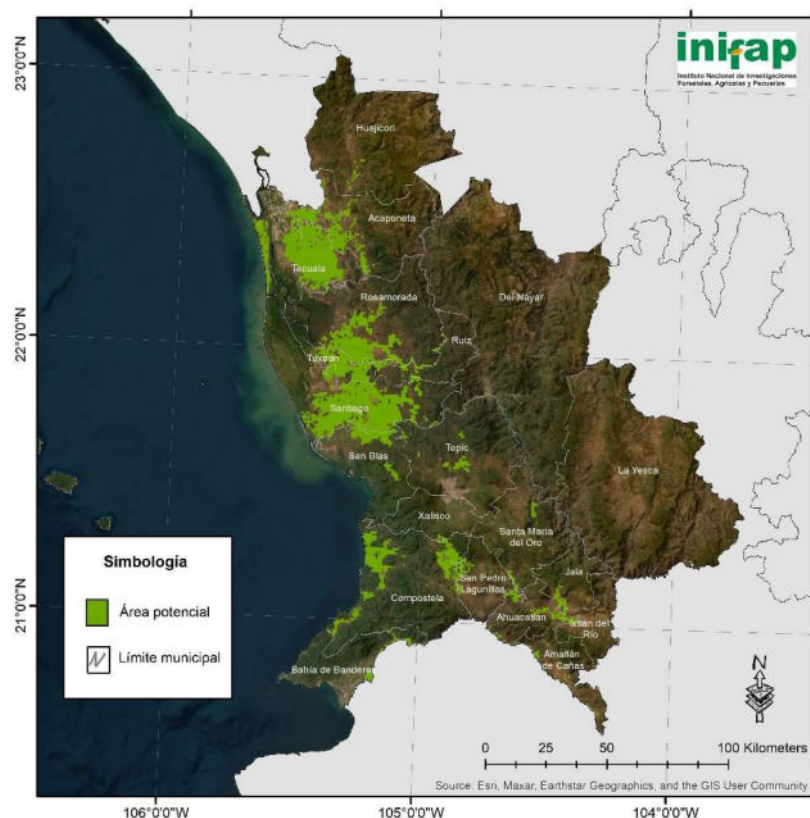


Figura 1. Mapa del potencial productivo agrícola del cultivo de frijol para el ciclo otoño-invierno en el estado de Nayarit.

La Figura 2 muestra la comparación de la superficie sembrada de acuerdo a las estadísticas oficiales del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el año 2024 contra la superficie identificada bajo el estudio de potencial productivo mediante el uso de información agroclimática y el uso de herramientas de SIG en municipios con superficie sembrada mayor a 3,000 ha.

Asimismo, cabe mencionar que en el SIAP se reportan 12 municipios con superficie sembrada de frijol para el ciclo otoño-invierno 2024 (Huajuicori, Xalisco, Bahía de Banderas, Tepic, Ruiz).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Por otra parte, el análisis de potencial productivo indica que municipios de la región sur del estado como Jala, Santa María del Oro, San Pedro Lagunillas, Ixtlán del Río, Ahuacatlán y Amatlán de Cañas, pueden ser sitios posibles para el cultivo del frijol, pero debe tomarse en cuenta que esa región es propensa a la presencia de heladas durante el ciclo otoño-invierno.

La comparación entre la superficie calculada con el método de potencial productivo y área sembrada reportada por el SIAP evidencia que el estado de Nayarit tiene un alto potencial para incrementar la producción de frijol si se optimizan los recursos agrícolas, el acceso a agua de riego y las prácticas de manejo agronómico.

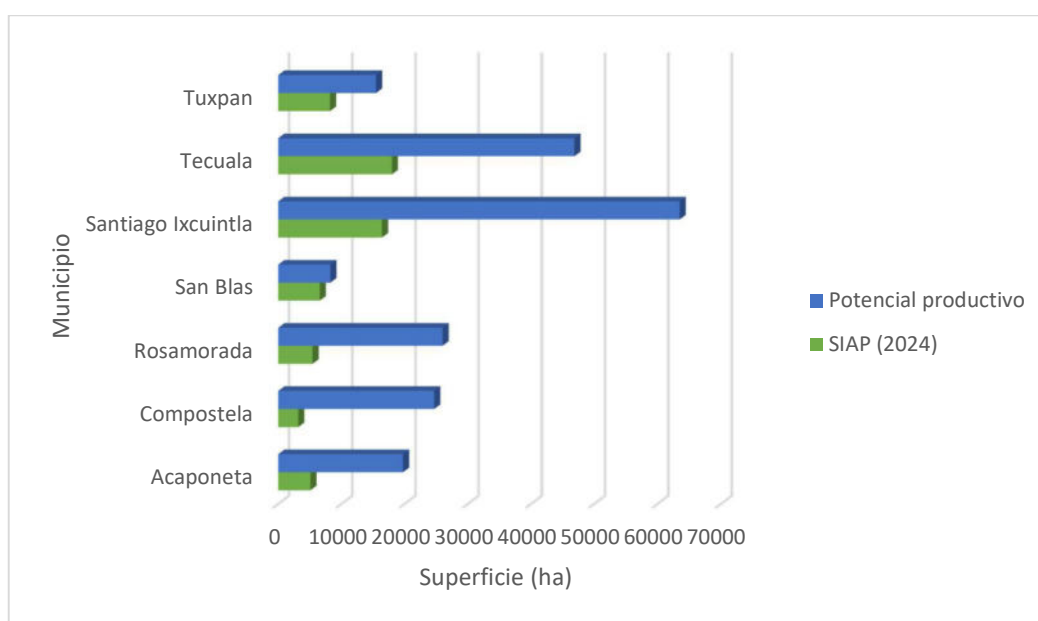


Figura 2. Gráfica comparativa de la superficie sembrada mayor a 3,000 ha en el estado de Nayarit respecto a la superficie productiva potencial identificada en el estudio de potencial productivo.

Conclusiones

La comparación entre potencial y área sembrada real evidencia que el estado de Nayarit tiene un alto potencial para incrementar la producción de frijol si se optimizan los recursos agrícolas y las prácticas de manejo agronómico.

Los municipios con mayor potencial (Santiago Ixcuintla y Tecuala) podrían focalizar estrategias de expansión de cultivo o mejorar la eficiencia productiva para acercarse a su potencial máximo.

La información generada mediante SIG y variables climáticas de WorldClim proporciona una herramienta valiosa para planificación regional, identificación de zonas prioritarias y diseño de políticas públicas para el cultivo de frijol.

Fuente financiadora



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

La información de este trabajo son resultados del proyecto de investigación “Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para México, No SIGI 16215236227” del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., Daszak, P. (2004). Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends Ecol Evol.* 19: 535-544.

Fick, S.E. and Hijmans R.J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology.* 37(12): 4302-4315.

García-Álvarez, N.C., González-Rivas, C., Mena-Hernández, L. (2013). Recomendaciones técnicas para obtener mayor productividad del cultivo de frijol en la Llanura costera de Nayarit. Nayarit”. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto técnico No. 25. p 24.

López S. E., Acosta G.J.A., Cano R.O., Fraire V.G., Becerra L.E.N., Villar S.B., Cumpian G.J., y Ugalde A.F.J. (2002). Negro Medellín, nueva variedad de frijol para las regiones tropicales del sureste de México, INIFAP-CIRGOC, Folleto técnico num, 31 División agrícola diciembre de 2002 México. p. 1

Tosquy Valle, Oscar Hugo, López Salinas, Ernesto, Zetina Lezama, Rigoberto, Villar Sánchez, Bernardo, & Rodríguez Rodríguez, José Raúl. (2017). Producción de genotipos de frijol negro en condiciones de humedad residual y sequía terminal. *Terra Latinoamericana*, 35(1), 29-39.

CONTAMINACIÓN POR *ASPERGILLUS* SPP. EN MAÍZ DE GRANO BLANCO

Rebeca Rodríguez Falconi^{1*}; Zoila Reséndiz Ramírez¹; Víctor Maya Hernández¹; Flor Elena Ortiz Chairez¹; Jorge Gustavo Rodríguez Escobar²

1 Campo Experimental Río Bravo Tamaulipas-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61 Cd. Río Bravo, Tamaulipas. 2 Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz-INIFAP. Km. 34.5 Carr. Córdoba-Veracruz. C.P. 94270. Medellín de Bravo, Veracruz, México.
Autor por correspondencia: rodriguez.rebeca@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz Blanco, *Aspergillus* spp., Aflatoxinas.

Introducción

El maíz blanco se cultiva especialmente para consumo humano por su alto valor nutricional. En México se siembra una superficie de 20,000,788.29 ha de maíz blanco. En Tamaulipas se siembra una superficie de 1,243,729.11 ha (SIAP, 2024). Sin embargo, la producción del maíz se ve afectada por diversos factores entre los que destacan la presencia de hongos que colonizan los granos.

Entre los hongos que comúnmente afectan al maíz tanto en campo como en almacén destacan *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp., conocidos por producir compuestos tóxicos que representan un riesgo a la salud humana y animales (Montes *et al.*, 2009), lo que genera problemas anatomopatológicos, inmunosupresión, carcinogénesis, incluso la muerte (Santiago, 2019). La proliferación de estos hongos se ve favorecida por condiciones ambientales de sequía y altas temperaturas o en ambientes cálidos con elevada humedad, además, factores como el daño por insectos y otras condiciones adversas contribuyen a su desarrollo. Su presencia es más común cuando el cultivo atraviesa situaciones de estrés o cuando el grano se almacena en condiciones inadecuadas (Castillo y Durán, 2006).

El estudio y control de las micotoxinas es de gran importancia para la industria de maíz, por su impacto en la calidad del grano y por los riesgos a la salud de humanos y animales. Dado que la contaminación puede originarse en campo, (establecimiento/siembra) el cultivo de híbridos tolerantes sería una estrategia viable, y económica y segura para minimizar el problema. En este contexto, es fundamental la búsqueda y detección de genotipos tolerantes o resistentes a la contaminación por micotoxinas. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo la evaluación de genotipos de maíz blanco con características de resistencia y/o tolerancia a la contaminación de *Aspergillus* spp.

Materiales y Método

El experimento fue realizado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB) durante el ciclo primavera- verano 2023, las parcelas se establecieron en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 metros de largo, con una distancia entre surco de 0.80 m y entre plantas 0.25 m, de los cuales se utilizó los dos surcos centrarles como parcela útil, con una densidad de población de 61,515 plantas por ha (hectárea). El manejo del cultivo se realizó con base en el paquete tecnológico del campo experimental Río Bravo. Los genotipos comerciales evaluados fueron Rinoceronte (T1), Hipopótamo (T2), H-390C (T3), P3051W(T4), DK-2048(T5), Techag 972(T6), Techag 932(T7), NK- 925(T8) y NB722(T38).

Se inocularon las mazorcas en etapa de jilote mediante la técnica de inyección de suspensión de inóculo (ISI) en el estigma con una concentración de 1×10^3 conidios ml^{-1} de *Aspergillus* spp. Se cosechó al culminar su desarrollo en etapa de madurez fisiológica, se colectaron las mazorcas inoculadas y sin inocular (testigo), se transportaron en costales a los laboratorios INIFAP-CERIB, para ser analizados bajo el mismo diseño experimental de campo para ser observadas e identificados a microscopio.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Se evaluó el porcentaje de incidencia de *Aspergillus* spp. en las mazorcas y granos de maíz. Posteriormente, las muestras colectadas se incubaron en cámara húmeda y se mantuvieron en observación diaria durante siete días a temperatura ambiente ($28\pm 2^\circ\text{C}$). De cada muestra se tomaron 100 granos de maíz con tres repeticiones por tratamiento. Estas semillas, se esterilizaron con hipoclorito de sodio 3:1 por durante 1 minuto, luego se lavaron 4 veces con agua destilada estéril. Con ayuda de una lupa se determinó el número de granos colonizados por hongos. Los granos que resultaron colonizados por *Aspergillus* spp., fueron ponderados en el recuento de cada uno (cuadro 1). Los datos se expresan como porcentaje promedio de granos colonizados. Para la determinación de aflatoxinas totales se utilizó el método AFLA-V-AQUA de Vicam. En el Cuadro 1 se muestran los criterios de la evaluación de incidencia de *Aspergillus* spp. (cuadro 1).

Cuadro 1. Criterios de clasificación de incidencia de *Aspergillus* spp.

Calificación	% de granos colonizados con <i>Aspergillus</i> spp.	Aflatoxinas ppb
Baja	0-15	<20
Intermedia	15-30	-
Alta	>30	>20

El análisis estadístico utilizado para los resultados de incidencia de *Aspergillus* spp. fue análisis, varianza y comparación de medias con la prueba de medias Tukey. A fin de ajustar la normalidad de los datos se realizó prueba Shapiro-Wilks y una transformación ArcoSeno $\sqrt{Y}$.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza realizado a los genotipos de maíz con *Aspergillus* spp. Mostró diferencias altamente significativas, ya que el valor de probabilidad fue menor a 0.0001 (Cuadro 2). La prueba de Tukey agrupó a los genotipos en tres categorías según el porcentaje de granos colonizados.

Cuadro 2. Resultados del ANOVA para el porcentaje de *Aspergillus* spp. inoculado en diferentes genotipos de maíz.

Origen	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor de F	P>F
Modelo	6	20723.90476	3453.98413	49.99	<.0001
Error	14	967.33333	69.09524		
Total corregido	20	21691.23810			

Estos resultados sugieren que el *Aspergillus* spp. inoculado sobre los genotipos de maíz tiene un efecto significativo, lo cual podría tener implicaciones importantes para la selección de materiales resistentes o susceptibles en programas de mejoramiento genético.

Cuadro 3. Respuesta de la incidencia de los diferentes genotipos de maíz a la inoculación de *Aspergillus* spp.

Clave	Genotipo	Cámara húmeda Inoculación		Tukey	% Granos Colonizados	Aflatoxinas
		Con	Sin			
1	Hipopótamo	*		a	85	0
3	P3051W	*		a	64	0
4	Hipopótamo		*	b	40	0
2	H-390C	*		b	48	14.7
6	P-3051W		*	c	1	11.8



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

5	H-390C	*	c	2	13
7	NK- 925	*	c	0	0

Sin: sin inoculación, Con: con inoculación.

El Cuadro 3 muestra la respuesta de siete genotipos de maíz a la inoculación con *Aspergillus* spp. bajo condiciones de cámara húmeda, se evaluó el porcentaje de granos colonizados y la presencia de aflatoxinas.

En cuanto a la colonización de granos, los genotipos Hipopótamo y P3051W presentaron los mayores porcentajes de colonización (85% y 64%, respectivamente), según la prueba de Tukey, lo que indica que no difieren significativamente entre sí, pero sí respecto al resto de los genotipos.

Es importante destacar que la presencia de *Aspergillus* spp. no siempre estuvo relacionada con la producción de aflatoxinas. El genotipo Hipopótamo y H-390C se presentaron 40% y 48% de granos colonizados; mientras que los genotipos P-3051W, H-390C y NK-925 mostraron los menores porcentajes de colonización (1%, 2% y 0%, respectivamente), agrupándose en la letra "c"; esto sugiere que estos genotipos son potencialmente más resistentes a la colonización por *Aspergillus* spp. Cabe mencionar que, aunque *Aspergillus* tiene la capacidad de generar aflatoxinas, también tiene cepas sin capacidad aflatoxigenia (Bayman y Cotty, 1993). La producción de aflatoxinas se detectó en tres genotipos: H-390C con 14.7 ppb, H-390C con 13 ppb y P-3051W con 11.8 ppb; el resto de los genotipos (Hipopótamo, P3051W, Hipopotamo, NK-925) no presentaron aflatoxinas detectables, a pesar de tener diferentes niveles de colonización; la presencia de colonización no se relacionó directamente con la producción de aflatoxinas. Los resultados indican una variabilidad significativa entre genotipos de maíz frente a la inoculación con *Aspergillus* spp. Algunos genotipos, como NK-925, mostraron una alta resistencia tanto en colonización como en producción de aflatoxinas, mientras que otros, como Hipopótamo, aunque no produjeron aflatoxinas, fueron altamente susceptibles a la colonización. Es importante hacer énfasis que, aunque Hipopótamo presentó el mayor porcentaje de granos colonizados (85%), no se detectaron aflatoxinas en su grano. En contraste, los genotipos H-390C y P-3051W, que mostraron niveles intermedios a bajos de colonización (48%, 2% y 1%, respectivamente), sí presentaron niveles detectables de aflatoxinas, con valores de 14.7, 13 y 11.8 ppb, respectivamente. Esto sugiere que la resistencia a colonización y la producción de toxinas pueden no estar directamente correlacionadas, lo citado se relaciona con lo expuesto por Roskopf *et al.* (2017), éste cita que puede que haya persistencia de micotoxinas aún en ausencia de hongos, lo cual es importante para los programas de mejoramiento genético de maíz. Estos hallazgos subrayan la complejidad del fenómeno y resaltan la necesidad de desarrollar estrategias de mejoramiento genético que consideren tanto la resistencia a la colonización por el hongo como la capacidad de limitar la síntesis de aflatoxinas esto teniendo en cuenta también al rendimiento de grano como criterio de selección.

Conclusiones.

En la respuesta de los genotipos de maíz a la inoculación con *Aspergillus* spp. se presentaron diferencias significativas. La presencia de colonización no se relacionó directamente con la producción de aflatoxinas. Los genotipos P-3051W, H-390C y NK-925 presentaron los menores porcentajes de colonización (1%, 2% y 0%, respectivamente), agrupándose en la letra "c"; esto sugiere que estos genotipos son potencialmente más resistentes a la colonización por *Aspergillus* spp.

Literatura citada

- Castillo, U. P., y Durán, B. C. 2006. Las micotoxinas: metabolitos secundarios de los hongos filamentosos. *Ciencia Tecnología y Sociedad*, 17(2) 122-128
- Bayman P, Cotty PJ. 1993. Genetic diversity in *Aspergillus flavus*: association with aflatoxin production and morphology. *Can J Bot*;71(1):23-31.
- Montes, G. N., Reyes, M. C. A, Montes, R. N., and Cantú, A. M. A. 2009. Incidence of potentially toxigenic fungi in maize (*Zea mays* L.) grain used as food and animal feed. *Journal of Food* 7:119-125.
- Roskopf, R., Cardoso, L., Iglesias J. y Presella, D. 2017. Micotoxinas en los granos y subproductos. La prevención a campo, en la cosecha y durante el almacenamiento son determinantes. INTA, Arg.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

https://www.engormix.com/micotoxinas/micotoxinas-prevencion_a40611/ (Consultado 25-08-2025)

-silaje/micotoxinas-granos-subproductos-

Santiago, D. E. 2019. Identificación de lesiones hepáticas y renales causadas a las gallinas de postura por el consumo crónico de aflatoxinas y su interacción con tres agentes quimioprotectores. Tesis maestría en ciencias agronómicas y veterinarias. Centro de ciencias agropecuarias. México. 114 p.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y ANALISIS ECONOMICO DEL USO DE SEMILLA CERTIFICADA DE FRIJOL EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO

Nadia Carolina García-Álvarez^{1*}, Jorge Alberto Acosta-Gallegos², Yanet Jiménez Hernández², Jesús Ascención González Carrillo³

1 CIRPAC-C.E. Santiago Ixcuintla, INIFAP; 2 CIRCE-C.E. Bajío, INIFAP; 3 Universidad Tecnológica de la Costa (UTC)

*Autor para correspondencia: garcia.nadia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Semilla, *Phaseolus vulgaris*, Grano.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, se le encuentra en todo el país, destacando por su superficie y producción los estados de: Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí y Nayarit. Al igual que en el país, en el estado de Nayarit el frijol es importante por superficie sembrada, cosechada y volumen de producción obtenida. A nivel nacional los rendimientos promedio han oscilado entre 0.8 a 1 t/ha en la última década, sin embargo, algunos estados como Nayarit ha reportado valores superiores a 1 t/ha (RDU-UNAM).

El ciclo otoño-invierno, se produce aproximadamente el 35% del frijol en el país, siendo los principales estados productores Sinaloa, Nayarit y Chiapas. En Sinaloa se produce frijol amarillo de tamaño grande de gran aceptación entre los consumidores con alto poder adquisitivo, mientras que en Nayarit y Chiapas el frijol de tipo negro opaco ocupa una superficie importante. Desde hace más de una década, el frijol de los tipos Pinto y Negro, han incrementado significativamente su popularidad y tienen alta demanda entre los consumidores, el primero en el centro-norte y el segundo en el sur-sureste, mientras que los de tipo Flor de Junio y Flor de Mayo tienen demanda en la mesa central y los amarillos en Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (López et al. 2002).

En Nayarit se ha identificado potencial significativo para la expansión del cultivo de frijol durante el ciclo otoño-invierno. De acuerdo con Moctezuma López (2022) se estiman más de 21,000 ha con potencial alto, lo cual representa 15.7 veces la superficie efectivamente sembrada. Esto implica que existen condiciones agroecológicas favorables para el establecimiento del cultivo que aún no han sido aprovechadas.

Sin embargo, como en otros cultivos, el frijol enfrenta diferentes problemas que reducen su productividad, calidad, o ambas, siendo un problema importante el poco uso de semilla certificada por parte de los productores, los cuales por no estar disponible o por mayor costo de la semilla utilizan grano con los consecuentes riesgos de producción.

Los cambios graduales, y el aumento en la frecuencia de eventos climáticos inusuales, pueden favorecer la diseminación de enfermedades emergentes. Mientras que un clima seco tiende a favorecer insectos vectores y virus, uno húmedo a los hongos y bacterias fitopatógenos (Anderson et al., 2004). Araya y Hernández (2017) subrayan que la semilla puede ser el principal medio de dispersión de patógenos; Morales y Pérez (2024) recomiendan usar semilla de calidad certificada para evitar enfermedades transmitidas por semilla. El uso de semilla mejorada es considerado como una de las mejores opciones para incrementar rendimiento y calidad con menores riesgos de problemas fitosanitarios.

Por lo anterior, se evaluó los componentes de rendimiento de tres variedades de frijol tipo negro opaco en el ciclo agrícola de otoño-invierno en la llanura costera de Nayarit.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y métodos

Área de estudio. En el Campo Experimental Santiago Ixcuintla ubicado en las cercanías de la ciudad de Santiago Ixcuintla, Nayarit a 21°49'37.7" N y 105°10'57.8" W. El sitio se caracteriza por un clima cálido subhúmedo, una altitud de 10 m.s.n.m y una temperatura media anual de 25 °C. Se establecieron las variedades de frijol San Blas, Jamapa, Negro 8025 y un grano apto para siembra, la siembra se realizó bajo el sistema de humedad residual más riegos de auxilio, a una distancia entre surcos de 70 cm; se realizó fertilización al momento de la siembra de (50-40-20) de NPK respectivamente; el control de arvenses se realizó con herbicidas para hoja angosta *Fluazifop-p-butil* (1 l/ha) y para hoja ancha *Fomesafen* (1 l/ha) y cultivadora, la densidad de población a cosecha fue de 10.2, 11.4, 10.6 y 10 plantas/metro lineal, respectivamente. Los materiales genéticos son variedades regionales comerciales y con uniformidad genética dentro de variedad.

La estimación del rendimiento de grano (kg/ha^{-1}) se obtuvo por variedad [10 muestras al azar de 0.7 m² (1 m lineal*0.7 m de ancho)]. Se contabilizó el número de plantas por hectárea (PHa); vainas por planta (VP); granos por vainas (GV); total de granos por vaina (TGV); peso (g) de 100 granos (P100S). Adicionalmente, se contabilizó el costo de producción, el costo por tonelada producida y la relación beneficio/costo con semilla certificada vs grano. Se realizó un análisis estadístico bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando cuatro variedades con 10 repeticiones cada una. La variable de interés fue el rendimiento (kg/ha). Se aplicó un ANOVA de una vía con el programa estadístico SAS v.9.4 SAS Institute Inc. y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Aunque el ANOVA no mostró diferencias significativas entre las variedades, para el caso del uso de semilla certificada de las variedades de frijol negro opaco el **rendimiento promedio** fue de **2,266.40 kg/ha**, mientras que el promedio del grano apto para siembra fue inferior, con **1,465.28 kg/ha**. Entre las variedades evaluadas, destacó por superar la media general **San Blas**, con **2,381.10 kg/ha**, lo que evidencia un mayor potencial productivo (Cuadro 1).

Las variedades San Blas (19.15 g) y Negro 8025 (18.49 g), superaron los promedios en la variable de P100S, lo que se traduce en un mayor rendimiento.

Cuadro 1. Concentración de medias para diferentes variables del componente de rendimiento. Santiago Ixcuintla, Nayarit. O-I 2024-2025.

Variedad	VP	GV	P100S (g)	Rendimiento (kg/ha)
San Blas	21.6	6.01	19.15	2,381.10 a*
Grano	30.0	4.06	16.20	1,465.28 a
Negro 8025	29.2	5.06	18.49	2,293.95 a
Jamapa	23.4	5.89	16.81	2,124.15 a
Promedio	26.05	5.25	17.66	2,066.12
Promedio de las variedades	24.73	5.65	18.15	2,266.40

Vainas por planta (VP); granos por vainas (GV); peso (g) de 100 granos (P100S)

*Medias con la misma letra no son diferentes ($p \leq 0.05$)

La Figura 1 muestra la comparación del rendimiento por hectárea utilizando semilla certificada de tres variedades contra el rendimiento al utilizar grano apto para siembra. El SIAP (2024) reporta para Nayarit un rendimiento promedio de 1,120 kg/ha, mientras que la media nacional oscilada entre 800 a 1,000 kg/ha.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

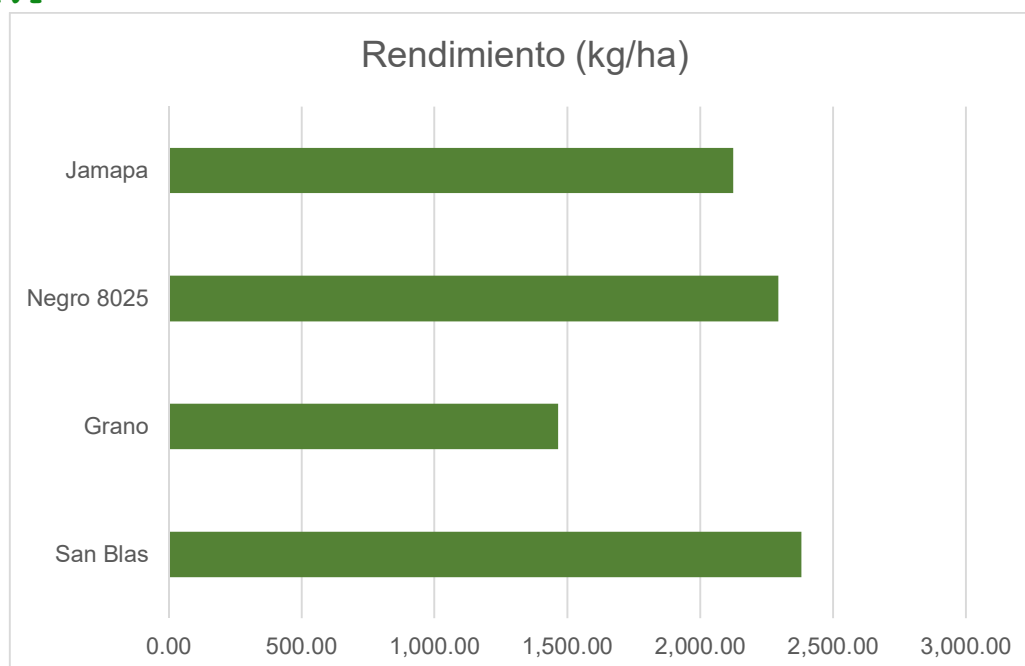


Figura 1. Gráfica comparativa del rendimiento promedio de las variedades vs el grano apto para siembra.

Rentabilidad financiera

El uso de semilla certificada permitió incrementar el rendimiento de un 45-63%, ofreció una rentabilidad de 2.26 (Jamapa) a un 2.48 (San Blas) (Cuadro 2), mientras que en el caso del grano fue de 1.67 y una tasa de retorno para el caso de la variedad San Blas de 147.61 %, respecto al uso de grano apto para siembra (67.34%).

Cuadro 2.- Rentabilidad del uso de semilla certificada para cada variedad y el uso de grano

	<i>San Blas</i>	<i>Negro 8025</i>	<i>Jamapa</i>	<i>Grano</i>
Costo total	25,964.00	25,940.00	25,348.00	23,642.00
Rendimiento (kg/ha)	2,381.10	2,293.95	2,124.15	1,465.28
Precio de venta estimado*	27.00	27.00	27.00	27.00
Ingreso por venta \$	64,289.70	61,936.65	57,352.05	39,562.56
Ganancia neta \$	38,325.70	35,996.65	32,004.05	15,920.56
Relación B/C	2.48	2.39	2.26	1.67
Taza de retorno	147.61	138.76	126.25	67.34

* El precio de garantía para el frijol en el Ciclo Productivo P.V. 2024 O.I. 2024-2025 para pequeños productores fue de \$27,000.00 pesos por tonelada (equivalente a \$27.00 por kilogramo) (DOF)

Conclusiones

El uso de semilla certificada de frijol es una estrategia para elevar el rendimiento, mejorar la calidad del grano, reducir riesgos fitosanitarios y favorecer la competitividad de los productores.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Se recomienda renovar la semilla cada 2-3 años para evitar la degeneración la calidad genética y pureza varietal, evitar la transmisión de hongos y virus por el uso de grano apto para siembra.

Fuente financiadora

La información de este trabajo son resultados del proyecto de investigación “Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para México, No SIGI 16215236227” del INIFAP y del proyecto “Producción de semilla de frijol de variedades con demanda comercial a nivel nacional” No SIGI 1031297151.

Referencias bibliográficas

Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., Daszak, P. 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends Ecol Evol.* 19: 535-544. Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, E.M.,

Araya Villalobos R. y Hernández Fonseca J.C. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). (2017). *Protocolo para la producción local de semilla de frijol*. San José, Costa Rica: MAG. Recuperado de <https://www.mag.go.cr>

López S. E., Acosta G.J.A., Cano R.O., Fraire V.G., Becerra L.E.N., Villar S.B., Cumpian G.J., y Ugalde A.F.J. 2002. Negro Medellín, nueva variedad de frijol para las regiones tropicales del sureste de México, INIFAP-CIRGOC, Folleto técnico num, 31 División agrícola diciembre de 2002 México. p. 1

Morales Herlindo y Pérez Salomón. Alliance of Bioersity International & CIAT. (2024). *Guía para la producción de frijol en Guatemala*. Cali, Colombia: CIAT. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org>

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA CON ENMIENDAS DE ORIGEN ANIMAL EN LA
PRODUCCIÓN DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Gamas-Collado M.E¹, Barrón-Freyre, S²., Salgado-Velázquez, S²., Jiménez-Ramírez R¹, Rodríguez-Cuevas, M.² y Sumano-López, D^{2*}

¹Tecnológico Nacional de México Campus Huimanguillo. Carretera del Golfo Malpaso - El Bellote, Km. 98.5, R/a Libertad, Cda. Libertad Manzana R a, 86400 Huimanguillo, Tabasco.

²Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo. Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco. CP. 86400

Autor para correspondencia: sumano.dante@inifap.gob.mx

Palabras clave: gramíneas, agroecología, sustentable.

INTRODUCCIÓN

En el sureste de México, particularmente en el estado de Tabasco, se cultivan 258,582.53 **hectáreas de maíz de grano** según el SIAP, (2024), cuya producción se realiza en su mayoría bajo esquemas de manejo convencional con insumos de síntesis química. No obstante, debido a los riesgos ambientales y fitosanitarios asociados al uso intensivo de agroquímicos, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha promovido alternativas sustentables, destacando la incorporación de **fertilización orgánica** como estrategia de manejo sustentable. La importancia del maíz en la economía y cultura mexicana es innegable. A nivel local, su cultivo y consumo están profundamente arraigados en las tradiciones y costumbres, reflejando una herencia cultural que ha perdurado a lo largo de los siglos. A nivel global, México sigue siendo uno de los principales productores y consumidores de maíz, lo que subraya la necesidad de mantener y mejorar la calidad y cantidad de este vital recurso (SIAP 2024).

Durante el ciclo otoño-invierno se obtuvieron datos experimentales que permitieron identificar **tendencias consistentes en los indicadores agronómicos y de productividad**. Lo anterior buscó **favorecer la adopción de esta tecnología por parte de los productores de la región**, contribuyendo a la **sostenibilidad agroecológica, la autosuficiencia alimentaria y la revalorización del sector agrícola nacional** con el propósito de generar evidencia científica fidedigna para ser replicado. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de diferentes dosis de fertilización orgánica (pollinaza compostada) y lixiviados sobre el rendimiento de grano y sus características de la mazorca del cultivo maíz

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Huimanguillo Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas, CP. 86400, Huimanguillo, Tabasco (17.847711, -93.396465 UTM). Se desarrolló en un suelo Fluvisol, se registró una lámina de precipitación acumulada de 89 mm y una temperatura máxima de 42 °C. Además, se presentaron ocho eventos de viento del sur ("sures"). Para el acondicionamiento del terreno de siembra y manejo del cultivo de maíz se siguieron las recomendaciones de Tinoco-Alfara *et al.*, (2002) en el manual del INIFAP para la producción de maíz en Veracruz y Tabasco. La variedad de maíz utilizada fue el híbrido trilineal H-520. Los antecedentes del sitio experimental, de este estudio fué el cuarto ciclo de cultivo consecutivo de maíz empleando la misma variedad, unidad experimental y tratamientos aplicados. La fecha de siembra fue el 25 de enero del 2024, (ciclo otoño-invierno), se sembró en forma manual en franjas con surcos separados a 80 cm y depositando tres semillas cada 40 cm, se aclaró a dos plantas por golpe para una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹. En el caso de las plagas y enfermedades no se reportaron daños considerables, por gusano de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) como en ciclos anteriores donde se ha



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

controlado con cipermetrina. Para el control de malezas se hicieron deshierbes combinados, la primera con azadón en forma manual y con un aporque a los 27 días después de la siembra con maquinaria agrícola.

Se evaluó la pollinaza compostada (C) al suelo (S) en $t\ ha^{-1}$ y lixiviados (L) hechos de excretas de bovino, enriquecidos con bioinsumos; ceniza, roca fosfórica, tierra de bosque, orín de vaca, aserrín, pasto seco y melaza el lixiviado al 50%, disuelto en agua (Figura 1), los tratamientos (T) fueron: T10CLS; T10CLF; T7.5CLS; T7.5CLF; T5CLS; T5CLF; T2.5CLS; T2.5CLF; El tratamiento químico (TQm) constó de una fertilización convencional (120 60 30), N, P, K respectivamente y tratamiento control (T000), sin fertilizante.

El análisis estadístico se realizó con un diseño completamente al azar (DCA), con 15 plantas como repeticiones. Las variables de estudio fueron, peso seco de mazorca (g), longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (mm), peso seco de grano (g); esta última variable se convirtió a rendimiento potencial ($kg\ ha^{-1}$), por multiplicación simple ($g\ mazorca^{-1} \times$ densidad de siembra $62,500\ plantas\ ha^{-1}$). La variable peso de raquis (baca u olote) (g) fue tomado después del desgrane. Se realizó análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias con la prueba de la diferencia mínima significativa DMS ($\alpha \leq 0.05\ p.$) con paquete estadístico SAS (2024) en línea.



Figura 1. Aplicación de compostas al suelo y lixiviados foliares en el cultivo de maíz.

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso seco de mazorca

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 1. En peso de mazorca se presentaron diferencias significativas con ($\alpha \leq 0.05\ p.$), entre los tratamientos respecto al tratamiento control (T000), el mayor valor resultó para el T7.5CLF con 94.60 ± 3.60 en comparación con el T000 con $49.93 \pm 5.55\ g\ mazorca^{-1}$ respectivamente, una diferencia considerable de 44.67 g, el cual corresponde a un 47.21% en peso seco de mazorca. Los demás tratamientos sus valores se encontraron dentro de este rango como el TQm. 90.06 ± 5.09 , aunque sin diferencia estadística, respecto a los mayores valores obtenidos de otros tratamientos, como el T7.5CLS $92.40 \pm 6.62\ g\ mazorca^{-1}$



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Longitud de mazorca

En esta variable mostro tendencias congruentes en sus dimensiones entre los tratamientos respecto al control T000, los mayores valores presentaron el T7.5CLF con 17.16 ± 0.32 y el T7.5CLS 16.90 ± 0.59 cm respectivamente, comparado con el T000 presentó un 11.80 ± 0.41 cm mazorca⁻¹, una diferencia de 5.36 cm, el cual corresponde a un 33.79% cm de longitud de mazorca, respecto al mayor valor. Los demás tratamientos sus valores se encontraron dentro de este intervalo (17.16 y 11.80 cm) con valores como el TQm. 16.83 ± 0.62 cm, aunque sin diferencia estadística, ($\alpha \leq 0.05$ p.), respecto a los mayores valores obtenidos.

Diámetro de mazorca

Los resultados se presentan en Cuadro 1. En el cual se observó diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$ p) entre tratamientos, resultó con mayor grosor el T2.5CLS con 43.82 mm, el TQm con 43.37 ± 0.71 T10CLF con 43.25 mm y ligeramente menor en su diámetro, aunque sin diferencia estadística, pero si respecto al tratamiento control T000 36.94 ± 1.24 mm, prestando una diferencia de 6.88 mm respecto al mayor valor del T2.5CLS en un 15.70 %. Los demás tratamientos presentaron valores dentro del rango mencionado.

Peso de bakal

Esta variable mostró diferentes valores con diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$ p.) entre tratamientos como se puede observar en Cuadro 1. Esta variable se midió como un posible efecto relacionado de las dosis aplicadas de tratamientos. Los mayores valores lo presentaron el T7.5CLS con 22.13 ± 1.36 seguido por

T7.5CLF con 21.33 ± 1.08 y el TQm con 21.06 ± 1.15 aunque sin diferencia entre estos tratamientos y otro grupo conformado por (T10CLS, T2.5CLS, T10CLF) pero diferentes al tratamiento control T000 con 13.06 ± 1.33 g de bakal, este último inferior en 40.98 %.

Cuadro 1. Características de las variables de mazorca con fertilización gallinaza compostada y lixiviados

Tto	Peso seco de Mazorca (g)	Longitud de Mazorca (cm)	Diámetro de Mazorca (mm)	Peso de Grano (g)	Peso de bakal (g)
T7.5CLF	94.60 ± 3.60 a*	17.16 ± 0.32 a	42.50 ± 0.63 ab	78.86 ± 4.23 a	21.33 ± 1.08 ab
T7.5CLS	92.40 ± 6.62 a	16.90 ± 0.59 ab	42.57 ± 1.22 ab	73.73 ± 6.06 a	22.13 ± 1.36 a
T10CLS	83.53 ± 6.36 ab	15.76 ± 0.56 ab	42.64 ± 0.52 ab	74.86 ± 6.23 a	20.46 ± 1.29 ab
TQm	90.06 ± 5.09 ab	16.83 ± 0.62 ab	43.37 ± 0.71 a	68.06 ± 4.43 ab	21.06 ± 1.15 ab
T2.5CLF	86.93 ± 4.65 ab	15.93 ± 0.59 ab	42.38 ± 0.78 ab	68.33 ± 4.08 ab	19.06 ± 0.97 ab
T10CLF	89.06 ± 5.68 ab	15.30 ± 0.61 b	43.25 ± 0.58 a	69.53 ± 4.86 ab	19.46 ± 1.08 ab
T5CLF	75.13 ± 6.62 b	15.13 ± 0.91 b	39.80 ± 1.21 bc	58.60 ± 6.4 b	18.26 ± 1.38 bc
T2.5CLS	82.20 ± 4.79 ab	16.40 ± 0.95 ab	43.82 ± 0.61 a	65.86 ± 5.50 ab	19.86 ± 1.21 ab
T5CLS	75.80 ± 5.00 b	15.13 ± 0.58 b	42.06 ± 0.95 ab	57.33 ± 4.20 b	17.66 ± 1.24 c
T000	49.93 ± 5.55 c	11.80 ± 0.41 c	36.94 ± 1.24 c	35.40 ± 4.76 c	13.06 ± 1.33 d
C.V	25.88	16.12	10.57	30.68	24.59

*Nota: Letras diferentes entre tratamientos indica diferencia estadística DMS ($\alpha \leq 0.05$ p).

Peso seco de grano y rendimiento potencial

Esta variable mostró diferencia estadística ($\alpha \leq 0.05$ p.), entre tratamientos como se observa en el Cuadro 1. El mayor valor lo mostró el T7.5CLF con 78.86 ± 4.23 , seguido del T7.5CLS con 73.73 ± 6.06 y por el T10CLS con 74.86 ± 6.23 g mazorca⁻¹ respectivamente, estos tres tratamientos con mejores valores respecto al control T000 con 35.40 ± 4.76 g, superando en un 55.11 % respecto al mayor valor del tratamiento obtenido (T7.5CLF), respecto a la fertilización química resultó con promedio un poco más bajo a los tres mayores valores antes mencionados aunque estadísticamente iguales TQm con 68.06 ± 4.43 grano g mazorca⁻¹, son estadísticamente diferentes de acuerdo a la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

En cuanto al rendimiento potencial, el tratamiento T7.5CLF estimó una producción potencial de 4.92 t ha^{-1} , siendo el más alto de los tratamientos. El tratamiento químico (TQm) arrojó una producción de 4.25 t ha^{-1} .



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

lo que refleja el potencial de comportamiento y efecto de los lixiviados aplicados de manera foliar. En cuanto al tratamiento control (T000) se obtuvo un potencial de 2.21 t ha⁻¹. Aunado a esto, es de mencionar que, durante el periodo de evaluación, la cantidad de precipitación fue mínima en comparación con épocas en las mismas fechas, específicamente el efecto de "sures"

La fotosíntesis es un proceso muy susceptible al calor, y en el caso del maíz, su eficiencia disminuye considerablemente cuando las temperaturas superan los 30 °C, esto se debe a la inactivación de la enzima rubisco, (Nelson y Cox, 2009) la cual puede llegar a desintegrarse a temperaturas cercanas a los 45 °C. Durante este ciclo otoño-invierno, las temperaturas alcanzaron los 42 °C, valores próximos a los indicados por Rincón-Tuexi *et al.* (2006) por lo tanto, el incremento en la temperatura tiene un impacto considerable en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, lo que afecta directamente su rendimiento.

Según los análisis realizados y con base en la prueba de comparación de medias DMS ($\alpha \leq 0.05$), se encontraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Estas diferencias se atribuyen a la fertilización con gallinaza en combinación con lixiviados de composta, ya que diversos estudios han demostrado que este tipo de manejo mejora las propiedades físicas y químicas del suelo.

Los fertilizantes orgánicos como la gallinaza contienen al menos 16 elementos esenciales. Esto no solo beneficia el desarrollo de las plantas durante su ciclo vegetativo de manera más equilibrada y natural, sino que también mejora la salud del suelo, promoviendo la presencia de microfauna edáfica y aumentando su fertilidad a mediano y largo plazo. También cabe resaltar las escasas precipitaciones durante el ciclo de estudio y los beneficios que aporta la gallinaza en la adsorción y retención de agua como lo constatan López-Martínez *et al.*, (2001).

CONCLUSIONES

Los tratamientos empleados como fertilizantes al cultivo de maíz mostraron resultados favorables en las características de rendimiento de grano respecto al químico superando al tratamiento control T000.

Los tratamientos T7.5CLF y T7.5CLS a base de compostas aplicadas al suelo y lixiviados al follaje tienden a superar a la fertilización química tradicional (TQm) y al tratamiento control (T000).

Este tipo de fertilización puede ser una alternativa al manejo tradicional del abuso de los fertilizantes químicos ya que estos tienen efectos negativos a la fauna del suelo

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado a través del proyecto "Producción y evaluación de fertilizantes a base de excretas de animales en cultivos tropicales", con el número de registro SIGI 13435535356 financiado por el INIFAP.

REFERENCIAS

López-Martínez, J. D., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 293-299.

Nelson, D. L., y Cox, M. M. (2009). Lehninger Principios de Bioquímica. 5ta Edición. Consultado en: <https://pdfcoffee.com/principios-de-bioquimica-de-lehninger-5ta-edicion-7-pdf-free.html>

Rincón-Tuexi, J. A., Castro-Nava, S., López-Santillán, J. A., Huerta, A. J., Trejo-López, C., Briones-Encinia, F., Rincón-Tuexi, J. A., Castro-Nava, S., López-Santillán, J. A., Huerta, A. J., Trejo-López, C., & Briones-Encinia, F. (2006). Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. *Phyton (Buenos Aires)*, Buenos Aires, Article Buenos Aires. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/113832>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Cierre de la producción agrícola. Consultado en:
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

PRODUCCIÓN DE GRANO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN HUIMANGUILLO, TABASCO

Sabel Barrón Freyre^{1*}, Mauro Sierra Macias², Clara Ríos Isidro²

1*. Investigador del Campo Experimental Huimanguillo. CIRGOC. INIFAP. 2. Investigador del Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

Palabras clave: Caracterización, variedades, Trópico húmedo

Introducción

El maíz y el frijol representan la dieta básica de la mayoría de los mexicanos, sobre todo los que radican en el medio rural; en México, se siembra en todos los estados de la República mexicana y durante el año agrícola 2023 se sembraron 6,941,031 hectáreas con un volumen de producción de 27,549,918 y un rendimiento medio de 4.28 t/ha (SIAP, 2023); en el sureste de México destacan Chiapas, Oaxaca y Veracruz con 1,327,895, 708,192 y 1,343,228 toneladas respectivamente.

En Tabasco en año citado se cosecharon 179,808 toneladas en una superficie de 89,298 hectáreas y un rendimiento promedio de 2010 kg ha⁻¹ (SIAP, 2023), tanto el volumen de producción como el rendimiento se consideran bajos, el primero dada la baja superficie sembrada y el rendimiento por factores bióticos y abióticos como el uso de variedades de bajo potencial de rendimiento, el daño por plagas, la competencia por malezas y/o el exceso o deficiencia de agua en los ciclos de siembra.

En Tabasco el uso de semilla mejorada es de alrededor del 30 % de la superficie sembrada, prevaleciendo el uso de semillas nativas puras o mezcladas en áreas donde los suelos son de mediano potencial, mismos en los que se puede utilizar material genético mejorado de mayor potencial como pueden ser las variedades de polinización libre las sintéticas, los híbridos varietales, los dobles y los trilineales que han mostrado rendimientos de grano entre 5.5 y 7.0 t ha⁻¹ y de forraje entre 40.0 y 50 t ha⁻¹ (Ríos *et al.*, 2023)

El Mejoramiento genético de maíz ha permitido definir genotipos sobresalientes por su rendimiento, adaptación y características agronómicas, en los diferentes ambientes mismos que se deben dar a conocer a los actores del sector para su uso comercial y contribuir a que el productor tenga acceso a semillas de buena calidad (Sierra *et al.*, 2016), que le permitan elevar su bienestar y el de los consumidores (Flores y García, 2016); por ello el objetivo fue conocer el rendimiento de grano y las características agronómicas de híbridos y variedades de maíz en condiciones de temporal en Tabasco, México.

Materiales y Métodos

En el ciclo primavera-verano 2024/24, en condiciones de temporal, se condujo un ensayo con ocho variedades de maíz, en un terreno ubicado dentro del Campo Experimental Huimanguillo y cuyas coordenadas son 17° 51' 1.0" N y 93° 23' 46.09" O y a una altitud de 38 msnm. El clima que prevalece en el sitio experimental es cálido húmedo, Am(f), con temperatura media anual de 26.2°C y precipitación pluvial anual de 2290 mm (García, 2004). El suelo del sitio es Fluvisol de textura franco arcillo arenosa con pH moderadamente ácido (5.8), contenido medio de materia orgánica (3.2 %), nitrógeno total (0.12 %), fósforo (9.85 mg kg⁻¹), potasio (0.25 cmol kg⁻¹), calcio (9.98 cmol kg⁻¹), magnesio (1.4 cmol kg⁻¹) y hierro con 32.3 mg kg⁻¹. Su contenido de cobre y Zinc es alto (10.11 mg kg⁻¹, 5.95 mg kg⁻¹ respectivamente) y bajo en manganeso (0.98 mg kg⁻¹).

Las variedades evaluadas fueron tres híbridos varietales (SINT 2B x V-540, V-536 x V-540, HV-570), tres variedades (SINT 4B, V-540, V-537C) y dos híbridos comerciales (H-518, H-520), se distribuyeron en campo utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, utilizando parcelas de ocho hileras de 5 m de longitud, distanciados a 0.80 m, donde la parcela útil correspondió a las dos hileras centrales.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

La siembra se efectuó el 4 de julio de 2024; se depositaron tres semillas cada 20 cm, para asegurar una densidad de población inicial de 62,500 plantas ha⁻¹. Se fertilizó en mata, 11 días después de la siembra, con el tratamiento 80-60-30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, para lo cual se utilizaron como fuentes urea, fosfato diamónico (18-46-0) y cloruro de potasio; una segunda fertilización con urea (80 kg ha⁻¹ de N) se realizó a los 25 días de la siembra.

El control de malezas se inició con un segundo paso de rastra cuatro días antes de la siembra, la aplicación de atrazina (2 L/ha de gesaprim autosuspensible) en preemergencia y una cultivo-aporque mecánico a los 25 días de la siembra. La plaga presente fue el gusano cogollero y para su control se aplicó a los 22 y 27 días de la siembra cipermetrina a razón de 0.25 L/ha.

Durante el ciclo del cultivo se registró la precipitación pluvial ocurrida en el sitio experimental y se cuantificaron los días a la floración masculina y femenina, la altura de planta y de mazorca, el rendimiento de grano ajustado al 14 % de humedad y la densidad de plantas a la cosecha; además, se calificó la presencia de enfermedades (escala 1 a 5) como la roya y el tizón a 80 días de la siembra (dds), el arquetipo de planta y de mazorca, la sanidad de mazorca y se determinó el porcentaje de mazorca con mala cobertura. Se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas y en los casos que se detectó significancia entre tratamientos, para la separación se aplicó la prueba de medias de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

Resultados y Discusión

Precipitación pluvial ocurrida.

La precipitación pluvial total en el sitio experimental de la siembra a la cosecha fue de 1191.8 mm, su distribución fue la siguiente: de la siembra a la floración ocurrieron 204.5 mm; de la floración a la madurez fisiológica 415.0 mm para un total de 619.5 mm, cantidad suficiente para cubrir las necesidades hídricas del maíz (Kranz *et al.*, 2008), además de considerar una buena distribución de la lluvia (Figura 1); así mismo de la madurez a la cosecha se acumularon 572.3 mm lo que puede calificarse como un exceso de agua y que suele provocar una reducción en la calidad del grano pues existe la posibilidad de inducir la presencia de hongos que dañan el grano; una opción para minimizar este problema es realizar la dobla del cultivo a partir de madurez.

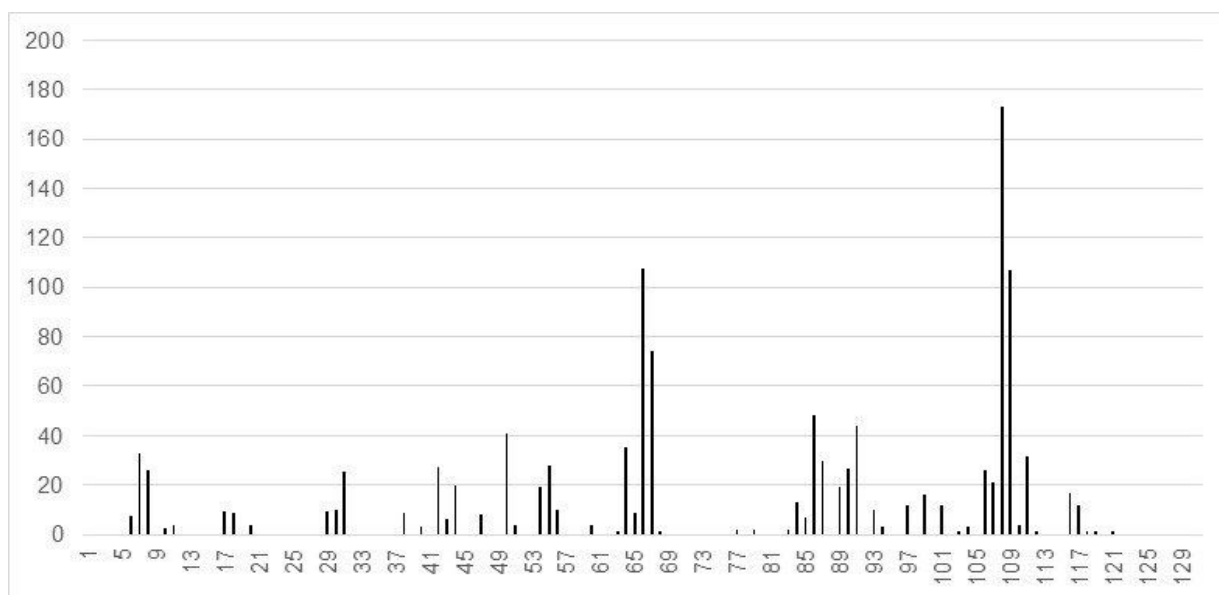


Figura 1. Distribución de la precipitación (mm) en el Campo Experimental Huimanguillo. Ciclo primavera-verano 2024/24. CIRGOC. INIFAP.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Variables de respuesta

El análisis de varianza (ANVA) detectó significancia estadística entre tratamientos ($p \leq 0.01$ o 0.05) en las variables días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca y rendimiento de grano, no así para plantas cosechadas, el coeficiente de variación mayor fue para rendimiento de grano (Cuadro 1), lo que implica baja variabilidad en los datos registrados y alta confiabilidad en los resultados obtenidos; así mismo, al no encontrar diferencia estadística en plantas cosechadas se asume que todos los genotipos probados tienen condiciones similares en la densidad de plantas.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables cuantificadas en la evaluación de variedades de maíz en condiciones de temporal en Tabasco. Ciclo primavera-verano 2024/24. INIFAP.CIRGOC. CEHUI.

FV	DFM	DFF	APL	AMZ	PLC	RG
Tratamientos	1.71**	1.90**	499.61**	419.74**	56612723.21 ^{ns}	1927507.79*
Bloques	0.13	0.17	49.22	12.32	14518229.17	822390.76
Error	0.32	0.31	64.94	88.05	33119419.64	631445.88
CV (%)	1.17	1.15	2.91	7.03	8.98	13.36

DFM=Días a floración masculina. DFF=Días a floración femenina. ALP=Altura de planta. AMZ=Altura de mazorca. PLC=Plantas cosechadas. RG=Rendimiento de grano. **Significativo al 0.01. *Significativo al 0.05. ns = No significativo.

Los genotipos mas precoces fueron H-518 y H-520 con 47 días a floración masculina y femenina, mientras que los más tardíos fueron V-540, V-537C y SINT 2B X V-540 con 49 días (Cuadro 2); el promedio de los ocho tratamientos fue de 48 días en ambas floraciones, lo que demuestra una buena adaptación y sincronía en la floración lo que permite tener un excelente llenado de grano en la mazorca; en general por los datos obtenidos la floración de los genotipos se presentó en un menor número de días a lo observado en otras pruebas y ciclos como como el observado en el HV-570 que ha registrado 52 días a la floración (Ríos *et al* 2023).

Cuadro 2. Características agronómicas y plantas cosechadas de los genotipos de maíz evaluados en condiciones de temporal en Tabasco. Ciclo primavera-verano 2024/24. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Genotipo	DFM	DFF	APL	AMZ	PLC	RG
V-540	49.0a	49.0a	297.5a	155.7a	59,167	4,888.0
SINT 2B x V-540	48.7a	48.7a	288.0ab	144.5ab	63,333	6,992.0
V-537C	48.7a	48.7a	275.8ab	124.3b	60,833	5,486.0
V-536 x V-540	48.3ab	48.7a	283.2ab	131.5ab	65,417	6,039.0
SINT 4B	48.3ab	48.7a	256.0c	119.7b	67,083	5,322.0
HV-570	48.0ab	48.0ab	279.3ab	135.3ab	62,083	6,245.0
H-518	47.0b	47.0b	270.5bc	131.7ab	72,917	5,503.0
H-520	47.0b	47.0b	267.2bc	124.5b	62,083	7,125.0
Promedio	48.1	48.2	277.2	120.9	64,115	5,946.0
DMS (0.05)	1.62	1.60	23.2	27.0	16580.8	2289.5

DFM=Días a floración masculina. DFF=Días a floración femenina. ALP=Altura de planta (cm). AMZ=Altura de mazorca (cm). PLC=Plantas cosechadas. RG=Rendimiento de grano (kg/ha⁻¹). Genotipos con letras diferentes implican diferencia estadística de acuerdo con la DMS (Tukey $\alpha=0.05$).

En altura de planta el genotipo de mayor porte fue V-540 con 297.5 cm y a la vez mostró la mayor altura de mazorca con 155.7 cm, aunque estadísticamente son iguales en altura de planta a el SINT 2B x V-540, al V-537C, V-536 x V-540 y al HV-570 y para el caso de altura de mazorca a excepción del V-537C el resto tiene un comportamiento similar, además, del H-518. El genotipo con el menor porte fue el SINT 4B con 256 cm y 119.7 cm en altura de planta y de mazorca respectivamente y en forma estadística es igual al H-518 y H-520 en altura de planta y diferente al HV-540 en altura de mazorca. Como grupo de genotipos y



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de acuerdo a los datos mostrados en las dos variables, se puede clasificar a todos ellos como de porte intermedio, lo que les otorga una ventaja respecto a los de porte alto como los maíces nativos de la región.

El rendimiento de grano (Cuadro 1), de acuerdo con el análisis de varianza mostró diferencia estadística, sin embargo, la prueba de medias agrupo a los genotipos, como estadísticamente iguales, pues para formar al menos dos grupos la DMS debe superar 2,298.5 kg ha⁻¹, existe la posibilidad de que al usar una prueba diferente a la utilizada y por el resultado del ANVA en el rendimiento de grano si es posible ver las diferencias encontradas; aun así, la diferencia en rendimiento entre el mas alto y el más bajo es de 2237 kg ha⁻¹, asociados a los genotipos H-520 y V-540, diferencia posible dado que el primero es un híbrido de cruza triple y el segundo una variedad de polinización libre; También es importante señalar que el potencial de rendimiento en cruzas varietales es similar al del H-520, pues en el caso de HV-570 y SINT 2B X V-540 alcanzaron 6,245 y 6,992 kg ha⁻¹ de grano respectivamente.

Cuadro 3. Características agronómicas de los genotipos de maíz evaluados en condiciones de temporal en Tabasco. Ciclo primavera-verano 2024/24. INIFAP. CIRGOC. CEHUI.

Genotipo	CPTA	CMZCA	CRO	CTIZ	SMZCA	MCOB
V-540	2.3	3.0	1.5	1.8	2.2	5.3
SINT 2B x V-540	2.2	2.2	1.5	1.7	1.7	2.5
V-537C	2.2	2.5	1.5	1.8	1.7	2.7
V-536 x V-540	2.2	2.5	1.5	2.0	1.8	5.4
SINT 4B	1.7	2.8	1.5	1.7	2.0	2.0
HV-570	2.2	2.5	1.5	1.8	1.7	7.7
H-518	2.5	2.8	1.7	2.5	2.2	1.8
H-520	2.3	2.5	1.5	2.0	1.8	3.5
Promedio	2.2	2.6	1.5	1.9	1.9	3.9

CPTA= Calificación a planta. CMZCA=Calificación a mazorca. CRO=Calificación a presencia de roya. CTIZ=Calificación a presencia de tizón. SMZCA=Calificación a sanidad de mazorca. MCOB=Porcentaje de mala cobertura.

En el Cuadro 3, se describen los resultados del comportamiento de los genotipos en variables que son importantes en la descripción de cada uno de ellos, así, al calificar el arquetipo de planta (CPTA) y el de mazorca (CMZCA), el SINT 4B es el de mayor uniformidad en planta con 1.7 y en mazorca la cruza varietal SINT 2B x V-540 con 2.2 de calificación, el genotipo con la menor uniformidad en planta fue el H-518 con 2.3 de calificación y en mazorca el V-540 con un valor de 3.0; en cuanto a la incidencia de enfermedades, medido a los 80 dds como la roya (*P. polysora*) y el tizón (*H. maydis* y *H. turcicum*) el más afectado fue el H-518 con calificación de 1.7 y 2.5 respectivamente, se considera que las enfermedades descritas no afectaron en forma negativa el rendimiento, por su incidencia mayor al final de la etapa reproductiva y en hojas por abajo de la mazorca.

La incidencia de hongos o sanidad en la mazorca (SMZCA) permite observar que los genotipos V-540, H-518 y SINT 4B tuvieron un comportamiento deficiente al mostrar un daño mayor, en el resto la presencia de hongos fue menor a pesar de las condiciones de alta precipitación pluvial después de la madurez fisiológica (572.3 mm) pueden ser un factor de incremento, así como la mala cobertura de mazorca (MCOB), misma que fue máxima en el genotipo HV-570 con 7.7 %, seguido del híbrido V-536 x V-540 con 5.4 %; la mejor cobertura se presentó en H-518 con 1.8 % y en el SINT 4B, 2.0 %.

Conclusiones

Bajo las condiciones ambientales y de suelos descritas, por su rendimiento y otras características agronómicas, los híbridos varietales SINT 2B X V-540 y HV-570 con 6,992 y 6,245 kg ha⁻¹ de grano respectivamente son opciones viables para su uso en Huimanguillo, Tabasco, tal como el H-520 híbrido comercial y cuyo rendimiento fue de 7,125 kg ha⁻¹.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Literatura Citada

- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Serie libros. Núm. 6. Universidad Autónoma de México. México, D. F. 97 p.
- Kranz, W.L., S. Irmak, S.J. van Donk, C.D. Yonts y D.L. Martin. 2008. Irrigation Management for Corn. Neb Guide, G1850, University of Nebraska-Lincoln Extension.
<https://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1850.pdf>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola> (consultado 19 junio 2025)
- Ríos, I. C., M. Sierra M., N. Gómez M., S. Barrón F., F. J. Ugalde A. y R. M. Fierro L. 2023. Productividad de grano y forraje de híbridos y variedades de maíz para el trópico de México. P. 72-71. *In*: Hernández, H. C. y D. Sumano L. (Comps.). Innovaciones científicas y tecnológicas para el desarrollo sostenible de la agricultura. Libro Científico. INIFAP. Huimanguillo, Tab., México.
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Espinosa, C., A. 2016. Adopción e impacto de la variedad VS-536 en la región tropical del sureste de México. *Revista de Desarrollo Económico* Vol 3 (9): 32-40
- Flores C., L.A. y García S., J.A. 2016. Beneficios de la adopción de semilla mejorada de maíz en la región central de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol 39 (3): 277-283.



ECONOMÍA CIRCULAR



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

ADICIÓN DE BAGAZO DE PLATANO EN LA FORMULACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Gallegos González Miriam¹, Valencia Hernández Ismael¹, De la Cruz De la Cruz Fernando Antonio²,
Sánchez Hernández Rufo^{1,3}; Maximiano Antonio Estrada Botello³
Autor para correspondencia: rufo.sh@zolmeca.tecnm.mx

¹Tecnológico Nacional de México (TecNm) Campus Instituto Tecnológico de la Zona olmeca (ITZO);
²Comisión Estatal Forestal (COMESFOR);³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) División
Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA).

Palabras clave: Germinación, vivero, Peat moss®, agrolita, vermiculita, calidad de plántula.

Resumen:

Introducción. La calidad del sustrato es un factor importante para un adecuado crecimiento de las plántulas que se producen en semillero o vivero. Los sustratos deben tener un adecuado balance entre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, aunque las tres dimensiones son importantes, algunas de ellas son más relevantes durante las primeras etapas de crecimiento de las plantas. De ahí que las propiedades químicas juegan un rol importante en la nutrición y crecimiento de la planta; sin embargo, dichas propiedades suelen ser menos influyentes ya que estas pueden ser suplidas o controladas a través de la adición de soluciones nutritivas o fertilizaciones (Andreaeu *et al.* 2015). En cambio, las propiedades biológicas por su parte podrían ser un factor que alteren la estabilidad química del sustrato, ya que los cambios provocados por la actividad biológica es un factor limitante al balancear el estado nutricional de las plántulas (Cruz-Crespo *et al.* 2013). A diferencia de las anteriores, las propiedades físicas son más importantes debido a que estas regulan los flujos de agua y aire, que condicionan el abastecimiento hídrico, nutrientes y oxigenación al sistema radicular; factores que son importantes para el crecimiento de las plántulas durante sus primera etapas de crecimiento (Villegas *et al.* (2017)). En este sentido, en el mercado se ofertan sustratos orgánicos o inorgánicos, que tienen como principal atributo su estabilidad química y biológica, además de poseer propiedades físicas que permiten la conservación de la humedad y suministro gradual de agua al sistema radicular, tales son los casos del mundialmente conocido como peat moss®, o rocas porosas expandidas como la agrolita o la vermiculita. Estos sustratos son eficientes, sin embargo, su utilización incrementa de manera significativa los costos de producción (Mixquititla-Casbis *et al.* 2022). Como consecuencia de lo anterior, se han buscado alternativas que puedan sustituir, total o parcialmente el volumen de sustratos para la producción de plántulas en vivero, algunas opciones provienen de residuos orgánicos o minerales de fácil acceso y de bajo costo; muchos de estos sustratos provienen de la industria, o de actividades agropecuarias y forestales. En Tabasco, una de las actividades productivas más importantes desde el punto de vista económico es el cultivo de banano, el cual genera ingresos económicos, aunque al igual que cualquier otra industria o actividad productiva, genera residuos, los cuales son susceptibles de aprovecharse dentro de un concepto de economía circular. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la adición de diferentes proporciones de bagazo seco y molido de plátano en la formulación de sustratos para la producción de plantas de cacao en condiciones de vivero.

Materiales y métodos. El estudio se dividió en tres etapas, la primera se desarrolló en las instalaciones del ITZO, para la obtención del residuo de pseudotallo del plátano y procesamiento hasta obtener el bagazo. Para ello, el pseudotallo del plátano fue troceado de manera manual en trozos de 50 cm, cuidando que el material estuviera fresco, sin signos de descomposición, posteriormente los trozos del pseudotallo del plátano se trozaron en tiras pequeñas de 50 cm para facilitar su deshidratación, se dejaron escurrir en forma natural a cielo abierto y finalmente se introdujeron en un horno de secado, para finalmente molerlo en un molino eléctrico hasta obtener un tamaño de partícula similar al del Peat moss® comercial. La segunda etapa consistió en mezclar, los diferentes sustratos para la formulación de los tratamientos, la



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

siembra de las semillas de cacao, así como el registro de datos y seguimiento del experimento. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- T1. 100% bagazo de plátano
- T2. 30% bagazo de plátano + 30 % Peat moss + 20 % agrolita + 20 % vermiculita
- T3. 60% bagazo de plátano + 20 % agrolita + 20 % vermiculita.
- T4. 60% Peat moss + 20 % agrolita + 20 % vermiculita.

Durante el proceso experimental se registraron las variables: porcentaje de germinación y crecimiento de la plúmula. La siembra se realizó el 4 de julio de 2025, la germinación se registró a los 6 días, mientras que la medición de crecimiento se realizó a los 13 días después de la germinación. Permanentemente el sustrato se mantuvo hidratado y sombreado como cuidados convencionales en condiciones de vivero. La tercera etapa se realizó en el laboratorio de suelos, agua y plantas de la DACA, en donde se midieron la conductividad eléctrica (CE) con un conductímetro y el pH con un potenciómetro.

El diseño experimental que se usó fue completamente al azar (DCA) con tres repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental consistió en un contenedor tipo tubete con 25 cavidades, en cada unidad experimental se sembraron 25 semillas. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey al 5 % de significancia para determinar diferencias entre tratamientos.

Asimismo, se recabaron datos de precios de los sustratos en diferentes centros comerciales y en plataformas de mercado en línea, a fin de conocer los costos unitarios de los sustratos de forma pura, para estimar los costos de producción de las mezclas evaluadas.

Resultados y discusión. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Variables de germinación y crecimiento de plántulas de cacao establecidas en sustratos con diferentes niveles de adición de bagazo de plátano.

Tratamiento	Germinación	Crecimiento
	(%)	(cm)
1	0 c ¹	0 c
2	56 b	2.5 b
3	0 c	0 c
4	100 a	12 a

¹Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en las variables de germinación y crecimiento. El uso de bagazo puro de plátano (Tratamiento 1) no es una opción viable para sustituir totalmente el uso de sustratos convencionales minerales como la agrolita o vermiculita, u orgánicos como el Peat moss®, esto se puede notar, ya que la germinación fue afectada negativamente al 100 %, incluso al usar dicho bagazo mezclado con otros sustratos, ese efecto negativo se mantiene, por ejemplo, cuando se emplea mantiene un volumen del 60 % como es el caso del Tratamiento 3. Asimismo, cuando el bagazo de plátano se usa en bajas proporciones (30 %; Tratamiento 2) se sigue notando un efecto negativo, aunque menos drásticos que los casos de los tratamientos 1 y 3 antes mencionados. Se puede observar que la mezcla de sustratos convencionales como Peat moss®, agrolita y vermiculita (Tratamiento 4) ofrecen los mejores resultados. Estudios reportados por Bejarano-Peregrino *et al.* (2022) indican que los sustratos elaborados a base del raquis del plátano registran pH alcalinos y elevados niveles de CE: esto limita su



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

uso como sustratos y en el diseño de la solución nutritiva, por lo que se ve afectada la absorción de los nutrientes, la germinación y el desarrollo de la planta.

Como se puede apreciar en el Cuadro 2, los valores de las variables químicas de pH y CE más adecuados la presentan el Tratamiento 4, formulado a base de la mezcla de Peat moss®, agrolita y vermiculita, específicamente registran un pH moderadamente ácido y baja CE.

Cuadro 2. Propiedades químicas y costos de producción de los sustratos en estado puro y de las mezclas de sustratos elaborados a base de sustratos comerciales y bagazo de plátano.

Sustrato	pH	CE	Precio
	Relación (1:1)	dS m ⁻¹	\$ litro ⁻¹
Peat moss	4.3	1.1	7.225
Agrolita	7.0	0.0	6.25
Vermiculita	7.1	1.0	11.36
Bagazo de plátano	9.2	12.0	ND
Tratamiento 1	9.2	12	ND
Tratamiento 2	6.87	4.13	5.69
Tratamiento 3	8.34	7.4	3.52
Tratamiento 4	5.4	0.86	7.86

El resultado de los análisis químicos de los sustratos revela que los niveles de pH y CE son elevados, que aun cuando se usen en bajas proporciones, mantienen altos niveles de pH y salinidad, que los hacen intolerantes al sistema radicular de las plantas de cacao.

Finalmente, el análisis financiero señala que los sustratos que mejor desempeños presentan son aquellos orgánicos estables como el Peat moss®, o minerales como la agrolita y vermiculita, que convencionalmente se usan, aunque ello implica un elevado costo de producción derivado del elevado precio por litro de dichos sustratos (Cuadro 2)

Conclusiones. La adición de bagazo de plátano en el sustrato en la producción de plántulas de cacao, genera efectos negativos a la germinación y crecimiento, aunque permite reducir el costo por litro de sustrato, requiere un acondicionamiento que permitan mejorar sus propiedades químicas.

Es conveniente seguir investigando sobre las alternativas de aprovechamiento, para estos residuos orgánicos, con la finalidad de obtener un aprovechamiento del residuo de plátano y dar un valor agregado.

Literatura citada

- Villegas OG, Domínguez ML, Albavera M, Andrade M, Sotelo H, Martínez MG, Aguilar M, Castillo C, Magadan MC. 2017. Sustrato como material de última generación. Omnia Publisher SL. Barcelona, España.
- Andreau R, Giménez D, Beltrano J. 2015. Soluciones nutritivas II en cultivos hidropónicos. En: Beltrano J, Giménez DO, editores. Cultivo en hidroponía. Buenos Aires, Editorial de la Universidad de la Plata. P. 91-108.
- Cruz-Crespo E, Can-Chulim A, Sandoval-Villa M, Bugarín-Montoya R, Robles-Bermúdez A, Juárez López P. 2013. Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias 2: 17-26. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.02.03>
- Mixquititla-Casbis G., Villegas-Torres OG, Andrade-Rodríguez M., Sotelo-Nava H. (2022). Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. Acta Agrícola y Pecuaria.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Bejarano Peregrino AD., Estrada Botello MA., Gayosso Rodríguez S., Sánchez Hernández R. 2022. la conductividad eléctrica y el pH de materiales orgánicos locales en Tabasco, México. In: Moreno Pérez A., De León BOR., Solís Medina LE., Arévalo Dorry B., Molina Albores YCh (Compiladores): Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH Número 9. ISSN: 2395-8111. 814- 820 p.



GANADERÍA



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

CRECIMIENTO *IN VITRO* DE *Babesia bovis* EN UN MEDIO DE CULTIVO SIN COMPONENTES DE ORIGEN ANIMAL SUPLEMENTADO CON UNA MEZCLA DE LÍPIDOS

Carmen Rojas Martínez^{1*}, Jesús Antonio Álvarez Martínez¹, Julio Vicente Figueroa Millán¹, José Juan Lira Amaya¹, Roberto Omar Castañeda Arriola², Grecia Martínez García¹, Rebeca Montserrat Santamaría Espinosa¹.

Autor por correspondencia: rojas.carmen@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Babesia*, cultivo *in vitro*

Resumen

Babesia bovis es el agente etiológico de la babesiosis bovina que causa grandes pérdidas económicas en la industria ganadera. El cultivo *in vitro* de *Babesia bovis* es la fuente principal de material biológico que es utilizado para diversos usos y el medio de cultivo es uno de los componentes de vital importancia para la proliferación del parásito. Actualmente, se utiliza el medio de cultivo comercial VP-SFM para su proliferación. Con el propósito de incrementar el porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) el medio de cultivo fue suplementado con una mezcla de lípidos químicamente definidos (QD) a diferente concentración y se evaluó su efecto en la proliferación de *B. bovis in vitro*. El efecto de seis diluciones de una mezcla comercial de lípidos (QD) añadida a VP-SFM mostró que la mezcla de lípidos a una dilución de 1:100 presentó la mejor curva de crecimiento de *B. bovis*, con un PEP máximo del 13.9 %. La propagación del cultivo *in vitro* de *B. bovis* fue escalado a un biorreactor de perfusión utilizando VP-SFM con una mezcla de lípidos a la concentración optima seleccionada (1:100), y el PEP alcanzado 32.59 %. El cultivo continuo *in vitro* de *B. bovis* en un medio libre de componentes de origen animal podría reducir y reemplazar el uso de animales para producir un material biológico para diagnóstico y vacunas vivas para el control de la babesiosis bovina.

Introducción

El filo Apicomplexa comprende parásitos protozoarios de enorme importancia mundial en los campos médico y veterinario *Babesia bovis* y *B. bigemina* son parásitos intraeritrocíticos obligados que causan babesiosis bovina en regiones tropicales y subtropicales y ambos parásitos son transmitidos por la garrapata *Rhipicephalus microplus* o *R. annulatus* (Bock et al., 2004). La babesiosis bovina causa grandes pérdidas económicas para la industria ganadera. *Babesia bovis* es la especie más virulenta y causa mayor mortalidad que *B. bigemina*. La infección aguda por *B. bovis* se caracteriza típicamente por fiebre (40-41°C), signos neurológicos, anemia, síndrome de dificultad respiratoria, falla multiorgánica y, a menudo, la muerte (Florín-Christensen et al., 2014). En México no existe ninguna vacuna comercial contra la babesiosis bovina, lo que constituye un serio problema en la salud de los bovinos en las regiones tropicales. Sin embargo, se dispone de la metodología del cultivo *in vitro* para la elaboración de un prototipo de inmunógeno logrando la atenuación de cepas derivadas de casos clínicos. Estas, usadas como inmunógenos han protegido a bovinos susceptibles confrontados con cepas virulentas de campo (Rojas-Martínez et al., 2018). También del sobrenadante del cultivo se han identificado y purificado proteínas propias del parásito con uso potencial para ser utilizadas como una vacuna recombinante, sin embargo, el proceso es de baja eficiencia y se refleja en un bajo nivel de eritrocitos parasitados y un reducido volumen de material en la cosecha. Desde el establecimiento del cultivo *in vitro* de *Babesia* spp. fue necesario suplementar el medio de cultivo basal con una alta concentración de suero de bovino (40%) posteriormente se reportó por primera vez la eliminación del suero bovino del cultivo sustituyéndolo con el medio de cultivo Advanced DMEM-F12 (ADMEM/F12 suplementado con insulina, transferrina, selenito y putrescina), esto represento un gran logro que después de más de 30 años del establecimiento *in vitro* de *Babesia* spp. finalmente fue posible eliminar este vital suplemento. Desafortunadamente, el medio ADMEM/F12 contiene componentes de origen animal y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) ha recomendado que, en la producción de vacunas el suero bovino y los suplementos no definidos de origen animal se eliminen del medio de cultivo para excluir el riesgo de contaminación por agentes adventicios y para obtener una mayor confiabilidad de las vacunas (Rojas et al., 2016). Se han desarrollado diferentes medios de



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

cultivo químicamente definidos con componentes libres de origen animal. Los medios fueron diseñados para crecer varias líneas celulares de interés, particularmente para producir vacunas virales y recientemente, fue reportado que *B. bovis* prolifera en un medio de cultivo comercial libre de componentes de origen animal (VP-SFM). Sin embargo, los PEP aún no son tan elevados como para cubrir la demanda que existe de material biológico para la elaboración de vacuna. En otros estudios, se ha indicado que los ácidos grasos y lípidos son cruciales en medios de cultivo sin suplementos de suero bovino o de origen animal para proporcionar energía, así como componentes de membranas celulares que participan en las vías de transporte y señalización. Específicamente para *Babesia* spp., los lípidos son componentes esenciales del medio de cultivo. Por ejemplo, *B. divergens* necesita fosfolípidos para su crecimiento, que los parásitos obtienen de una fuente externa. *B. caballi* prolifera en un medio sin suero suplementado con lípidos, hipoxantina y Albumax (Brayton et al. 2007). Por lo que el objetivo en el presente estudio, evaluamos el efecto en la proliferación *in vitro* de *B. bovis* de diferentes concentraciones de una mezcla de lípidos como suplemento en el medio VP-SFM.

Materiales y Métodos

Lugar de la investigación.

El cultivo *in vitro* de *B. bovis* fue realizado en el laboratorio de Babesiosis en el CENID-SAI del INIFAP en Jiutepec, Morelos.

Declaración de Ética.

Un bovino *Bos taurus* (Holstein Friesian) de cinco años de edad, fue utilizado como donador de eritrocitos para mantener el crecimiento *in vitro* de *B. bovis* y su manipulación fue de acuerdo con la NOM-062-ZOO-1999 "Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. (<http://www.senasica.gob.mx/?doc=743>). Este bovino fue adquirido de una zona libre de garrapatas en el centro de México y dio negativo en las pruebas de brucelosis, tuberculosis, leucosis, IBR, BDV, *Anaplasma marginale* y *Babesia* spp.

Obtención de eritrocitos y suero

La sangre se obtuvo de la vena yugular, se desfibrinó con perlas de vidrio y se centrifugó a 450× g a 4 °C durante 30 min. El suero y la capa leucocítica fueron descartados. Los eritrocitos se lavaron tres veces en medio VP-SFM que contenía antioxidantes diluidos a 1:1000 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.). El volumen celular final de los eritrocitos fue del 50% en A-DMEM/F12 + antioxidantes y se almacenó a 4 °C hasta su uso.

Medios de cultivo y suplementos.

Se utilizó el medio de cultivo VP-SFM (Gibco®) y se tamponó con 2-[(2-hidroxi-1,1-bis(hidroximetil)etil)amino]etanosulfónico, N-[Tris(hidroximetil)metil]-2-aminoetanosulfónico (TES) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.). Se añadió una mezcla de antioxidantes (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EE. UU.) (GIBCO®) y a 25 mM de L-glutamina. El pH se ajustó (6.8) y se esterilizó mediante filtración con una membrana de 0.22 µm (Millipore). El medio de cultivo fue suplementado con diferentes concentraciones de una mezcla de lípidos químicamente definidos y libre de componentes de origen animal (Cuadro 1).

Parásitos y cultivo *in vitro*

Se utilizó la cepa vacunal *B. bovis* (Bbov-VP) mantenida en criopreservación y adaptada a proliferar previamente en el medio de cultivo VP-SFM. Los cultivos de *Babesia bovis* se mantuvieron a 37 °C en una atmósfera saturada de 90% N₂, 5% CO₂ y 5% O₂ (Rojas et al., 2016). El medio de cultivo VP-SFM fue reemplazado cada 24 h para mantener el crecimiento de los parásitos.

Efecto de la suplementación con lípidos químicamente definidos sobre la proliferación de *B. bovis*



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Se evaluó el efecto de una mezcla de lípidos químicamente definida sobre el crecimiento de *B. bovis*. El medio VP-SFM fue suplementado con cinco concentraciones diferentes de una mezcla de lípidos comercial para determinar la concentración óptima para la proliferación de *B. bovis* (Cuadro 1). Las diluciones de los lípidos se realizaron en medio VP-SFM.

Cuadro 1. Mezcla de lípidos a diferente concentración para evaluar en la proliferación de *B. bovis*.

TRATAMIENTO	Concentración mezcla de lípidos (mg/mL)								
	Mirístico	Palmitico	Palmitoleico	Estearico	Oleico	Linoleico	Estearico	Araquidonico	Colesterol
I	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.04	4.4
II	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	2.2
III	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	1.1
IV	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.005	0.55
V	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0025	0.275
VI	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	0.22
Control VP-SFM	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Proliferación *in vitro* de *B. bovis* en un biorreactor de perfusión

Babesia bovis se cultivó con un medio VP-SFM suplementado con una mezcla de lípidos en una botella de cultivo de 75 cm². Brevemente, los parásitos recolectados de cada botella fueron trasferidos a un sistema de biorreactor de perfusión (FiberCell[®] System, New Market, MD, EE. UU.) Los biorreactores se mantuvieron a 37 °C bajo una atmósfera saturada de 90% N₂, 5% CO₂ y 5% O₂. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) inicial fue del 3% en un paquete de 10 mL de eritrocitos. Posteriormente, se agregaron 40 mL de eritrocitos no infectados y se mezclaron antes de introducirlos en el cartucho del biorreactor. El medio de cultivo fue impulsado por una bomba peristáltica para circular continuamente a través del sistema, y el medio se reemplazó cada 24 h con medio nuevo. La proliferación de parásitos se verificó a intervalos de 24 h y se realizaron subcultivos cada 24 a 48 h.

Análisis estadístico

Se utilizó una prueba t de Student para evaluar el cultivo continuo con el medio de cultivo VP-SFM (control) en comparación con VP-SFM suplementado con una mezcla de lípidos con diferente concentración.

Resultados y discusión

Efecto de la suplementación con lípidos químicamente definidos sobre la proliferación de *B. bovis*

La adición de una mezcla lipídica químicamente definida diluida de 1:50 a 1:1000 en VP-SFM (v / v) resultó adecuada para el cultivo *in vitro* de *B. bovis* (Fig. 1). Sin embargo, la dilución óptima que mantuvo el crecimiento *in vitro* de *B. bovis* fue una dilución 1:100 de una mezcla lipídica con un PEP máximo del 13.9 % al cuarto día. Se observaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en comparación con las demás diluciones de la mezcla lipídica (QD).

La mezcla de lípidos es una fuente de energía, componentes estructurales de las membranas celulares, sistemas de transporte y señalización. Previamente se ha sugerido que el metabolismo de los lípidos es vital en la replicación de patógenos, así como necesario para la supervivencia de la etapa de merozoitos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de *Plasmodium falciparum* durante la fase intraeritrocítica de la infección. Se ha propuesto que se requiere la incorporación exógena de ácidos grasos para el crecimiento y maduración del parásito en la etapa de trofozoito. *P. falciparum* puede modificar y controlar la composición de fosfolípidos de la membrana de los eritrocitos y aumentar los niveles intracelulares de ácidos grasos, como el ácido oleico. Sin embargo, se desconoce el mecanismo por el cual los parásitos adquieren los ácidos grasos. Además, *P. falciparum* es capaz de sintetizar pequeñas cantidades de ácidos grasos *de novo*; en el caso de *B. bovis* se ha reportado que carece de los mecanismos bioquímicos para sintetizar ácidos grasos *de novo* por lo que los obtienen del entorno externo. Otra especie, *Plasmodium knowlesi*, requiere grandes cantidades de fosfolípidos para su desarrollo. Sin embargo, estos parásitos no son capaces de producir esos lípidos *de novo*. Por lo tanto, las fuentes de esos lípidos provienen de la membrana de los eritrocitos o del medio externo.

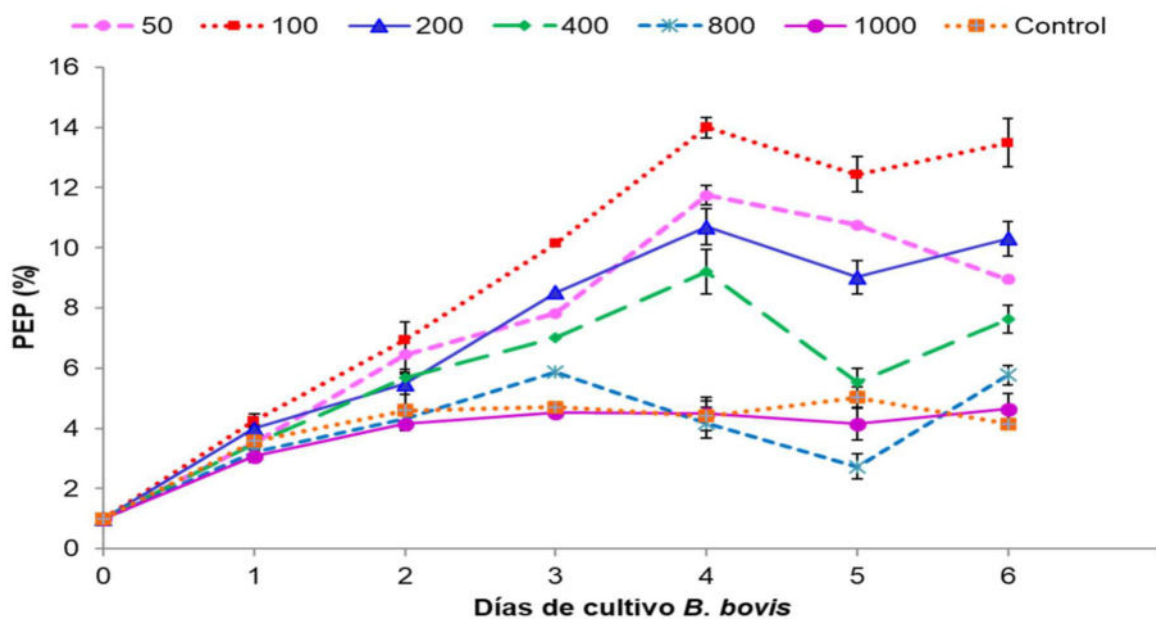


Figura 1. La gráfica representa la media de tres repeticiones del efecto de una mezcla de lípidos a diferente concentración en la proliferación de *B. bovis* *in vitro*. El porcentaje de eritrocitos parasitados (PEP) se ajustó al 1% cuando el PEP alcanzó el 4%. Si el PEP era ≤ 1 , se realizaba un subcultivo 1:2. No se muestran las subcultivos.

Proliferación *in vitro* de *B. bovis* en un biorreactor de perfusión

Con base en los experimentos descritos anteriormente, se incorporó VP-SFM suplementado con la mezcla de lípidos de QD (1:100) a un sistema de biorreactor de perfusión de fibra hueca. El crecimiento de *B. bovis* se comparó con el uso de ADMEM/F12 (medio tradicional) como control de medio. Aunque ambos medios ampliaron eficazmente el cultivo de *B. bovis* -SF, los valores de PEP fueron mayores con VP-SFM con la mezcla de lípidos que con ADMEM-F12 (**Fig. 2**). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). Los valores más altos de PEP fueron 32.59% y 27.19% para VP-SFM con la mezcla de lípidos y ADMEM/F12, respectivamente. Los parásitos colectados de ambos medios mostraron una morfología normal en el análisis microscópico (datos no mostrados). Después de 30 días, los eritrocitos infectados se criopreservaron en nitrógeno líquido y los parásitos se descongelaron y se recuperaron con éxito para el cultivo continuo *in vitro* de *B. bovis*.

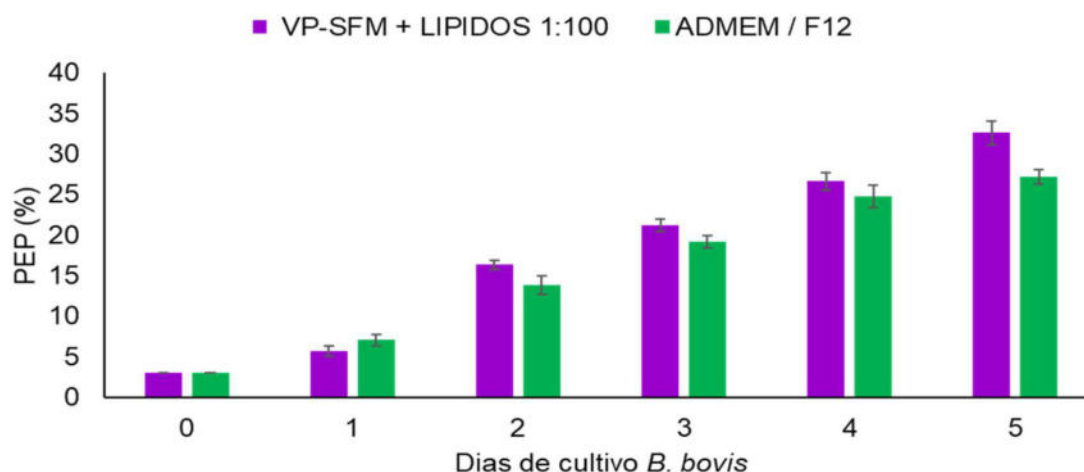


Figura 2. Comparación de la proliferación de *B. bovis* en un biorreactor de perfusión utilizando diferentes medios de cultivo VP-SFM + mezcla de lípidos a una concentración óptima vs medio tradicional ADMEM/F12.

Conclusiones.

Este método permitirá recolectar una gran cantidad de eritrocitos infectados con *B. bovis* que pueden ser una excelente fuente de parásitos para el desarrollo de vacunas o para comprender los mecanismos y moléculas involucrados en la unión de los parásitos y la invasión de los eritrocitos.

Agradecimientos. Se agradece al INIFAP por el financiamiento del Proyecto fiscal registrado con el número SIGI 14354234751.

Referencias

Bock, R., Jackson, L., De Vos, A. and Jorgensen, W. Babesiosis of cattle. *Parasitology*. 2004. 129, 247-269.

Brayton, K., Lau, A., Herndon, D., Hannick, L., Kappmeyer, L., Berens, S., Bidwell, S., Brown, W., Crabtree, J., Fadrosch, D., Feldblum, T., Forberger, H., Haas, B., Howell, J., Khouri, H., Koo, H., Mann, D., Norimine, J., Paulsen, I., adune, R., Ren, D., Smith, Q., Suarez, R., White, C., Wortman, O., Knowles, J., McElwain, D., Nene, T., 2007. Genome Sequence of *Babesia bovis* and Comparative Analysis of Apicomplexan Hemoprotozoa.

Florín-Christensen, M., Suarez, C.E., Rodriguez, A.E., Flores, D.A., Schnittger, L. 2014. Vaccines against bovine babesiosis: where we are now and possible roads ahead. *Parasitol*. 141, 1563-1592.

Rojas M.C., Rodríguez-Vivas R.I., Figueroa Millán J.V., Acosta Viana K.Y., Gutiérrez Ruiz E.J., Álvarez Martínez J.A. 2016. *In vitro* culture of *Babesia bovis* in a bovine serum-free culture medium supplemented with insulin, transferrin, and selenite. *Exp Parasitol*. 170:214-219.

Rojas-Martínez, C., Rodríguez-Vivas, R.I., Figueroa, M.J.V., Acosta, V.K.Y., Gutiérrez, R.E.J., Bautista-Garfías, C.R., Lira-Amaya, J.J., Polanco-Martínez, D.J. and Álvarez, M.J.A. 2018. *Babesia bigemina*:



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Advances in continuous *in vitro* culture using serum-free medium supplemented with insulin, transferrin, selenite, and putrescine. Parasitol. Int. 6, 294-301.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

MANEJO PARASITOLÓGICO EN GRANJAS DE BOVINOS EN TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO

Fleider Leiser Peña-Escalona¹, Roberto González-Garduño^{*2}, Alvar Alonzo Cruz-Tamayo³

¹ Universidad Politécnica de Texcoco, Facultad de Comercio Internacional y Aduanas. Texcoco de Mora, México. ² Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria Sursureste, Teapa, Tabasco, México. ³ Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escárcega, Campeche, México.

*Autor para correspondencia: rgonzalezg@chapingo.mx

Palabras clave. Parásitos gastrointestinales, ganado, bienestar animal.

Introducción

La demanda de productos de origen animal ha dado lugar a la intensificación de los sistemas de producción agropecuarios, en particular la producción ganadera. Lo cual ha obligado a que el ganado se vea expuesto a la presencia de diversas enfermedades, debido a que no se siguen buenas prácticas de manejo, lo que trae consigo una mayor utilización de medicamentos como antimicrobianos, pesticidas y antiparasitarios, cuyos principios activos pueden dejar residuos en los alimentos de origen pecuario. Los problemas sanitarios, abundan en los climas cálidos del trópico seco y húmedo de México. Los tres principales problemas sanitarios en bovinos son: parasitarios, bacterianos y virales. En los trópicos existe alta prevalencia de parásitos internos y externos, los cuales son muy abundantes. De los parásitos externos, los principales problemas son causados por garrapatas y moscas, los cuales son capaces de transmitir enfermedades como anaplasmosis y piroplasmosis, por lo que representan un problema económico muy importante (Rodríguez Vivas et al., 2019). Mientras que, de los parásitos internos la presencia de trematodos, nematodos y cestodos reducen la productividad del ganado, provocando enfermedades hepáticas, pulmonares y gastrointestinales graves. El objetivo del estudio fue identificar las prácticas de manejo en el control parasitario que realizan los productores de bovino en la región y su relación con la prevalencia de parásitos de la región.

Materiales y métodos

La prevalencia de parásitos en bovinos se realizó con datos inéditos del periodo de 2019 a 2022, en unidades de producción de bovinos ubicadas en Pichucalco y Salto de Agua, Chiapas; y en Teapa, Tabasco. De los registros obtenidos se determinó la prevalencia de los parásitos internos y externos por cada tipo de parásito con la siguiente fórmula: Prevalencia por unidad de producción = número de animales positivos/total de bovinos muestreados. Además, se aplicaron 41 cuestionarios a productores en Tabasco y Chiapas. Los cuestionarios abordaron los datos productivos en la crianza de ganado, manejo sanitario con énfasis en parásitos internos y externos.

La información se analizó mediante estadística descriptiva y los datos de prevalencia se procesaron mediante el proc logistic para determinar los principales factores de riesgo. Para la determinación de la relación entre la prevalencia y los factores de riesgo se utilizó la prueba de X^2 la cual se realizó con el proc freq del SAS.

Resultados

La prevalencia de parásitos externos observada en campo fue de 71.3% en los animales revisados. Sólo en una de las diez granjas no se contabilizaron garrapatas en los animales, mientras que en dos granjas todos los animales presentaban este tipo de parásito (Cuadro 1). De los principales factores de riesgo estudiados se encontró que la localidad es importante y el manejo también porque existen diferencias en la prevalencia entre granjas, otro factor importante fue la raza de los animales ya que las razas europeas presentan más riesgo que las razas cebuínas (de la Cruz Díaz et al., 2023).

Cuadro 1. Prevalencia de garrapatas (%) en los municipios de Teapa, Tabasco y Pichucalco Chiapas

Unidad de producción	Municipio	Garrapatas		Total
		Presencia (%)	Ausencia (%)	
1	Teapa, Tab.	40 (55.5)	32 (44.4)	72
3	Teapa, Tab.	64 (92.7)	5 (7.2)	69
4	Pichucalco, Chis.	123 (77.3)	36 (22.6)	159
5	Pichucalco, Chis.	27 (100.0)	0 (0.0)	27
7	Teapa, Tab.	14 (73.7)	5 (26.3)	19
8	Teapa, Tab.	40 (100)	0 (0.0)	40
9	Teapa, Tab.	0 (0.0)	31 (100.0)	31

Los géneros de las garrapatas identificadas en Teapa, Tabasco y en Pichucalco, Chiapas correspondieron a *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* y *Amblyoma cajennense* (de la Cruz Díaz et al., 2023).

En el estado de Tabasco y en dos municipios de Chiapas, en la misma región donde se aplicaron las encuestas se observó que la presencia de la mosca del cuerno (*Haematobia irritans*) era muy variable (de la Cruz Díaz et al., 2023) entre las granjas y dentro de los hatos.

A pesar de que los productores bañan frecuentemente al ganado (en promedio cada 35 días), la mayoría hace baños garrapaticidas cada 60 días, para lo cual utilizan en promedio 1.7 ± 1.0 L de producto químico por vaca, aplicados generalmente con bombas de aspersión, ya que los baños de inmersión se encuentran en desuso.

Los registros obtenidos en el sureste de México indican que los parásitos internos con mayor prevalencia en bovinos diagnosticados por medio de estudios coprológicos y de matadero corresponden a *Mecistocirrus digitatus* y *Haemonchus placei* en abomaso, *Cooperia punctata*, *Moniezia benedetti* y *Trichostrongylus colubriformis* en intestino delgado y *Fasciola hepatica* y paramfistómidos en hígado y rumen, respectivamente. Mientras que en el caso de ovinos las tres principales especies de nematodos fueron *H. contortus*, *T. colubriformis* y *C. curticei* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prevalencia de nematodos gastrointestinales de ovinos al sacrificio

Mes	Número		Prevalencia		Prevalencia por especie			
	Ovinos (N)	Sin parásitos		Con parásitos		<i>Haemonchus contortus</i>	<i>Trichostrongylus colubriformis</i>	<i>Cooperia curticei</i>
		N	%	N	%	%	%	%
Primavera	63	32	50.8	31	49.2	35.1	82.3	50.9
Verano	73	21	28.8	52	71.2	48.1	58.8	63.6
Otoño	50	41	82.0	9	18.0	66.7	25.0	8.3
Invierno	56	9	16.1	47	83.9	71.3	46.0	67.3
General	242	103	44.4	139	55.6	55.3	53.0	47.5

Fuente: modificado de González-Garduño et al., 2011

En los trematodos la variabilidad de la prevalencia de *Fasciola hepatica* entre las unidades de producción fue muy alta y entre los 10 ranchos analizados se muestran los valores extremos en Tabasco. En el análisis de todos los registros (n=719) se observó que la prevalencia en el estado de Tabasco fue superior ($P<0.05$) a la del estado de Chiapas, lo cual estuvo dado por el número de animales registrados.

En las entrevistas realizadas, los productores manifestaron que no realizan estudios coprológicos (71.4%) que permita comprobar el tipo y la carga parasitaria de sus animales, por lo que estos se guían



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

por las recomendaciones que sus vecinos o parientes les indican para poder realizarlo, y solamente el 28.6% realiza estudios para conocer la prevalencia de parásitos internos, principalmente aquellos productores que tienen hijos que se encuentran estudiando medicina veterinaria. La elección del producto a usar para el control de parásitos internos es principalmente por recomendación de un veterinario (47.6%), sin embargo, muchos de los productos se eligen por recomendación del encargado de la farmacia veterinaria (14.3%) o bien amigos o familiares (28.6%) y un 9.5% no respondió esta pregunta.

Discusión

Las prácticas de control de parásitos internos y externos utilizados por los ganaderos en la región de estudio se basan en la experiencia regional, en la que se comparten los conocimientos locales aprendidos y por ello no se tienen bases sólidas de los tratamientos aplicados. Esto se pudo confirmar porque existe una alta prevalencia de parásitos en la región y solo pocas UP tienen un control específico de parásitos internos y externos.

En muchos casos los productores no estaban organizados, y no invertían en tecnología ni en insumos para el manejo de sus hatos. De manera similar al presente estudio, el manejo de pastoreo es extensivo con pastos naturales de bajo valor nutricional, moderadamente degradadas por causa del pastoreo. En el sureste del país, la producción tradicional de ganado bovino es con el objetivo de producir becerros destetados para la venta, y en pocos casos para la engorda y finalización. También existen hatos para producción de leche para auto-abasto y venta a queseros o al público. Dichos sistemas se caracterizan por su escaso grado de desarrollo tecnológico, bajo uso de insumos externos, uso integral y diversificado de los recursos y un calendario de manejo adaptado a la variabilidad de las condiciones ambientales (Rodríguez-Moreno et al., 2020)

En un estudio en Chiapas en la misma región de estudio, se observaron cuatro tipologías de productores que coinciden con el estudio realizado, en el que los productores no cuentan con tecnología para la producción pecuaria (Velázquez-Avendaño, 2015). Un aspecto sobresaliente es que la mayoría de los productores no hace un estudio de diagnóstico para realizar la desparasitación interna y la frecuencia de desparasitación contra parásitos internos se realiza a todos los animales del hato, es decir, animales jóvenes y adultos al mismo tiempo, y aunque se utiliza la dosis correspondiente se realiza cada seis meses y no de acuerdo a las necesidades de cada categoría.

Para el control de endoparásitos como anaplasma, babesia y coccidias, el 38% de los productores usan fármacos orales con intervalos de aplicación trimestrales, cuatrimestrales o semestrales, según el grado de afectación de los animales. De manera similar a lo observado en los productores del sureste de México, en un estudio realizado en Isla, Veracruz, encontraron que casi la mitad (48%) de los ganaderos tiene como fuente de información técnica a otros ganaderos en esta zona, el 46% son pequeños ganaderos, mientras que el 54% corresponde a medianos y grandes ganaderos. El 79% de los ganaderos manejan el sistema de pastoreo rotacional y casi la mitad (44%) fertilizan sus potreros. En otros estudios se ha mostrado que la adopción de tecnología no se realiza por parte de los productores y en su mayoría de ellos las explotaciones son de doble propósito. Por otra parte, y con relación con las razas criollas, el 65% de los sistemas de producción mantienen ejemplares de la raza Romosinuano y el 35% la raza Lechero Tropical (Parra Cortés & Magaña-Magaña, 2019).

Conclusiones

Considerando los antecedentes y las recomendaciones de otros autores y con los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que los productores en la región aún se guían por los conocimientos generados por las experiencias regionales lo que ha conducido a problemas de alta prevalencia de parásitos internos y externos, ya que existe falta de diagnóstico preciso para desarrollar un calendario de desparasitación que les permita, por una parte, disminuir la carga parasitaria de los animales y prevenir la resistencia a los productos químicos, además de utilizar otras alternativas de control parasitario que permitan la producción sustentable del ganado.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Agradecimientos. Se agradece a los estudiantes de la Universidad Autónoma Chapingo y de la Universidad Autónoma de Campeche por su apoyo para obtener la información de las encuestas.

Fuente financiadora: Dirección general de Investigación y posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

Referencias bibliográficas

- de la Cruz Díaz, A., González Garduño, R., Vila Pena, M., Castañeda Arriola, R., & Maldonado Simán, E. (2023). Prevalencia y diagnóstico de resistencia a ixodicidas en garrapatas de ganado bovino de Chiapas y Tabasco, México. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(2), 1–14. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2022.03.09>
- Parra Cortés, R. I., & Magaña-Magaña, M. Á. (2019). Características técnico-económicas de los sistemas de producción bovina basados en razas criollas introducidas en México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18). <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2160>
- Rodríguez Vivas, R. I., Ojeda Chi, M. M., Bolio González, M. E., & Rosado Aguilar, J. A. (2019). Las garrapatas como vectores de enfermedades zoonóticas en México. *Rev. Bioagrociencias*, 12(1), 19–26.
- Rodríguez-Moreno, G. O., Nahed-Toral, J., Guevara-Hernández, F., Alayón-Gamboa, A., & Grande-Cano, J. D. (2020). Historia y caracterización técnica y socioeconómica de la ganadería bovina en la costa de Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23.
- Velázquez-Avendaño, J. A. (2015). Tipología de productores de ganado bovino en la región indígena XIV Tulijá-Tseltal-Chol de Chiapas, México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 6(4), 405–417.

USO DE IMÁGENES RGB DE DRON PARA ESTIMACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN PRADERAS TROPICALES

Francisco Rojas-Pérez^{1*} Eduardo Daniel Bolaños-Aguilar².

¹Instituto Tecnológico de Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco, México. CP 86400.

²INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco, México. CP 86400.

*Autor para correspondencia: rojasfrancisco2.0@gmail.com

Introducción

La fracción de cobertura vegetal (FCV) se define como la proyección vertical de las copas, coronas, brotes y hojas de vegetación, sobre la superficie de suelo expresada como porcentaje del área de referencia (García-Martínez *et al.*, 2020). La FCV es una de las principales variables que pueden indicar características biofísicas, como la densidad de las plantas, la fenología, el índice de área foliar y el rendimiento. La FCV se usa ampliamente en el modelado de la radiación fotosintéticamente activa interceptada (fAPAR), esta se relaciona la capacidad fotosintética de la vegetación (Steven *et al.*, 1986). Por lo que se propone utilizar sistemas de información geográfica (SIG), con los cuales es posible realizar análisis estadísticos, sobre la vegetación, basándose en los canales RGB de las imágenes aéreas, de la combinación de estas bandas se pueden obtener productos como estimación de cobertura vegetal (Brito y Cumandá, 2021). Una de las herramientas más versátiles son los Drones, con capacidad de generar datos debido su gran capacidad de configuración personalizable, lo que mejora la comprensión de composición, estructura y función de un ecosistema (Almeida *et al.* 2021). Dependiendo del dispositivo estas herramientas (Drones) permiten recorrer hasta mil hectáreas en aproximadamente una hora, siendo esto ideal para el monitoreo de incendios forestales, distribución de individuos y el estudio de la vegetación. Con el procesamiento adecuado se pueden evaluar el crecimiento y estado de las plantas al aplicar diversos índices, permitiendo determinar de manera rápida aspectos básicos de la calidad y desarrollo de la vegetación en estudio (Rosero *et al.*, 2021). Sin embargo, a pesar de que existen muchos trabajos que relacionan la vegetación con drones, la información es escasa en el uso de canales RGB en praderas regenerativas, debido a la poca disponibilidad de información acerca del uso y manejo de metodologías adecuadas que permitan estimar la FCV. El objetivo del presente trabajo es buscar los índices de vegetación sin la dependencia de la banda NIR que nos permitan estudiar coberturas vegetales en las praderas de la región de la Chontalpa.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el rancho KARIGA S.P.R. de R.L. (17°41'31" N, 93°28'17" W), en el municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco, México. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano, precipitaciones de 2,211 mm anuales y temperatura promedio de 29°C, siendo enero el mes menos caluroso con 22°C en promedio.

Adquisición de imágenes: La toma de imágenes se realizó con un vehículo aéreo no tripulado (Dron, RPAS), cuadricóptero DJI Mavic 3 Air (DJI, Shenzhen, Guangdong, China), Clase C1 (UE), con un sensor de imagen gran angular CMOS de 1/1.3 pulgadas, con 48 MP efectivos, compuesto por los canales rojo, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés Red-Green-Blue). Con un rango ISO de 100-3200, una obturación 1/16 000-2 s, el tamaño de imagen es de 8064×6048 píxeles, en un formato de imagen JPEG. El dron tiene la capacidad de despegar y aterrizar con una carga útil de 500 g, con una autonomía de 46 minutos, consta de un sistema de posicionamiento global de navegación satelital de las constelaciones GPS, Galileo y BeiDou, con un rango de precisión en vuelo estacionario vertical de ± 0.1 m (con posicionamiento visual) ± 0.5 m (con posicionamiento por GNSS) y horizontal de ± 0.3 m y ± 0.5 m respectivamente, con un estabilizador mecánico de 3 ejes (inclinación, rotación y paneo). Esto permite realizar vuelos autónomos, a partir de un plan de vuelo programado previamente, incluyendo la capacidad de esquivar obstáculos con sus sensores omnidireccionales. La obtención de imágenes se realizó mediante la configuración de plan de vuelo DJI FLY versión 1.17.4 para Android, cada imagen contiene metadatos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

como: coordenadas, altura, hora, fecha y propiedades del sensor y dron. El traslape de las imágenes se generaron de manera horizontal y lateral, el traslape horizontal depende de la altura del vuelo, imágenes capturadas por segundos y la velocidad del vuelo, mientras que el traslape lateral depende de la ruta de vuelo programada (Tu et al. 2020).

Procesamiento de imágenes y generación de ortomosaico: El procesamiento de imágenes adquiridas, se llevó a cabo mediante el Software [Agisoft Metashape Professional](#). Seifert *et al.* (2019) mencionan que los parámetros de vuelo y sensores determinan a calidad del ortomosaico. La orientación de las fotografías se llevó a cabo mediante el método de análisis de imágenes conocido como estructura del movimiento (SFM, por sus siglas en inglés), en calidad media. Este método procesa las características de cada imagen individual, para correlacionarlas con las demás imágenes traslapadas, lo cual genera puntos clave, lo cual se calibran los parámetros de cámaras internas y externas (posición, escala y orientación). Del resultado del proceso anterior se generó una nube de puntos dispersa, nube de puntos densa, malla, texturización y la ortofoto en calidad media, con un filtrado de profundidad leve para así poder tener mayor distinción de puntos. El modelado de 3D se calcula mediante los puntos correlacionados, estos se densifican y se texturizan con lo que se generara el ortomosaico, el cual proyecta cada pixel texturizado en un plano 2D (Allan *et al.* 2019).

Índices de fracción vegetación en el espectro visible (RGB) sin dependencia del infrarrojo

Se procesaron 6 índices de vegetación (IV) del ortomosaico, los IV se calcularon en el color estándar RGB con el Software ENVI Classic versión 5.6 (2023) separando la reflectancia del rojo, verde y azul del ortomosaico, esto para poder realizar las operaciones matemáticas matriciales (Cuadro 1). Los índices de vegetación por cada pixel o número digital de cada canal, fue resultado del proceso de matriz en escalas de grises (0-255) por cada IV calculado. Los índices de diferencia G-R, B-R y G-B normalizados buscan remplazar el canal NIR (Ecuación 1) por una de las bandas visibles (Jaramillo *et al.* 2020).

Ecuación 1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) es un indicador de la cantidad y calidad de la vegetación en una determinada zona.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Cuadro 2. Índices de vegetación calculados en canales de espectro visible (RGB) para la estimación de Fracción de cobertura vegetal (FCV) y no vegetal (FCNV).

Índices De vegetación RGB	Formula	Referencia
Índice de diferencia G-R normalizado	GNDVI = (G-R)/(G+R)	(Gitelson et al. 2002)
Índice de diferencia B-R normalizado	BNDVI = (B-R)/(B+R)	(Padro Garcia et al. 2015)
Índice de diferencia G-B normalizado	G-BNDVI = (G-B)/(G+B)	(Padro Garcia et al. 2015)
Índice de vegetación R-G	R-GNDVI = (R-G)/(R+G)	(Padro Garcia et al. 2015)
Índice de hojas verdes	GLI = ((G-R)+G-B)/((2*G)+R+B)	(Jaramillo et al. 2020)
Índice de resistencia atmosférica visible	VARI = (G-R)/(G+R-B)	(Gitelson et al. 2002)

*Canales: R= Red, G= Green, B= Blue.

Estimación de cobertura de la vegetación: La cobertura vegetal se determina en la imagen como la relación de píxeles clasificados como vegetación y no vegetación con respecto a los píxeles totales del área de estudio. La imagen en escala de grises (0-255) obtenida a partir de los índices de vegetación se clasificaron los píxeles en dos clases la primera en fracción de cobertura vegetal (FCV) y la segunda en fracción de cobertura no vegetal (FCNV) esto mediante la herramienta IsoData del Software ENVI Classic versión 5.6 (2023). Los valores por encima del umbral se clasificaron como vegetación, mientras los valores por debajo del umbral se clasificaron como suelo, obteniendo una imagen binaria (García-Martínez et al. 2020).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Análisis estadísticos de FCV Y FCNV: para los análisis de las estimaciones de cobertura vegetal y no vegetal se realizó mediante la herramienta quick stats del Software ENVI Classic versión 5.6 (2023). La cual permite calcular las estadísticas de banda como: número de píxeles por imagen, media, desviación estándar, número de píxeles por clases, porcentaje de FCV y FCNV.

Resultados y Discusión

Como resultado del vuelo, realizo a una altura de 100 m, con velocidad de 30 km/h, con una obturación de 5 s entre fotos, un solapamiento de 70% para cubrir un área de 40 ha, se descargaron 110 imágenes, las cuales se procesaron para generar una nube de puntos densa y finalmente crear el ortomosaico. Lo anterior se realizó en calidad media para disminuir el tiempo de procesamiento y no afectar la calidad de los datos. El tiempo de procesamiento de las imágenes para generar el ortomosaico fue de aproximadamente 4:30 a 5:00 h. El ortomosaico generado, presentó una cobertura de 27959 x 43615 con un tamaño de 3.41 cm/píxel. El vuelo se realizó el 4 de junio del 2025 a las 9:00 am, esto debido a las condiciones climáticas favorables como ausencia de nubes y excelentes condiciones de iluminación. Una de las desventajas de los índices basados en los canales RGB, es el incremento de los errores debido a factores como la sombra generada del propio cultivo y por la presencia de mayores cantidades de píxeles mixtos, sin poder diferenciar si el píxel pertenece al suelo o a la vegetación. Debido a la naturaleza de las praderas que se encuentran en áreas abiertas, cumplen con los criterios para el uso de algunos índices de vegetación, como los que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estadísticos del procesamiento de imágenes capturadas y generación del ortomosaico de las fracciones de cobertura vegetal y no vegetal.

422,616,900 Píxeles del Ortomosaico			FCV		FCNV	
Índices	Media	Stdev	Npts	Porcentaje	Npts	Porcentaje
GNDVI	1.275133	0.446581	422616900	27.5133	306341144	72.4867
BNDVI	1.577895	0.493895	178388532	42.2105	422616900	57.7895
G-BNDVI	1.340683	0.473939	422616900	34.0683	278638351	65.9317
R-GNDVI	1.724867	0.446581	116275777	27.5133	422616900	72.4867
GLI	1.416506	0.492979	422616900	41.6506	246594580	58.3494
VARI	1.287148	0.452431	422616900	28.7148	301263191	71.2852

* Stdev= desviación estándar; Npts= Número de puntos por cobertura; NGRDI= Índice de diferencia G-R normalizado; BNDVI= Índice de diferencia B-R normalizado; G-BNDVI= Índice de diferencia G-B normalizado; GRVI= Índice de vegetación R-G; GLI= Índice de hojas verdes; VARI= Índice de resistencia atmosférica visible.

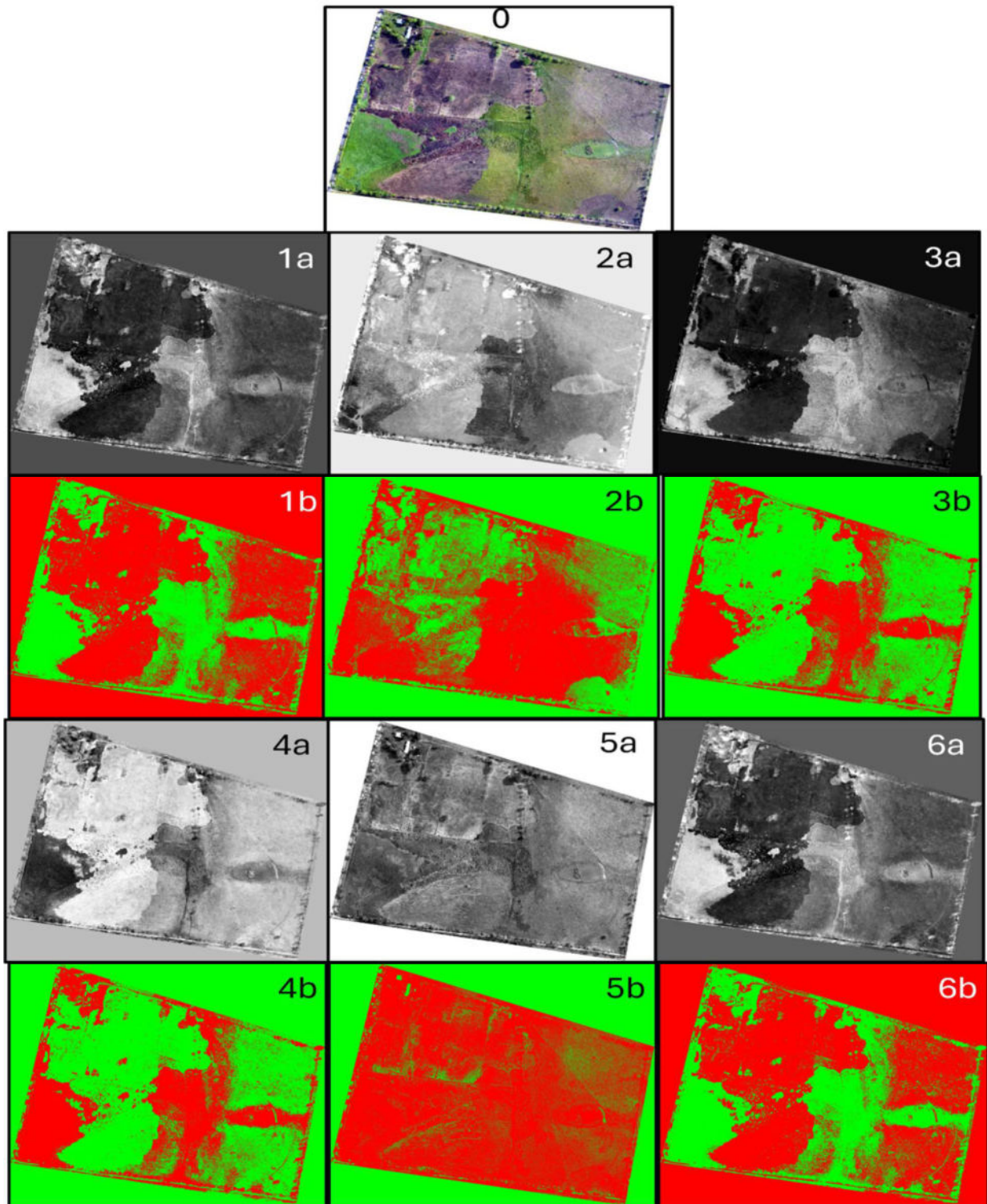
En el Cuadro 2 se muestran los índices de vegetación sin dependencia del espectro infrarrojo (Ecuación 1). Se estimó el porcentaje de FCV y FCNV así como el número de píxeles correspondientes, la media y desviación estándar de los porcentajes de coberturas, esto para un área de 40 ha de las cuales aproximadamente 12 ha sufrieron daño por incendio. De los seis índices de vegetación que se proponen en el presente estudio para la estimación de cobertura, solo tres índices mostraron potencial a las condiciones de cobertura de la pradera en estudio, los índices GNDVI, R-GNDVI y VARI mostraron un 27.51 %, 27.51 % y 28.71 % de FCV respectivamente y un 72.48 %, 72.48 % y 71.28 % de FCNV. García-Martínez *et al.* (2020) demostraron que el índice de vegetación GNDVI es sensible en las primeras etapas del cultivo, siendo ideal para las estimaciones de coberturas en praderas, como se muestra en la Figura 1. R-GNDVI presentó los mismos porcentajes de cobertura que GNDVI, esto a pesar de que los valores de los píxeles de cobertura fueron diferentes, como se muestran en el Cuadro 2. Viña *et al.* (2004) señalan que el índice VARI es sensible a los cambios de cobertura de un cultivo en las diferentes etapas de crecimiento. Sin embargo, los valores de VARI corresponden a valores de cobertura y es eficaz en la etapa reproductiva del cultivo. Además, en el Cuadro 2 podemos también observar que los índices de vegetación que no utilizan los canales Green y Red sobreestiman las fracciones de coberturas, a pesar de que se



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

derivan del mismo ortomosaico, por lo que la confiabilidad de estos índices como BNDVI, G-BNDVI y GLI es limitada.





Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Figura 11. 0 = Ortofoto en canales visibles RGB; GNDVI= 1a y 1b; BNDVI= 2a y 2b; G-BNDVI= 3a y 3b; R-GNDVI= 4a y 4b; GLI= 5a y 5b; VARI= 6a y 6b. el subíndice “a” representan los índices de vegetación en escalas de grises (0-255) mientras que el subíndice “b” representan la clasificación de FCV y FCNV.

Conclusión

Los índices de vegetación s GNDVI, R-GNDVI y VAR mostraron ser las mejores alternativas para las estimaciones de cobertura vegetal y no vegetal para las praderas tropicales, la confiabilidad de estos índices se debe a la sensibilidad de la ecuación con el uso del canal Red.

Referencias Bibliográficas

- Almeida, D. R. A. D., Broadbent, E. N., Ferreira, M. P., Meli, P., Zambrano, A. M. A., Gorgens, E. B., Resende, A. F., Almeida, C. T. D., Amaral, C. H. D., Corte, A. P. D., Silva, C. A., Romanelli, J. P., Prata, G. A., Papa, D. D. A., Stark, S. C., Valbuena, R., Nelson, B. W., Guillemot, J., Féret, J-B., ... & Brancalion, P. H. S. (2021). Monitoring restored tropical forest diversity and structure through UAV-borne hyperspectral and lidar fusion. *Remote Sensing of Environment*, 264, [112582]. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112582>.
- Brito, A., and Cumandá, N. (2021). Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20104>.
- K. Liu (2016) Remote estimation of vegetation fraction and flower fraction in oilseed rape with unmanned aerial vehicle data. *Remote Sensing* 8:416, <https://doi.org/10.3390/rs8050416>.
- García-Martínez, Héctor, Flores-Magdaleno, Héctor, Khalil-Gardezi, Abdul, Ascencio-Hernández, Roberto, Tijerina-Chávez, Leonardo, Vázquez-Peña, Mario A., and Mancilla-Villa, Oscar R. (2020). Estimación de la fracción de cobertura de la vegetación en maíz (*Zea mays*) mediante imágenes digitales tomadas por un vehículo aéreo no tripulado (UAV). *Revista fitotecnía mexicana*, 43(4), 399-409. Epub 14 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.399>
- Jaramillo Baltra, R., Padró García, JC. (2020). Generación de cartografía a partir de imágenes captadas con dron de ala fija, asociada a proyectos hidráulicos fluviales. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 26,93–119. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.680>.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS *UROCHLOA* EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO

Isabel Cristina Acosta-Balcazar^{1*}, Lorenzo Granados-Zurita², Manuel Barrón-Arredondo², Jorge Quiroz-Valiente², Miguel Ángel Ramírez-Guillermo², Jorge David Guiot-García³

1 División Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad Popular de la Chontalpa.

2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CE. Huimanguillo.

3 Grupo Papalotla S.A. de C.V.

*Autor por correspondencia: isabel.acosta@upch.mx

Palabras clave. Proteína cruda, digestibilidad, cenizas

Resumen

Los pastos muestran diferentes respuestas productivas a estímulos ambientales y de manejo, por lo que se debe implementar un programa de manejo que vaya de acuerdo a las características y necesidades de cada pasto y que ayuden a incrementar su valor nutritivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las condiciones climáticas que se dan en las épocas de sequía y lluvias sobre la composición nutricional de 11 especies forrajeras, por lo que éstas se muestrearon en ambas épocas para determinar contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y cenizas (CZAS). De las dos épocas evaluadas, sequía fue la más restrictiva para la composición química de los pastos, ya que obtuvieron promedios de 9.65 y 15.86 % para PC, 34.86 y 37.76 % de FDA, 60.92 y 61.96 % de FDN, 67.42 y 72.90 % de DIVMS y, 9.59 % y 12.32 % de CZAS, para la época de sequía y lluvias, respectivamente. Los valores registrados en sequía pudieron deberse a baja disponibilidad de agua, ya que se reduce la actividad fotosintética y disminuye la absorción de nutrientes, afectando de forma negativa tanto la producción de biomasa como el valor nutritivo.

Introducción

En México, la actividad pecuaria es importante ya que es base para el desarrollo de la industria nacional. La producción con rumiantes, es una de las actividades que más se realizan en el medio rural y se lleva a cabo en todas las regiones agroecológicas de México, por lo que se estima que el 60 % de la superficie nacional es aprovechada a través de esta actividad (Zárate *et al.*, 2010).

En las regiones tropicales, la alimentación de la ganadería bovina depende principalmente de forrajes frescos, se estima que el 90 % de los nutrientes que requieren los animales son derivados de las pasturas y el resto lo obtienen de los complementos alimenticios (Ruiz, 2011). Sin embargo, la producción y la calidad nutritiva de los pastos, en estas regiones, son estacionales, es decir, no son constantes a través del año y dependen de factores como; la especie y variedad de plantas, clima, intensidad de luz, precipitación, fertilización, etapa de crecimiento, fertilidad del suelo, tiempo de pastoreo, época del año y tiempo de descanso (Kalač y Samková, 2010; Morales *et al.*, 2010 y Granados-Rivera *et al.*, 2016). Por lo que, el pastoreo, en ocasiones, no puede satisfacer las necesidades nutricionales de los animales, lo cual limita la eficiencia productiva del ganado, obligando a los productores a buscar alternativas de alimentación como el suministro de forraje verde picado o conservado. En la actualidad, existen cultivares de *Urochloa* híbrido que pueden adaptarse a las condiciones del clima y suelos, y con ello incrementar la productividad de la pradera, ya que algunas superan en rendimiento de materia seca a los pastos nativos.

Asimismo, los pastos muestran diferentes respuestas productivas a estímulos ambientales y de manejo, por lo que se debe implementar un programa de manejo que vaya de acuerdo a las características y necesidades de cada pasto y que ayuden a incrementar su valor nutritivo y hacer más eficiente la pradera, ejemplo de ello sería la fertilización nitrogenada (Mojica-Rodríguez *et al.*, 2019). El nitrógeno incrementa la producción de materia seca y estimula la síntesis de componentes metabólicos como la proteína de la hoja (Acosta-Balcazar *et al.*, 2024). Es por ello que, la finalidad de este trabajo fue conocer el valor nutricional de nuevos híbridos del género *Urochloa* en dos épocas del año en una región tropical.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y métodos

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en un rancho comercial, ubicado en el municipio de Huimanguillo, de la región Chontalpa del estado de Tabasco (17°85'80.3" N; -93°40'71.6" O; 20 msnm), el tipo de suelo que presenta es CAMBISOL y cuenta con clima cálido húmedo donde suele presentarse lluvias en verano y otoño. La lluvia promedio anual es 2,295 mm año⁻¹ y los promedios de las temperaturas máxima, media y mínima que se registran son 35, 25 y 15 °C, respectivamente, con 77.4 % de humedad relativa (CONAGUA, 2023).

Establecimiento

Se utilizaron 44 parcelas de 18 m² cada una (4 x 4.5 m), cuatro parcelas por cada especie forrajera evaluada: BR050549, BR051467, BR094467, GP0423, GP3025, GPNF3025456, GPNF3207461, GPNF6024161, MX022090, Mulato II y Marandú.

Fertilización

Al inicio de cada época, las parcelas se fertilizaron con urea (como fuente de nitrógeno) y sólo para la época de lluvias se utilizó, además, superfosfato triple de calcio (como fuente de fósforo). La fertilización se aplicó al voleo. Previamente, se realizó un corte de uniformidad a 10 cm de altura, que se tomó como el día 1 de cada periodo de muestreo.

Muestreos

Como criterio para los muestreos se determinó que las plantas tuvieran una altura mayor a los 30 cm, por lo que en la época de sequía se hicieron dos muestreos y en la de lluvias tres muestreos.

Previo al corte de la muestra, se realizó una evaluación agronómica utilizando un cuadro de 1 m², el cual se aventaba en cada parcela para determinar el punto de muestreo. Posterior al muestreo, en todas las parcelas, se realizó un corte de uniformidad a una altura de 10 cm para comenzar el siguiente periodo de crecimiento.

Variables y Análisis estadístico

Se determinaron los contenidos (%) de proteína cruda (PC), fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y cenizas (CZAS).

Al final, los datos se analizaron utilizando un modelo lineal general, a través del procedimiento GLM en el programa estadístico SAS 9.0 (2002) y la comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

A pesar de que no se presentaron significancias entre las especies, los resultados obtenidos reflejan el efecto de las condiciones climáticas sobre el valor nutritivo de los híbridos del género *Urochloa*. De las dos épocas evaluadas, sequía fue la más restrictiva para la composición química de los pastos, ya que se presentan periodos de altas temperaturas, existe mayor transpiración en las plantas y hay déficit de agua. Respecto a la proteína cruda, los promedios generales registrados en las especies evaluadas fueron 9.65 y 15.86 % para la época de sequía y lluvias. De sequía a lluvias se presentó un incremento del 64.35 %, lo que evidencia la fuerte influencia de las condiciones climáticas sobre la calidad del forraje. En la época de sequía, el pasto Mulato II alcanzó el mayor contenido de PC (11.60 %) y Marandú fue el de menor valor (7.67 %). En la época de lluvias, GPNF3025456 mostró el mayor contenido de PC (17.83 %) y MX022090 obtuvo el más bajo (14.03 %; Cuadro 1). Los valores registrados en sequía pudieron deberse a baja disponibilidad de agua, ya que se reduce la actividad fotosintética y disminuye la absorción de nutrientes, afectando de forma negativa tanto la producción de biomasa como el valor nutritivo. Cabe mencionar que, aunque éste no fue el caso, en la época de lluvias, el crecimiento y maduración del pasto ocurre con mayor rapidez debido a que las condiciones de clima son favorables, por lo que se acelera el proceso denominado "dilución de proteína" (Lorenzo-Fernández *et al.*, 2012).

Asimismo, Velazco *et al.* (2018) afirman que este fenómeno se debe a que las plantas desarrollan diferentes respuestas para adaptarse a las condiciones de estrés hídrico, una de ellas es la disminución de la expansión foliar y el aumento del crecimiento radicular.

Los promedios de fibra detergente ácida fueron 34.86, 37.76 % para sequía y lluvias, respectivamente. Se observó un aumento del 8.31 % en la temporada de lluvias, lo cual refleja una respuesta dinámica a las



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

condiciones ambientales. Marandú registró los valores más altos en lluvias (39.40 %) y GPNF3207461 presentó el valor más alto durante la sequía (36.80 %). Los contenidos más bajos fueron observados en GP0423 (33.13 %) en sequía, y GPNF3025456 (35.23 %) durante la época de lluvias (Cuadro 1). En cuanto a la fibra detergente neutra, el promedio fue relativamente estable a lo largo del año, con valores de 60.92 % en sequía y 61.96 % durante las lluvias. Esta estabilidad sugiere que la variación estacional tuvo un impacto menor sobre la fracción de fibra. En la época de sequía, Marandú fue la especie con mayor contenido (63.90 %) y GP0423 la de menor (58.86 %). Finalmente, durante la época de lluvias Marandú nuevamente destacó con el mayor valor (64.43) y BR050549 registró el menor (59.63 %; Cuadro 1).

El contenido de la FDA de los pastos nos sirve para evaluar la digestibilidad de los mismos, mientras que la FDN es un componente que puede llegar a limitar la capacidad ingestiva de los animales (Merlo-Maydana *et al.*, 2017). Piñeros *et al.* (2011) mencionan que los valores de FDN superiores a 65 % indican valores nutritivos bajos y que, bajo sistemas de sombreados, la FDN es más alta en las especies que están a libre exposición, tal y como ocurrió en esta investigación.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de los híbridos del género *Urochloa* en dos épocas del año.

Especie	Sequía (%)					Lluvias (%)				
	PC	FDA	FDN	DIVMS	CZAS	PC	FDA	FDN	DIVMS	CZAS
BR050549	9.13	33.20	59.86	69.33	9.38	16.56	37.76 ^{ab}	59.63	75.66	12.55
BR051467	9.00	35.10	60.63	68.66	11.00	15.76	37.13 ^{ab}	61.30	72.66	12.70
BR094467	8.40	34.60	61.30	66.33	9.72	15.90	38.93 ^{ab}	63.70	72.66	12.57
GP0423	8.50	33.13	58.86	67.66	10.27	15.00	38.36 ^{ab}	61.73	71.66	13.36
GP3025	11.13	34.66	61.40	68.66	9.22	16.73	37.20 ^{ab}	62.83	72.33	12.59
GPNF3025456	11.03	35.13	60.40	65.66	9.12	17.83	35.23 ^b	59.80	75.00	11.84
GPNF3207461	9.33	36.80	61.83	65.33	8.87	17.10	37.46 ^{ab}	62.33	73.66	12.16
GPNF6024461	9.80	35.00	60.90	68.00	9.88	14.86	38.33 ^{ab}	62.00	72.66	12.14
MX022090	10.46	35.53	61.20	67.33	9.20	14.03	37.63 ^{ab}	62.70	71.00	11.16
Mulato II	11.60	35.00	59.86	70.33	10.10	15.83	37.93 ^{ab}	61.13	73.33	12.62
Marandú	7.76	35.40	63.90	64.33	8.70	14.83	39.40 ^a	64.43	71.33	11.84

PC proteína cruda; FDA fibra detergente ácida; FDN fibra detergente neutra; DIVMS digestibilidad *in vitro* de la materia seca; CZAS cenizas.

En lo que respecta a la digestibilidad, el promedio de la materia seca fue de 67.42 % en sequía y 72.90 % en lluvias. Los valores se mantuvieron relativamente constantes entre épocas. Marandú mostró el menor valor de digestibilidad en sequía (64.33 %), mientras que Mulato II fue la más digestible en esa misma época (70.33 %). En lluvias, BR050549 volvió a destacar con el valor más alto (75.66 %), y MX022090 presentó el más bajo (71.00 %), aunque todavía dentro de un rango adecuado. Por la falta de agua en la época de sequía los pastos se vuelven más fibrosos y menos digestibles (Lorenzo-Fernández *et al.*, 2012). El contenido de cenizas mostró una variación significativa entre épocas. En sequía el promedio fue 9.59 % y en lluvias se obtuvo 12.32 %, lo que significó un aumento del 28.46% (Cuadro 1). En la época de sequía, BR051467 presentó el valor más alto (11.00 %), y Marandú el más bajo (8.70 %). En la temporada de lluvias, GP0423 nuevamente destacó con el mayor contenido (13.36 %), y MX022090 tuvo el menor (11.16 %; Cuadro 1). En lluvias, las condiciones de precipitación y temperaturas que se presentan favorecen los procesos del metabolismo celular e incrementan la absorción de nutrientes y la producción de metabolitos fotosintéticos como la proteína, la grasa, carbohidratos y minerales (De Dios, 2017).

Es importante señalar que, la fertilización a base de nitrógeno ayuda a que los pastos mejoren su concentración de proteína y digestibilidad, ya que, el nitrógeno incrementa la síntesis de compuestos metabólicos en el pasto y, además, se obtiene mayor producción de biomasa (Acosta-Balcazar *et al.*, 2022).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Asimismo, se debe mencionar que un adecuado manejo de la fertilización y elección de híbridos, capaces de adaptarse a las condiciones de ésta región, son claves para lograr un equilibrio entre cantidad y calidad del forraje disponible para la producción animal en el trópico.

Conclusiones

Los factores climáticos influyeron significativamente en el contenido nutricional de los híbridos de *Urochloa*. Durante la época de sequía, las especies mostraron una marcada reducción en el contenido de proteína cruda, cenizas y digestibilidad. Por el contrario, en lluvias, los pastos tuvieron una mejora en los parámetros de calidad nutricional, destacando el aumento en digestibilidad in vitro y proteína cruda.

Se observaron diferencias importantes entre las especies evaluadas. Algunos híbridos como BR050549, GP3025, GPNF3025456, GPNF3207461 y Mulato II destacaron por su calidad nutritiva en ambas épocas del año, lo que los convierten en una opción para que sean aprovechadas en sistemas de producción en el trópico húmedo. Por el contrario, especies como Marandú y BR094467 presentaron menor estabilidad y rendimiento bajo condiciones adversas.

Los resultados de este trabajo permiten identificar especies con buen potencial nutritivo para los sistemas de producción animal, por lo cual, se recomienda que sean evaluados en condiciones de manejo con animales (pastoreo directo) y considerar el efecto de factores como; sombra, presión de pastoreo, niveles de fertilización, edades de cortes, tipos de suelo y combinaciones con leguminosas para mejorar aún más la sostenibilidad de las praderas.

Agradecimientos

Al Grupo Papalotla S.A. de C.V. por el financiamiento de la investigación.

Referencias

1. Acosta-Balcazar, I.C., Bautista-Martínez, Y., Estrada-Drouaillet, B., Granados-Rivera, L.D. 2024. Nitrogen and phosphorus fertilization and regrowth age on the fatty acid profile in tropical grasses during the dry and rainy seasons. *Chilean journal of agricultural research*, 84(2):291-300.
2. Lorenzo-Fernández, J., Gómez-Angulo, I., Cordoví-Castillo, E. 2012. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto *Brachiaria humidicola* cv CIAT-609 en un suelo vertisol. *Revista de Producción Animal*, 24(1):471.
3. Merlo-Maydana, F.E., Ramírez-Avilés, L., Ayala-Burgos, A. J., Ku-Vera, J.C. 2017. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4:116-127.
4. Mojica-Rodríguez, J.E.; Castro-Rincón, E., Carulla-Fornaguera, J., Lascano-Aguilar, C. 2019. Intensidad de pastoreo sobre perfil lipídico en leche bovina en el trópico seco colombiano. *Agronomía Mesoamericana* 30(3):783-802.
5. Velazco, M., Hernández, A., Huerta, H.V., Martínez, J., Hernández, P., Medina, J.F.A. 2018. Análisis de crecimiento de Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombasa. *Revista MVZ Córdoba*, 23, 16.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

RESPUESTA HUMORAL EN BECERROS LACTANTES FRENTE A *Strongyloides papillosus* A TRAVES DE ELISA INDIRECTA

Claudia Yesenia León-González^{1*}, Roberto González-Garduño¹, Juan Manuel Hernández-Domínguez¹

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo, Teapa, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: leongonzalezcy@gmail.com

Palabras clave: inmunidad, ELISA, parasitología.

Introducción

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son uno de los parásitos que limitan la producción y son importantes porque afectan la salud y el bienestar del ganado, produciendo disminución del apetito, menor tiempo de retención intestinal, pérdida neta de nutrientes en el lumen intestinal que afecta la ingesta de alimento, tasa de crecimiento, respuesta inmune y fertilidad y en casos graves gastroenteritis parasitaria. Por su alta prolificidad, adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas adversas que favorecen su prevalencia, los NGI generan pérdidas en la producción animal (López-Rodríguez et al., 2023), además, presenta un alto potencial biótico, ya que la etapa de parásito puede sobrevivir casi 1.5 años en el huésped y las etapas de vida libre sobreviven durante un largo periodo en campo (Bassetto et al., 2024), siendo los becerros más susceptibles a infectarse con NGI sobre todo en su primera temporada de pastoreo.

Su impacto económico se ha estudiado ampliamente a lo largo de los años y su control se ha basado en el uso de antihelmínticos, pero la propagación de resistencia ha desatado la necesidad de buscar nuevas estrategias alternativas de control y entre ellos se encuentra la respuesta inmune del animal ante estas infecciones.

Cuando se da una infección se liberan productos de excreción y secreción (ES) a través de la invasión larvaria y en respuesta el huésped desarrolla mecanismos inmunitarios que reconocen estos productos ES para modular la infección por NGI ya sea aumentando o disminuyendo las defensas inmunitarias (Contreras-Ochoa et al., 2019).

El estudio de la variabilidad en la respuesta inmune de becerros predestete infectados naturalmente con nematodos gastrointestinales es crucial para mejorar la salud y el bienestar de estos animales en la producción ganadera. El sistema inmunológico (SI) es importante para superar los factores negativos generados por las infecciones parasitarias. En los becerros este comienza a desarrollarse desde la concepción, continua en el útero y termina de desarrollarse en los seis meses posteriores al nacimiento cuya respuesta inmune se denomina como adquirida (Gupta et al., 2023) y consiste en anticuerpos, linfocitos de memoria y células efectoras. Los anticuerpos (Ac) presentes en los bovinos son las clases IgM, IgA, IgD, IgE e IgG, este último diferenciado en tres subisotipos (IgG1, IgG2 e IgG3). La inmunidad adquirida ha sido considerada como una hipersensibilidad retardada y sus efectos pueden mejorar o agravar el resultado de una infección (Rainard et al., 2022).

Para la detección de anticuerpos específicos circulantes existe un grupo de técnicas serológicas que poseen fundamentos inmunológicos y una de las más utilizadas es el ensayo inmuno enzimático (prueba ELISA) para la identificación de bovinos portadores asintomáticos, la cual es una prueba semicuantitativa de concentración de inmunoglobulinas (Igs) por lo cual el objetivo del estudio fue conocer y evaluar la respuesta inmune humoral a la infección por *Strongyloides papillosus* en becerros por medio de ensayos inmuno enzimáticos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una parcela del municipio de Salto de Agua, Chiapas. Se eligieron 28 becerros de entre 1 y 2 meses de edad al inicio del estudio, de los cuales se recolectaron muestras de sangre y heces cada 30 días durante un periodo de 5 meses (julio-noviembre 2023). Todas las muestras se procesaron en el laboratorio de ciencia animal de la Unidad Regional Universitaria Sursureste perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo.

Con ayuda de una jeringa esterilizada se extrajeron directamente de la vena yugular aproximadamente 3 mL de sangre la cual se colocó en tubos estériles con acelerador de la coagulación para facilitar la



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

separación de las células sanguíneas, dentro del laboratorio se centrifugaron a una velocidad de 3,500 rpm por 5 minutos para concluir el proceso de separación y obtener los sueros sanguíneos. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto del animal y se procesaron mediante la técnica de McMaster para contabilizar los huevos por gramo de heces (HPG) de *Strongyloides*.

La evaluación de la respuesta humoral de cada animal se evaluó mediante la realización de un ensayo indirecto de inmunoadsorción ligado a enzimas (iELISA) siguiendo la metodología estandarizada.

Para ello se utilizó un antígeno a base de extracto crudo de larvas de tercer estadio (L₃) de *Strongyloides papillosus* a una concentración de 0.570 mg/mL. Para bloquear la placa se usó una solución de leche descremada diluida en PBS-T al 0.5%. Como anticuerpo se utilizaron los sueros obtenidos de la sangre muestreada a una dilución 1:300 y se colocaron por triplicado, como controles negativos se usaron sueros de animales negativos y como positivos sueros de animales positivos previamente identificados mediante titulación. Se usaron los siguientes conjugados en una dilución 1:5000

- Sheep x-Bovine IgG-heavy Chain
- Sheep anti-Bovine IgA

Las placas se procesaron midiendo la densidad óptica (DO) en un lector de microplacas a 650 y 450 nm y los resultados obtenidos se concentraron y procesaron en Excel y se analizaron mediante un modelo de regresión no lineal.

Resultados y discusión

Se muestrearon un total de 28 animales, de los cuales 13 (46.4%) resultaron positivos a la presencia de *S. papillosus* mediante diagnóstico coproparasitológico.

En cuanto a la evaluación de la respuesta inmunológica humoral, no se determinó algún incremento importante de inmunoglobulina A (IgA) en los animales evaluados, independientemente de su nivel parasitológico, por lo que se concluye que los niveles de IgA no son perceptibles en los primeros ocho meses de vida de los becerros.

Por otro lado, el análisis de inmunoglobulina G (IgG) mostró patrones diferenciales entre los grupos. Los becerros que no presentaban infección por *Strongyloides* desde el inicio del estudio evidenciaron títulos positivos de IgG desde las primeras fechas de muestreo. En contraste, aquellos individuos que inicialmente resultaron infectados por *Strongyloides* mostraron seronegatividad en las primeras mediciones, desarrollando posteriormente niveles detectables de IgG conforme avanzó la infección.

Los valores de OD obtenidos en los ensayos de ELISA para los animales que resultaron positivos oscilaron entre 0.521 y 1.838, encontrándose algunas excepciones que superaron densidades ópticas de 2.100 (Figura 1).

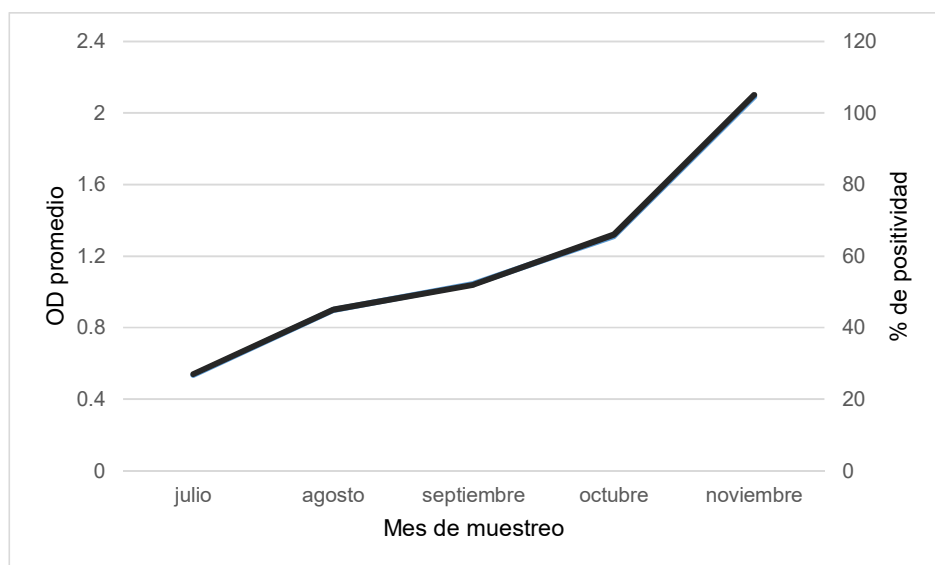


Figura 12. Niveles de IgG contra *Strongyloides papillosus* a lo largo de los muestreos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Estos valores correspondieron a porcentajes de positividad que variaron en promedio de 27.3% a 105%, lo que indica una amplia variabilidad en la intensidad de la respuesta inmune entre los animales.

En total, se analizaron 137 muestras de suero correspondientes a distintos momentos del periodo de estudio. De estas, 61 (44.5%) resultaron negativas, concentrándose principalmente en las dos primeras fechas de muestreo. Las 76 muestras restantes (55.5%) fueron positivas, registrándose en su mayoría en los tres últimos muestreos (Cuadro 1), lo que refleja una tendencia al incremento de la respuesta inmunológica humoral en función del tiempo y posiblemente asociada a la progresión de la infección.

Cuadro 3. Comportamiento de la respuesta humoral a lo largo de los muestreos

Muestreo	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Positivos	16	2	20	23	15	76
Negativos	11	25	8	4	13	61
						137

No se observaron variaciones significativas ($P < 0.05$) entre el sexo del animal y las densidades ópticas y el porcentaje de inmunidad (Cuadro 2), lo cual indica que tanto los machos como las hembras presentaron respuestas humorales similares, por ende, el sexo no represento un factor determinante en la respuesta inmune.

Cuadro 4. Relación entre la respuesta humoral y el sexo de los animales

Respuesta humoral	OD	% de Inmunidad	Sexo
Positivo	1.165	62.7	H
	0.969	57.5	M
Negativo	0.428	26.8	H
	0.585	28.2	M

Los hallazgos obtenidos en este estudio aportan evidencia sobre la dinámica de la respuesta inmunológica humoral en becerros expuestos a *Strongyloides*. La ausencia de respuesta detectable de IgA podría estar relacionada con la naturaleza predominantemente mucosal de esta inmunoglobulina y la posible limitación de los métodos empleados para su detección en suero. Este hallazgo concuerda con estudios previos que han señalado una menor participación de la IgA en infecciones parasitarias sistémicas, particularmente durante las fases iniciales.

La respuesta de IgG, en cambio, mostró un comportamiento diferenciado según el estado de infección de los animales al inicio del estudio. Específicamente, los becerros no infectados inicialmente presentaron títulos positivos desde las primeras fechas de muestreo, lo cual podría deberse a una exposición previa subclínica o a una memoria inmunológica residual. Por su parte, los becerros infectados desde el inicio mostraron seronegatividad en las etapas tempranas, lo que sugiere que la detección de IgG está asociada a una respuesta adaptativa progresiva que se manifiesta una vez que la infección se establece y se mantiene en el tiempo.

La variabilidad observada en los valores de OD y en los porcentajes de positividad indica una heterogeneidad considerable en la magnitud de la respuesta inmunológica entre los animales, lo que puede estar influenciado por factores como la carga parasitaria, la edad, el estado nutricional y la inmunocompetencia individual.

El análisis de las 137 muestras de suero permitió observar una clara tendencia temporal en la seroconversión: la mayoría de las muestras negativas se concentraron en las etapas iniciales del estudio, mientras que las positivas se identificaron principalmente en los últimos tres muestreos. Este patrón sugiere que la exposición a *Strongyloides* ocurrió de forma gradual y que la respuesta inmunológica se desarrolló con el tiempo, confirmando la utilidad del monitoreo serológico para detectar infecciones en fases subclínicas o tempranas.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Conclusiones

1. De los 28 becerros evaluados, 13 resultaron positivos a *Strongyloides papillosus*, representando una prevalencia del 46.4%.
2. No se detectó una reacción significativa de IgA, mientras que la IgG mostró una dinámica distinta según el estado de infección inicial.
3. Los animales infectados al inicio presentaron seroconversión tardía, mientras que aquellos no infectados mostraron títulos positivos desde el comienzo, lo que podría reflejar exposiciones previas o reacciones cruzadas.
4. Las diferencias en los valores de OD y en los porcentajes de positividad destacan la variabilidad individual de la respuesta inmune.
5. La evolución temporal de las muestras positivas indica que la serología puede ser una herramienta útil para el monitoreo de infecciones por nematodos gastrointestinales en condiciones de campo.

Referencias bibliográficas

- Bassetto, C. C., Albuquerque, A. C. A., Lins, J. G. G., Marinho-Silva, N. M., Chocobar, M. L. E., Bello, H. J. S., Mena, M. O., Niciura, S. C. M., Amarante, A. F. T., & Chagas, A. C. S. (2024). Revisiting anthelmintic resistance in sheep flocks from São Paulo State, Brazil. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2024.100527>
- Contreras-Ochoa, C. O., Lagunas-Martínez, A., Reyes-Guerrero, D. E., Bautista-García, G. A., Tello-López, A. T., González-Garduño, R., & López-Arellano, M. E. (2019). Excreted and secreted products (72/60 kDa) from *Haemonchus placei* larvae induce in vitro peripheral blood mononuclear cell proliferation and activate the expression of cytokines and FCεR1A receptor. *Experimental Parasitology*, 206. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107755>
- Gupta, S., Sharma, A., Joy, A., Dunshea, F. R., & Chauhan, S. S. (2023). The Impact of Heat Stress on Immune Status of Dairy Cattle and Strategies to Ameliorate the Negative Effects. *Animals*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/ani13010107>
- López-Rodríguez, G., Zaragoza-Bastida, A., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld, M. C., & Rivero-Perez, N. (2023). Gastrointestinal nematodes in sheep and their anthelmintic resistance. A subject under discussion in Mexico. *Journal of the Selva Andina Animal Science* ®. Bolivia. All Rights Reserved, 10(2), 116–129.
- Rainard, P., Foucras, G., & Martins, R. P. (2022). Adaptive Cell-Mediated Immunity in the Mammary Gland of Dairy Ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.854890>

PREVALENCIA DE TREMATODOS (*Fasciola hepatica* Y PARAMFISTÓMIDOS) EN OVINOS EN EL ESTADO DE TABASCO

Jonathan Cárdenas-Guzmán*¹, Roberto González-Garduño¹

Universidad Autónoma Chapingo, km 7.5, carretera Teapa–V. Guerrero, Teapa, Tabasco, México.

Autor de correspondencia: c7jonathan@outlook.com

Palabras clave. Ovino, trematodo, *Fasciola hepatica*

Introducción

Los ovinos son capaces de utilizar superficies que no son aptas para la agricultura donde crece pasto escaso, además de ser tolerantes a las condiciones climáticas desfavorables. De ellos no solo se obtiene leche y carne, sino que también son proveedores de lana que se emplea en la industria textil para la confección de diversos tipos de tela.

Los trematodos de mayor interés son los Digenea, siendo el objeto de estudio las familias Fasciolidae y Paramphistomatidae por su impacto en la ganadería tropical. Los trematodos comparten el mismo ciclo biológico.

Los daños de *F. hepatica* son principalmente económicos debido a que ocasiona decomiso de hígados, mientras que los paramfistómidos afectan desarrollo de los animales. En algunas ocasiones se puede ver afectado el pulmón, esto se da cuando el parásito migra por las venas hepáticas y pasa por la circulación pulmonar, provocando lesiones en otros órganos, como son los músculos y los ganglios linfáticos. La fasciolosis constituye una de las enfermedades de relevancia en el panorama ganadero mundial y nacional.

Los Paramfistómidos son parásitos del aparato digestivo de diferentes rumiantes domésticos y silvestres desarrollan dos tipos de infección en el tracto digestivo del animal: la intestinal, provocada por trematodos inmaduros migratorios, y la ruminal producida por trematodos maduros. El género *Paramphistomum* no tiene importancia clínica, pero en una infestación grave con trematodos inmaduros, que se adhieren al revestimiento de la parte superior del intestino delgado, puede causar enfermedades graves e incluso la muerte. En infestaciones moderadas de estado inmaduro provocan pérdida de peso y reducen la producción de leche. Cuando se presentan infestaciones leves con la forma adulta y aquellos con pequeñas cantidades de formas inmaduras no muestran signos de enfermedad. El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de trematodos en ovinos que se destinan al consumo en el estado de Tabasco

Materiales y métodos

Las muestras se recolectaron en un matadero particular ubicado en la comunidad el Jolochero, en el municipio de Centro del estado de Tabasco (Figura 13). A lo largo de cinco meses desde agosto hasta diciembre del 2023. Logrando muestrear a 86 ovinos durante este periodo de tiempo.



Figura 13 Matadero particular ubicado en el Ejido Jolochero, Centro, Tabasco.

Una vez en el matadero, los ovinos fueron ingresados a la zona de sacrificio donde se le tomaron datos del lugar de procedencia, sexo y edad. Posteriormente se realizó el sacrificio de los animales conforme a la NOM-033-SAG/ZOO, 2014. Por ello se insensibilizaron con una puntilla que se inserta entre el cráneo y la primera vértebra cervical; posterior a ello se corta la vena yugular para desangrarlo completamente, retirando la cabeza, patas y cola. Los ovinos sacrificados son colgados, para poder retirarles la piel, inmediatamente se realizó una incisión a lo largo de la línea alba de la parte ventral del animal para así poder extraer las vísceras y recuperar el contenido gastrointestinal.

Para coleccionar los trematodos se retira el rumen y el hígado, inspeccionando todo el órgano en busca de estos parásitos. Los parásitos fueron colocados en tubos de 50 ml y transportados al laboratorio de parasitología animal de la Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE), de la Universidad Autónoma Chapingo; para limpiar a los parásitos donde se realizó su conteo e identificación de los trematodos adultos.

Se utilizó el software R versión 4.3.3 (2024-02-29 ucrt), para el cálculo de prevalencia de los parásitos gastrointestinales y determinar las cargas parasitarias.

La prevalencia de cada especie de parásito se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{a}{b}$$

en donde:

P = prevalencia

a = número existentes de casos

b = población total

Para el análisis de las cargas de parásitos adultos de las distintas especies de nematodos en los ovinos, se empleó el siguiente modelo lineal general:

$$y_{ijklmn} = \mu + m_i + o_j + c_k + s_l + a_m + r_n + e_{ijklmn}$$

donde:

y_{ijklmn} = variable respuesta

μ = media

m_i = efecto i-esimo del mes (i= agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, feb)

o_j = efecto j-esimo del estado de origen (Chiapas y Tabasco)

c_k = efecto k-esimo del color de pelo (blanco, café, negro y pinto)

s_l = efecto l-esimo del sexo (hembra y macho)

a_m = efecto m-esimo de la edad (<12, 12-18, 18-24, 36 y 48)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

r_n = efecto del n-esimo del estado reproductivo (engorda, desecho, vacía y gestante)

e_{ijklmn} = error

Resultados y discusión

En los muestreos realizados se encontró una prevalencia de *Fasciola hepatica* en el mes de agosto del 20% (3 positivos), mientras que de *Paramphistomun cervi* la prevalencia fue de 26.6 % (4 positivos), para los meses posteriores no se encontraron trematodos (Figura 14). En el caso de *F. hepatica* se encontró en un estudio de prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en Tabasco una prevalencia de 1.65% (González-Garduño et al., 2011), y en el presente estudio se encontró una prevalencia general de 3.48%, con lo cual se observa que los casos de *F. hepatica* en ovinos no son muy frecuentes.

En un estudio realizado en Tabasco sobre la prevalencia de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto no se encontró presencia de trematodos (López-Ruvalcaba et al., 2013). Mientras que en cinco grupos de la región Centro-Norte del estado de Puebla el 25.8 % (Hernández-Hernández et al., 2013), de la población de ovinos se encontró parasitada por *Fasciola* en un sistema extensivo, lo cual representa una prevalencia superior a la encontrada en el presente estudio. En Magdalena Soltepec, Tlaxcala, se encontró una prevalencia del 19.37% de *F. hepatica* (George-Sánchez & Quiroz-Hornero, 1993). En municipios de la montaña nororiental de Colombia se encontró *F. hepatica* y *paramphistomun spp.* en ovinos del 14% y 2% de respectivamente (Pinilla-León et al., 2019), lo cual muestra que en esa región *F. hepatica* tuvo una mayor prevalencia, no así en este estudio en el que se muestra que *P. cervi* tuvo una mayor prevalencia.

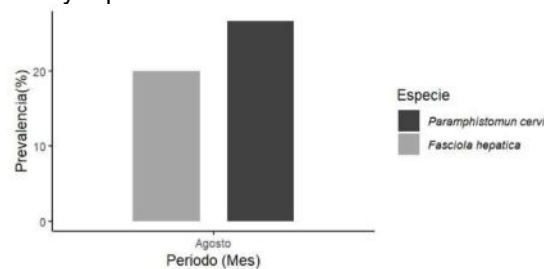


Figura 14 Prevalencia mensual de *Fasciola hepatica* y *Paramphistomun cervi*.

La carga parasitaria (número de parásitos adultos) por mes fue mayor para *F. hepatica* con 6.6 y un error estándar (SE) de 3.5, *P. cervi* presentó una carga parasitaria de 9.7 con SE de 8.7.

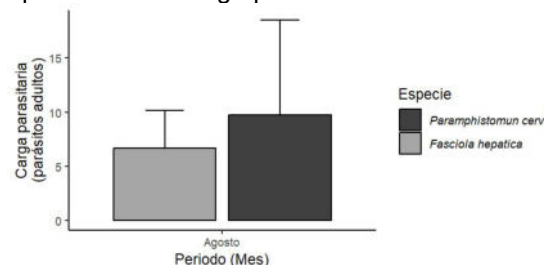


Figura 15. Carga parasitaria mensual de trematodos en Tabasco

Los animales provenientes de Chiapas presentaron una mayor carga parasitaria, en donde para *F. hepatica* fue de 9.5 ± 3.5 ; de igual forma *P. cervi* su carga fue de 9.7 ± 8.7). Este resultado concuerda con



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

el estudio de prevalencia de parásitos gastrointestinales en Tabasco en el cual se encontró *F. hepatica* en ovinos provenientes de Tabasco y Chiapas (González-Garduño et al., 2011).

La relación del color del animal con la carga parasitaria mostró que aquellos con pelaje pinto tenían mayor carga parasitaria de 13 para *F. hepatica*, mientras que aquellos de color negro tenían una mayor carga parasitaria de *P. cervi* fue de 18.5 ± 17.5 . Sin embargo, no son resultados concluyentes por el número tan pequeño de animales infectados con trematodos

Las hembras presentaron una mayor carga parasitaria en donde *P. cervi* tuvo una carga de 9.7 ± 8.7 , mientras que para *F. hepatica* la carga fue de 9.5 y $SE=3.5$. Las hembras vacías y gestantes tuvieron la mayor carga parasitaria, mientras que las hembras gestantes tuvieron la mayor carga parasitaria de *P. cervi* (36), para *F. hepatica* la carga parasitaria fue mayor en hembras vacías (carga = 9.5 y $SE = 3.5$). Los ovinos de 48 meses de edad tuvieron una baja carga parasitaria de *P. cervi* con valores de 18.5 ± 17.5 , aunque valores menores de *F. hepatica* presentaron (cargas de 7.0 ± 6.0) los ovinos de esta edad (48 meses de edad), por su parte la mayor carga parasitaria (6.0) en ovinos de 18-24 meses fue de *F. hepatica*. En un estudio las ovejas muestreadas en la montaña nororiental de Colombia no mostraron excreción de huevos de *Paramphistomum spp.* en animales <12 meses; en cuanto a la prevalencia de *F. hepatica* se vio que todos los grupos mostraron infección por este trematodo (Pinilla-León et al., 2019).

Conclusión

Los ovinos provenientes de Tabasco y Chiapas tuvieron presencia de los trematodos *Fasciola hepatica* y paramphistomidos. Los resultados obtenidos muestran una baja prevalencia de trematodos en ovinos, pero es necesario realizar estudios posteriores que evalúen la prevalencia así como los factores de riesgo ante dichos parásitos.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo, por brindar el apoyo y los recursos necesarios que hicieron posible la realización de este estudio.

Literatura citada

- George-Sánchez, S., & Quiroz-Hornero, H. (1993). Frecuencia de parásitos gastrointestinales, pulmonares y hepáticos en ovinos de la Magdalena Soltepec, Tlaxcala, México. *Veterinaria México*, 24(3), 195–198.
- González-Garduño, R., Córdova-Pérez, C., Torres-Hernández, G., Mendoza-de Gives, P., & Arece-García, J. (2011). Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México*, 42(2), 125–135.
- Hernández-Hernández, J., Carreón-Luna, L., Camacho-Ronquillo, J. C., Utera, F., Villarreal-Espinobarros, O., & Galeno-Hernández, D. (2013). Fasciolosis presente en rebaños ovinos con impacto productivo en la región centro-norte del estado de Puebla. *Revista electrónica de Veterinaria*, 14(11B), 1–8.
- López-Ruvalcaba, O. A., González-Garduño, R., Osorio-Arce, M. M., Aranda-Ibañez, E., & Díaz-Rivera, P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(2), 223–234.
- Pinilla-León, J. C., Delgado, N. U., & Florez, A. A. (2019). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and sheep in three municipalities in the Colombian Northeastern Mountain. *Veterinary World*, 12(1), 48–54. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.48-54>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HARINA DE CANAVALIA ENRIQUECIDAS CON SELENIO, PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Aldenamar Cruz-Hernández^{a*}, Patricia Jerónimo López^a, César Márquez-Quiroz^a, Efrain De La Cruz-Lázaro^a, Armando Gómez-Vázquez^a, Alfonso J Chay-Canul^a, Lenin Rangel-López^a.

^aUniversidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa km 25, 86040, Tabasco, México. *aldenamarch@gmail.com

Palabras clave. Canavalia ensiformis, Selenito de sodio, germinado.

Introducción. En muchas regiones tropicales de México, la disponibilidad de forrajes y alimentos balanceados de alta calidad es limitada, lo que genera dependencia de insumos externos. La Canavalia ensiformis, es una leguminosa de interés en la alimentación animal debido a su alto contenido proteico y capacidad para adaptarse a condiciones climáticas adversas, lo que la hace adecuada para regiones tropicales (Reverri et al., 2017). Sin embargo, su utilización está limitada por la presencia de factores antinutricionales y bajos niveles de minerales esenciales, lo cual restringe su eficiencia como fuente de alimento en dietas para animales. La biofortificación con minerales, como el selenito de sodio, ha surgido como una estrategia innovadora para mejorar el perfil nutricional; en este contexto, la Canavalia ensiformis germinada y enriquecida puede ser una alternativa viable para aportar nutrientes esenciales en la dieta animal, mejorando su calidad nutricional (Gupta et al., 2021). La carencia de selenio en la alimentación animal afecta negativamente el crecimiento, la salud y la reproducción. El selenio es un antioxidante crucial que contribuye a la protección celular contra el estrés oxidativo, y adicionarlo a través de la Canavalia ensiformis como selenito de sodio podría incrementar el contenido de selenio en la harina, potenciar el perfil antioxidante de los germinados, haciéndolos más adecuados para cubrir las necesidades nutricionales en dietas de animales monogástricos y rumiantes (Gupta et al., 2021). La investigación sobre el perfil nutricional de harinas enriquecidas con selenio a partir de germinados de Canavalia ensiformis es relevante para determinar su viabilidad como una fuente alimentaria alternativa y sostenible en la ganadería, con beneficios potenciales en la mejora del desempeño productivo y el bienestar animal. Esta alternativa también tiene el potencial de reducir los costos de suplementación y promover el desarrollo de sistemas ganaderos más sostenibles en zonas tropicales. Por la importancia de este mineral y los beneficios nutrimentales de esta semilla, se propuso evaluar el efecto del selenito de sodio en la composición química y compuestos funcionales de la harina de germinado de Canavalia ensiformis.

Materiales y métodos. El estudio se realizó en la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en La Huasteca, 2a sección, municipio del Centro, Tabasco, México; localizada a 17° 47' LN, 92° 57' LO. Se utilizaron 5 kg de semillas de *Canavalia ensiformis*. Las cuales se sembraron en condiciones controladas en el laboratorio de sanidad vegetal de la DACA. Se tomó una muestra de 100 g por tratamiento y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.07 %. Posteriormente, las semillas se sumergieron en 250 mL de agua destilada con diferentes concentraciones de selenito de sodio (0, 15, 30, 45, 60 y 75 µM/L-1) durante seis horas. Después las semillas se colocaron en recipientes de plástico de 25x25 cm con papel filtro húmedo. Los recipientes fueron ubicados en una cámara de crecimiento Lumistell® ICP-09 a 25 °C y 70 % de humedad relativa durante 10 días. El riego se realizó diariamente con 35 mL de la solución de selenito de sodio correspondiente a cada tratamiento. Los germinados fueron pulverizados en un molino Krups GX410011V y tamizados con una malla No. 100. Se establecieron seis tratamientos con concentraciones de selenito de sodio: T1 (agua destilada), T2 (15 µM/L⁻¹), T3 (30 µM/L⁻¹), T4 (45 µM/L⁻¹), T5 (60 µM/L⁻¹) y T6 (75 µM/L⁻¹), distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se determinó la humedad residual, el extracto etéreo mediante el método Soxhlet, y el nitrógeno total por el método micro-Kjeldahl. Las cenizas se determinaron por la norma NMX-F-066-S-1978, y el contenido de fibra y carbohidratos se calculó por diferencia con base en el contenido de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra. Los resultados se expresaron como porcentaje de peso seco. Se utilizó la técnica FTIR de amplia resolución espectral en un rango usualmente entre 5000 y 400 cm⁻¹ para longitudes de onda en la región media. El análisis mediante esta técnica permitió la identificación de materiales orgánicos, inorgánicos y poliméricos usando luz



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

infrarroja para escanear las muestras. Los datos de las variables nutrimentales se analizaron mediante una ANOVA unidireccional y se utilizó prueba de Tukey para comparaciones de media ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión. En este estudio, se detectaron variaciones significativas en el perfil nutrimental de los germinados de *Canavalia ensiformis* (Cuadro 1). La mayor humedad se observó en el tratamiento T2, seguido del control (T1), mientras que los tratamientos T5 y T6 presentaron menores niveles de humedad, evidenciando un efecto dosis-dependiente ($p < 0.05$). En cuanto al extracto etéreo, los tratamientos T4 y T5 registraron los valores más elevados, significativamente superiores ($p < 0.05$) al control y a T6. La proteína cruda (PC) también mostró incrementos notables en los tratamientos con selenito, destacándose T3 y T4 con los niveles más altos de PC, mientras que el control presentó el menor contenido ($p < 0.05$). El contenido de cenizas disminuyó con el aumento de selenito, excepto en T1 y T6. Además, la fibra cruda se redujo en los tratamientos con selenito, con la menor concentración en T6, evidenciando una reducción de hasta el 75 % respecto a T2. El contenido de carbohidratos fue mayor en T4 y T5, mientras que T3 presentó el menor nivel de este nutriente ($p < 0.05$). En este estudio, los germinados de *Canavalia ensiformis* presentaron cambios significativos en su perfil nutrimental, lo cual podría estar relacionado con la naturaleza higroscópica del selenito de sodio (Peixoto et al., 2021). En comparación con estudios previos, que reportaron un contenido de humedad del 8.73 % en germinados sin biofortificación, los valores obtenidos aquí fueron menores, hasta un 5.79 % inferior en T6, sugiriendo un posible efecto deshidratante por selenito. Similarmente, en el contenido de extracto etéreo, los tratamientos con mayores dosis de selenito (T4 y T5) presentaron valores superiores a estudios anteriores que oscilaban entre 1.0 % y 3.1 % (Affandi et al., 2017), lo cual podría deberse a una mayor absorción de selenito. Respecto a la proteína cruda (PC), se observó que aumentaba proporcionalmente con la dosis de selenito. El contenido de cenizas mostró variabilidad en función de la dosis de selenito, mientras que la fibra cruda se redujo en todos los tratamientos, posiblemente por un efecto inhibitorio del selenito sobre la germinación.

Cuadro 1. Contenido nutrimental de harina de germinado de *Canavalia ensiformis* enriquecido con diferentes niveles selenito de sodio.

Contenido nutrimental	Tratamientos (%)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Humedad	6.75±0.28a	6.98±0.12a	5.49±0.41b	5.58±0.08b	4.03±0.53c	2.94±0.39d
Extracto Etéreo	2.66±0.15b	2.68±0.12b	2.44±0.13c	2.90±0.05a	2.85±0.07a	2.67±0.13b
Proteína Cruda	33.70±0.49c	38.97±0.95b	44.53±0.63a	42.09±1.06a	37.72±0.77b	38.10±0.62b
Ceniza	3.28±0.06a	3.03±0.14c	3.012±0.75c	3.14±0.19b	3.10±0.13b	3.22±0.06a
Fibra	3.23±0.02 ^a	2.43±0.03b	2.41±0.03b	2.21±0.03c	2.40±0.01b	1.83±0.03d
Carbohidratos	50.2±0.57a	46.16±0.51b	42.05±1.0c	44±0.90c	49.89±0.45a	51.21±0.87a

T1= sin Na₂SeO₃, T2=15µM/L⁻¹, T3=30µM/L⁻¹, T4=45µM/L⁻¹, T5=60µM/L⁻¹, T6=75µM/L⁻¹. Los valores de cada variable representan el promedio y desviación estándar (media ± DS). Letras diferentes minúsculas en la misma hilera representan diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

En la Figura 1, las bandas observadas a 3290 cm⁻¹, 3275 cm⁻¹ y 2846 cm⁻¹ corresponden a vibraciones de estiramiento O-H, asociadas con fenoles, polifenoles y otros compuestos con grupos hidroxilo. Los estiramientos C-H, comunes en grupos metilo y metileno de lípidos y compuestos carbonados, se identificaron en estas bandas. A 1630 cm⁻¹, 1526 cm⁻¹ y 1400 cm⁻¹, se detectaron vibraciones de estiramiento C=O, C=C y C-H, representativas de carbonilos, como cetonas, aldehídos, ácidos carboxílicos y amidas, evidenciando la presencia de compuestos aromáticos y proteínas. La banda a 1239 cm⁻¹ sugiere grupos éster y éter, típicos de lípidos y polisacáridos, mientras que la señal a 992 cm⁻¹ indica estructuras cíclicas aromáticas. A 500 cm⁻¹, las vibraciones pueden relacionarse con minerales presentes en los granos. Estudios previos en maíz y harina de trigo reportaron bandas similares, como O-H a 3275 cm⁻¹ y C-H a 2930 cm⁻¹, y vibraciones de amidas I y II entre 1690–1480 cm⁻¹ (Guyal et al., 2023), concordando con las observaciones de este estudio.

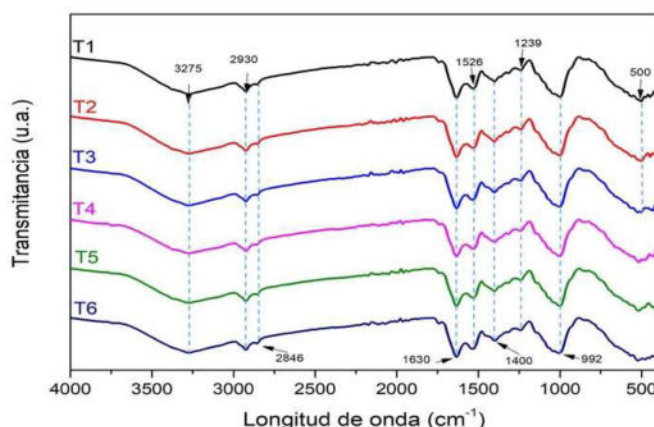


Figura 1. Espectros FTIR de germinado de harina de *Canavalia ensiformis* biofortificado con selenito de sodio (T1: 0 $\mu\text{M/L}^{-1}$, T2: 15 $\mu\text{M/L}^{-1}$, T3: 30 $\mu\text{M/L}^{-1}$, T4: 60 $\mu\text{M/L}^{-1}$, y T5: 75 $\mu\text{M/L}^{-1}$).

Conclusión. La biofortificación de *Canavalia ensiformis* con selenito de sodio indujo variaciones significativas en su perfil nutricional. El contenido de cenizas disminuyó con dosis crecientes, mientras que el extracto etéreo y la proteína cruda aumentaron en T3 y T4, indicando un efecto dosis-dependiente sobre la composición. El análisis FTIR de los tratamientos T1 a T6 mostraron grupos funcionales importantes, como O-H, C-H, C=O y C=C, asociados con fenoles, proteínas, lípidos y compuestos aromáticos. Con 44.53 % de PC, y la presencias de contenido antioxidantes se puede considerar como una alternativa en la alimentación animal.

Referencias bibliográficas.

- Reverri, E. J., Randolph, J. M., Kappagoda, C. T., Park, E., Edirisinghe, I., & Burton-Freeman, B. M. (2017). Assessing beans as a source of intrinsic fiber on satiety in men and women with metabolic syndrome. *Appetite*, 118, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.07.013>
- Gupta, S., Patel, R., & Singh, T. (2021). Biofortification strategies to enhance selenium content in leguminous crops for improved animal nutrition. *Advances in Crop Science and Technology*, 9(2), 101-110.
- Peixoto, P., Barros, A., & Oliveira, M. H. (2021). Modelo de Kirkwood para fluidos polares puros constituídos de moléculas com polarizabilidades desprezíveis. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20210219. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0219>
- Affandi, D. R., Praseptianga, D., Nirmala, F. S., Amanto, B. S., & Atmaka, W. (2017). Physical and Chemical Characterization Of Greater Yam (*Dioscorea Alata*) And Jack Bean (*Canavalia Ensiformis*) - Based Composite Flour. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 193, 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012041>
- Goyal D, Singh J, Rasane P, Kaur S, Assouguem A. 2023. Nutritional Profiling and Characterization of Different Varieties of Corn Silk. *J Food Chem Nanotechnol* 9(S1): S507-S516. <https://doi.org/10.17756/jfcn.2023-s1-064>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

EFFECTIVIDAD DE CANELA (*Cinnamomum verum*) EN EL CONTROL *IN VITRO* DE LARVAS DE *Haemonchus contortus*

Carlos Emiliano Magos-Amado^{1*}, Roberto González Garduño¹, Emma Maldonado Simán¹, Adolfo Paz Silva²

¹Universidad Autónoma Chapingo; ²Universidad de Santiago de Compostela *Autor de correspondencia: al25510123@chapingo.mx

Palabras clave. Parásitos gastrointestinales, aceites esenciales, canela.

Introducción

La ganadería moderna enfrenta desafíos considerables para garantizar la producción eficiente y sostenible de alimentos de origen animal. Entre estos desafíos, las parasitosis gastrointestinales emergen como una de las causas más importantes de pérdidas económicas a nivel mundial. Helmintos como los nematodos gastrointestinales (NGI) son responsables de morbilidad, mortalidad, disminución en la ganancia de peso, reducción de la producción de leche y carne, y un aumento en los costos de medicación y manejo. Especies como *Haemonchus contortus*, un nematodo hematófago que afecta principalmente a rumiantes, son particularmente problemáticas debido a su alta patogenicidad y su capacidad de desarrollar resistencia a los antihelmínticos (Chiejina, 2012). Esta resistencia se ha convertido en una preocupación global, limitando seriamente la eficacia de los tratamientos convencionales y haciendo imperativo el desarrollo de nuevas estrategias de control. Históricamente, el manejo de los NGI se ha basado en la aplicación periódica de antihelmínticos sintéticos. Sin embargo, el uso indiscriminado y a menudo incorrecto de estos fármacos ha acelerado la presión de selección sobre las poblaciones parasitarias, resultando en la proliferación de cepas resistentes a múltiples familias de medicamentos. Este fenómeno no solo compromete la salud y productividad animal, sino que también plantea serios riesgos para la salud pública debido a la posible presencia de residuos de fármacos en los productos cárnicos y lácteos, así como preocupaciones ambientales relacionadas con la acumulación de estos compuestos en el suelo y el agua. La búsqueda de alternativas se ha intensificado, volcándose hacia enfoques integrados que incluyen el uso de productos naturales con actividad antiparasitaria (Waller, 2006). Entre ellos surgen los aceites esenciales (AE), que son mezclas complejas de compuestos volátiles, predominantemente terpenos y fenilpropanoides, obtenidos de plantas aromáticas. Han sido tradicionalmente utilizados por sus propiedades medicinales, antimicrobianas, antioxidantes y, más recientemente, por su potencial antiparasitario (Bruni & Sacchetti, 2009). La diversidad química de los AE sugiere múltiples modos de acción, lo que podría mitigar el riesgo de desarrollo rápido de resistencia en los parásitos. Del mismo modo, los metabolitos fúngicos, compuestos bioactivos producidos por diversas especies de hongos, han demostrado una amplia gama de actividades biológicas, incluyendo propiedades antiparasitarias, antibacterianas y antifúngicas. Estos compuestos ofrecen una vía prometedora para el descubrimiento de nuevos agentes terapéuticos. La investigación en este campo es fundamental para desarrollar herramientas de control más seguras, efectivas y ambientalmente sostenibles, que puedan integrarse en programas de manejo parasitario holísticos y reducir la dependencia de los fármacos sintéticos. El objetivo general de esta investigación fue evaluar la efectividad *in vitro* de aceites esencial de canela para el control de larvas de *H. contortus* de ovinos.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque *in vitro* para evaluar la actividad antiparasitaria de los compuestos. Se utilizaron larvas infectivas de tercer estadio (L3) de *Haemonchus contortus*, mantenidas en un laboratorio bajo condiciones controladas. Las larvas L3 se obtuvieron a partir de huevos recuperados de heces de animales experimentalmente infectados y cultivados en condiciones óptimas de humedad y temperatura (27°C) durante siete días para permitir su desarrollo desde huevos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

hasta L3. Las larvas fueron purificadas utilizando el método de Baermann y almacenadas en agua a 4°C hasta su uso en los ensayos. Se utilizó aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*). El aceite fue obtenido de plantas ubicadas en el municipio de Teapa, Tabasco. También se obtuvo un subproducto remanente después de la extracción del aceite esencial, que podrían contener compuestos no volátiles con actividad biológica. Una vez obtenido el aceite se empleó un ensayo de mortalidad larvaria directa para evaluar la efectividad del compuesto. Las pruebas se realizaron en placas de microtitulación de 96 pozos. Se prepararon diluciones seriadas del aceite esencial en un rango de concentraciones que incluyeron desde el 25% (v/v para aceites) hasta concentraciones muy bajas (0.025%). Se utilizó un vehículo no tóxico (Tween 20%) para solubilizar el aceite y asegurar una distribución homogénea, y luego diluciones en agua o solución salina balanceada. Aproximadamente se expusieron 100-200 larvas L3 viables que fueron incubadas en cada pozo con 200 µL de las diferentes diluciones de los compuestos, incluyendo controles negativos (larvas solo con el vehículo o agua estéril). Las placas se incubaron a una temperatura óptima (generalmente 27°C) durante 24-48 horas. Después del período de incubación, la mortalidad larvaria fue determinada. Para ello, se examinaron las larvas bajo un microscopio invertido. Las larvas se consideraron muertas si presentaban un movimiento ausente o anormal después de ser estimuladas mecánica o térmicamente. El porcentaje de mortalidad se calculó comparando el número de larvas muertas en los grupos tratados con los controles negativos. Cada ensayo se realizó por triplicado o cuadruplicado y se repitió al menos dos veces. Los datos de mortalidad larvaria se analizaron estadísticamente para determinar la significancia de las diferencias entre los tratamientos y los controles. Para determinar la efectividad del aceite se llevó a cabo un análisis Probit, utilizando el software SAS para la estimación de la curva, con el fin de determinar la relación dosis-respuesta y estimar los valores de Concentración Letal (CL) de los tratamientos.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de la evaluación *in vitro* del aceite de canela proporcionaron información valiosa sobre su potencial larvicida contra los nematodos gastrointestinales. El aceite de canela (*Cinnamomum verum*) demostró una notable eficacia larvicida. En las diluciones más concentradas evaluadas (25%, 6.25% y 1.60%), se observó un 100% de mortalidad de las larvas L3. Esta alta efectividad se mantuvo incluso en diluciones más bajas, con porcentajes de mortalidad consistentemente superiores al 93% en todas las concentraciones probadas, descendiendo hasta un 0.025%. Este hallazgo es de particular relevancia, ya que indica que el aceite de canela posee compuestos con una potente actividad antiparasitaria, capaces de inducir una alta letalidad incluso a bajas concentraciones. La composición principal del aceite de canela incluye cinamaldehído, eugenol y trans-cinamato de metilo, los cuales son conocidos por sus propiedades antimicrobianas y citotóxicas (Batiha et al., 2020). Es probable que uno o una combinación sinérgica de estos compuestos sea responsable de la alta actividad larvicida observada, afectando la integridad de la cutícula, la función neuromuscular o los procesos metabólicos vitales de las larvas. La consistencia en su alta eficacia a través de un amplio rango de concentraciones sugiere que podría ser un candidato muy prometedor para el desarrollo de un antihelmíntico natural. La alta eficacia observada con el aceite de canela, incluso a diluciones bajas, es particularmente alentadora. La capacidad de estos compuestos para actuar a concentraciones relativamente bajas es crucial para su viabilidad como alternativa terapéutica, ya que reduce los costos y minimiza posibles efectos tóxicos en el huésped. El hecho de que los aceites esenciales sean mezclas complejas de múltiples compuestos también es una ventaja potencial, ya que la acción combinada de estos componentes podría dificultar el desarrollo de resistencia por parte de los parásitos, en contraste con los fármacos sintéticos que suelen tener un solo sitio de acción. Futuras investigaciones deberían enfocarse en la caracterización fitoquímica detallada de los aceites más prometedores para identificar los compuestos activos específicos y elucidar sus mecanismos de acción. Es posible que los aceites esenciales ejerzan su efecto larvicida afectando la integridad de la cutícula del parásito, alterando el sistema nervioso, inhibiendo enzimas metabólicas clave, o interrumpiendo la homeostasis iónica (Helal et al., 2020). Si bien, estos resultados *in vitro* son muy prometedores, es importante reconocer las limitaciones de este tipo de estudios. La actividad observada en un ambiente controlado de laboratorio no siempre se traduce directamente en la misma eficacia *in vivo*.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Factores como la biodisponibilidad, el metabolismo en el huésped, la interacción con otros componentes del alimento o del tracto gastrointestinal, y la posible toxicidad para el animal, deben ser evaluados rigurosamente en estudios subsiguientes. Sin embargo, estos resultados preliminares proporcionan una base sólida para priorizar el aceite esencial de canela como candidato principal para futuras pruebas *in vivo*. El desarrollo de formulaciones adecuadas que permitan una liberación controlada y una protección contra la degradación ambiental también será un paso crítico para su aplicación práctica. La integración de estos productos naturales en programas de control parasitario más amplios, que incluyan prácticas de manejo adecuadas y monitoreo de la resistencia, podría contribuir significativamente a la sostenibilidad de la producción animal.

Conclusiones

Esta investigación *in vitro* ha demostrado el considerable potencial larvicida del aceite de canela contra parásitos gastrointestinales de animales de interés zootécnico. El cual exhibió una excepcional actividad larvicida, logrando un 100% de mortalidad en las diluciones más altas y manteniendo una alta eficacia incluso en concentraciones muy bajas, lo que lo posiciona como un candidato muy prometedor para el desarrollo de nuevos antihelmínticos. Los resultados sugieren que los componentes volátiles de los aceites esenciales son los principales responsables de su actividad antiparasitaria, lo cual tiene implicaciones importantes para futuras estrategias de extracción y formulación. Estos hallazgos sientan las bases para futuras investigaciones *in vivo* que permitan validar la eficacia y seguridad de estos compuestos en condiciones reales de producción animal, ofreciendo una vía sostenible y natural para el manejo de la parasitosis gastrointestinal y la reducción de la dependencia de los fármacos sintéticos.

Fuente financiadora: Universidad Autónoma Chapingo

Citas Bibliográficas

- Batiha, G. E.-S., Beshbishy, A. M., Guswanto, A., Nugraha, A., Munkhjargal, T., Abdel-Daim, M. M., Mosqueda, J., & Igarashi, I. (2020). Phytochemical Characterization and Chemotherapeutic Potential of *Cinnamomum verum* Extracts on the Multiplication of Protozoan Parasites *In Vitro* and *In Vivo*. *Molecules*, 25(4), 996. <https://doi.org/10.3390/molecules25040996>
- Bruni, R., & Sacchetti, G. (2009). *Chemical composition and biological activities of essential oils from some aromatic plants growing in Northern Italy*. *Food Chemistry*, 112(1), 220-227.
- Chiejina, S.N. (2012). *Gastrointestinal Nematodes of Ruminants in Africa: An Overview*. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 1-12.
- Helal, M. A., Abdel-Gawad, A. M., Kandil, O. M., Khalifa, M. M. E., Cave, G. W. V., Morrison, A. A., Bartley, D. J., & Elsheikha, H. M. (2020). Nematocidal Effects of a Coriander Essential Oil and Five Pure Principles on the Infective Larvae of Major Ovine Gastrointestinal Nematodes *In Vitro*. *Pathogens*, 9(12), 1022. <https://doi.org/10.3390/pathogens9121022>
- Waller, P.J. (2006). *Sustainable worm control in ruminants: some of the problems and the need for a truly integrated approach*. *Australian Veterinary Journal*, 84(1-2), 1-6.

PRESENCIA DE LA MOSCA DEL CUERNO EN GANADO BOVINO TABASQUEÑO.

Ana Cristina Tenorio-Fuentes¹, Carlos Luna Palomera¹, Nadia Florencia Ojeda-Robertos^{1*}

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

* Autor de correspondencia: nadia.ojeda@ujat.mx.

Palabras clave: Artrópodo, Díptero, Mosca de los cuernos.

Introducción.

La mosca *Haematobia irritans irritans* (Linnaeus, 1758) conocida comúnmente como la mosca del cuerno, es un díptero que pertenece a la familia Muscidae. Esta mosca tiene relevancia económica en los sistemas de producción bovina particularmente en México, donde es una de las principales actividades del sector pecuario para la producción de proteína de origen animal (SADER, 2024).

La importancia de *H. irritans* radica en su comportamiento hematófago, ocasionando daños directos como la reducción en la ganancia de peso, la baja producción de leche, e irritación de la piel por las picaduras y estrés. Entre los daños indirectos que ocasiona su presencia se incluyen la transmisión de patógenos como *Trypanosoma*, *Staphylococcus aureus* y *Stephanofilaria stilesi*, también se le atribuye actividad vectorial en la transmisión de la rickettsia *Anaplasma marginale* y en la leucosis bovina. Ha sido considerada como causante de piquetes que pueden ser puerta de entrada de las larvas del gusano barrenador *Cochliomya hominivorax*.

Aunque la mosca es capaz de parasitar a diferentes tipos de hospederos, los bovinos son los más afectados por este hematófago, aunque su presencia depende de las condiciones climatológicas de la región, los factores de riesgo que juegan un papel importante en los bovinos, están relacionado con la raza, grado de encaste, el color del pelaje y el sexo, así como el sistema de producción.

En México existen escasos trabajos que describen su presencia, sin embargo, en el estado de Tabasco, no existe información epidemiológica sobre la presencia y dinámica de las poblaciones de esta mosca en bovinos en pastoreo, aunque *H. irritans* está presente todo el año, debido a que las condiciones ambientales que favorecen su ciclo biológico, incluyendo reproducción, eclosión y supervivencia de los estadios larvarios y adultos, hasta donde sabemos no existe esa información, de ahí la importancia de conocer su presencia y comportamiento en animales criados en estas zonas.

La mayoría del ganado que se produce en estas regiones son animales de cría bajo el sistema de doble propósito, con diferente grado de encaste cebuino y europeo, es importante conocer las cargas parasitarias en la región tropical del estado de Tabasco.

Objetivo. Determinar la frecuencia y el grado de infestación de *H. irritans* en bovinos con fenotipo cebuino y europeo durante la época de lluvias en el estado de Tabasco.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y Métodos.

Área de Estudio.

El estudio se realizó en una unidad de producción bovina de doble propósito, ubicado en el centro de Tabasco. La región cuenta con clima cálido húmedo tropical con lluvias todo el año (Af), con temperatura promedio de 27.5 °C y una precipitación pluvial de 2451.8 mm.

Diseño Experimental.

Se diseñó un estudio observacional descriptivo durante el periodo de lluvias, el cual abarcó cuatro meses (julio-octubre). Se incluyeron un total de diez hembras bovinas de dos años, de uno a cuatro partos y con un peso promedio de 400 kg aproximadamente. Las cinco hembras cebuinas y cinco europeas fueron seleccionadas al azar de un grupo de 50 animales. Los animales seleccionados fueron aretados de acuerdo con el grupo experimental. Los animales incluidos en el estudio permanecieron sin tratamiento de desparasitación interna y externa durante el estudio.

Muestreos.

Cada dos semanas y de manera individual, se inspeccionaron los animales, los cuales fueron pasados por una manga de manejo para determinar la presencia y cantidad de moscas. Cada animal se inspeccionó mediante la técnica de observación directa, la cual consiste en el conteo de moscas presentes en un lado del cuerpo de los bovinos.

Para ello, una persona se posicionó al lado izquierdo del bovino y, con la ayuda de un contador manual de golpes (marca Pretul) se registró el número de moscas observadas en la mitad del cuerpo (Foil y Hogstte *et al.*, 1994).

Adicionalmente se realizaron capturas de moscas en cada visita para confirmar la identificación de la especie. Las moscas colectadas se conservaron en frascos de vidrio con alcohol al 70 %. Todos los especímenes colectados fueron remitidos al Laboratorio de Ectoparásitos y Dípteros de la SAGARPA-SENASICA localizado en Juitepec Cuernavaca.

Datos.

Los datos obtenidos en cada visita quincenal fueron capturados en una base de excell, y se calculó el número individual total de moscas por visita y por mes. Adicionalmente, se obtuvo la frecuencia por visita y por mes de animales positivos a moscas utilizando la fórmula de prevalencia.

Análisis Estadísticos.

Se calculó el promedio, desviación estándar y rango de moscas por grupo. Los datos se analizaron mediante un ANOVA de medidas repetidas, en donde los meses fueron considerados medidas repetidas de los animales y la raza como factor, posteriormente se realizó la prueba de Tukey para determinar las medias con diferencias estadísticas ($p < 0.05$). El análisis se realizó con el paquete estadístico JAMOV (2024).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Resultados y discusión.

Se determinó que la frecuencia de bovinos positivos a la presencia de moscas *Haematobia irritans* durante el periodo de lluvias fué del 90 al 100% en todos los meses de estudio por lo que en todos los muestreos se encontraron animales positivos a la presencia de al menos una mosca en el cuerpo del animal.

Lo anterior coincide con lo que se reporta en Brasil y Cuba donde la presencia de la mosca ha sido reportada durante todo el año, con una media de 50 moscas/animal en más del 50% de animales muestreados y $39,5 \pm 12,2$ moscas/animal respectivamente, teniendo un aumento importante en la temporada de calor y lluvia.

En México, los estudios demuestran que en Aguascalientes la prevalencia es estacional, mientras que en Colima, Tamaulipas y Veracruz la infestación es durante todo el año con una media que va desde 121 a 323 moscas por animal (Almazán *et al.*, 2001). Lo cual confirma la estrecha relación que existe entre las variables climáticas con la presencia de la mosca en los animales, sin embargo, aunque en este estudio no se midieron las variables climáticas, el estudio se realizó en la época de lluvias, la cual se caracteriza por proveer la humedad y temperatura que requieren los estadios de desarrollo de la mosca para aumentar su población en los ranchos.

En el presente estudio, todos los especímenes capturados correspondieron a moscas de la especie *H. irritans*, lo cual no es diferente en lo encontrado por otros autores, quienes mencionan que esta mosca es la más prevalente en los sistemas de producción tropicales.

Por otro lado, el promedio de moscas que se detectó durante el periodo de estudio para el grupo cebuino (400 ± 207.1) fue menor que en los europeos (1212 ± 1398.8), esta diferencia ha sido documentada previamente en la literatura y se atribuye a la capacidad de la mosca para reproducirse e infestar a los animales en sus estadios parasitarios (cuadro 1). Esta mosca tiene un gran potencial de producción de huevos (de 20 a 40 huevos por mosca), los cuales ovoposita en la materia fecal de sus hospedadores, lo que sin duda representa un gran potencial de infestación.

Cuadro 1. Promedio (desviación estándar) y rango de moscas por mes durante la época de lluvias en bovinos con encaste cebuino y europeo en un rancho de Tabasco, México.

	Meses de muestreo				Periodo número ($\pm$ DE) rango
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
Cebuinos (n=5)	451(244.5) 6-778	285(174.8) 0-350	489(172.5) 14-504	376(230.9) 36-594	400(207.1) * 0-778 1212(1398.8)
Europeos (n=5)	772(365.5) 0-1306	464(255.3) 12-582	872(433.4) 168-872	2740(2213.5) 74-6016	* 0-6016

*No se detectaron diferencias entre meses, se encontraron diferencias entre fenotipo ($p < 0.05$).

La abundancia de moscas para el ganado cebuino (778 vs 6016 respectivamente) fué menor que en los europeos, lo cual coincide con lo reportado por otros autores en Veracruz, quienes encontraron que los animales que presentaron mayor infestación de moscas fueron los animales con encaste europeo. En el



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

cuadro 1, se presentan los promedios mensuales de las moscas por grupo y refuerza la presencia de menor cantidad de moscas parasitando a los animales cebuinos, lo anterior sugiere resistencia a infestaciones, lo cual se atribuye a un proceso de adaptación natural, lo contrario a los animales con fenotipo europeo en donde el manejo zootécnico del hombre (mejoramiento genético) ha contribuido en el proceso de selección natural, resultando en mayores infestaciones de ectoparásitos (Prieto *et al.*, 1983). Otros factores como la piel móvil, firme y gruesa, así como el pelaje corto en los animales cebuinos dificulta el agarre de las moscas lo que influye en un menor parasitismo, en cambio los animales con fenotipo europeo el pelo largo, piel espesa e inmóvil contribuye a la mayor susceptibilidad. En este estudio, se mostró el efecto del encaste en la cantidad de moscas de *Haematobia irritans* en animales en pastoreo, sin duda, hacen falta más estudios que consideren la influencia de los factores climáticos, del hospedador y del agente parasitario.

Conclusiones

Se confirmó la presencia de *H. irritans* en la zona de estudio durante la época de lluvias, aunque existieron ligeras variaciones entre meses. Se determinó que la frecuencia durante el periodo de estudio fue del 90 al 100%. Los animales con mayor grado de infestación fueron los europeos, aunque los cebuinos también fueron afectados. Se requieren más estudios que aporten información epidemiológica con el fin de establecer programas de control de moscas dirigidos.

Agradecimientos y financiamiento. A la División Académica de Ciencias Agropecuarias por ceder el espacio y la disposición para desarrollar esta investigación. A las estudiantes de Medicina Veterinaria y zootecnia Anahí Sánchez-García, Diana Vidal-Garmendia y Liz Nayeli Hernández-Martínez por su ayuda y valiosa colaboración en el trabajo de campo. A los trabajadores de campo que siempre estuvieron dispuestos a ayudarnos en el manejo de los animales. Al Dr. Enrique Reyes-Novelo, por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos. El presente trabajo no recibió ninguna fuente de financiamiento. Fué realizada con recursos propios de la autora por correspondencia.

Referencias

- Almazán-García, C., Castillo-Salas, S., Loredó-Osti, J., y García-Vázquez, Z. (2001). Dinámica poblacional de *Haematobia irritans* en un hato de bovinos de Soto la Marina, Tamaulipas, México. *Rev. Vet. Méx.* 32(2), 149-152
- Foil, L. D., y Hogsette, J. A. (1994). Biology and control of tabanids, stable flies and horn flies. *Rev. Sci. Tech.* 13(4), 1125-1158
- JAMOVÍ. The jamovi project. jamovi (Version 2.5) [Computer software]. 2024. <https://www.jamovi.org/download.html>.
- Prieto, O. H., Torres, P. R., Abrahamovich, A. H., Cicchino, A. C., y Núñez, J. L. (1983). Mosca de los cuernos, *Haematobia irritans* (Linnaeus, 1758), (Diptera: Muscidae). Contribuciones para su conocimiento en la Argentina IV: Relaciones con los hospederos. *Rev. Med. Vet.* 75(6), 469-476
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2024). Ganadería Bovina en México: Un Orgullo Nacional. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ganaderia-bovina-en-mexico-un-orgullo-nacional>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE TRES GRAMINEAS TROPICALES A DOS FRECUENCIAS DE CORTE EN HUEYTAMALCO, PUEBLA

José de Jesús Mario Ramírez González^{1*} Lorenzo Granados Zurita²,

^{1*} Investigador titular "C". S.E. Las Margaritas. ² Investigador titular "C". C.E. Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. *Autor por correspondencia. ramirez.jose@inifap.gob.mx.

Palabras clave: *Urochloa* sp, producción, interacción, época.

Resumen.

Se realizó en el Sitio Experimental "Las Margaritas" en Hueytamalco, Puebla. El objetivo fue evaluar la producción de forraje en materia seca (MS), (kg MS ha⁻¹), relación Hoja: Tallo, (H: T) medido en porcentaje (%), altura de planta (ALT) y cobertura (COB) en condiciones de trópico sub-húmedo. Se utilizaron dos frecuencias de corte. Los cortes fueron 20 cortes para la edad de 35 días de rebrote y 18 cortes para 42 días, se evaluaron tres épocas del año; Lluvias (LL) de junio-octubre; Nortes (NR) de octubre-febrero y seca (SE) de febrero-junio. Las especies evaluadas fueron Chetumal (CH) (*U. humidicola*), Mulato (MU) (*B. brizantha* x *B. ruziziensis*) e Insurgente (IN) (*U. brizantha*). Los datos fueron analizados mediante el modelo de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas con mediciones repetidas a través del tiempo mediante el procedimiento GLM y MIXED de SAS y comparación de medias con la prueba de Tukey. El factor especie no mostró diferencias en rendimiento. Pero si se encontró ($P \geq 0.05$) en el pasto Insurgente. La variación de la frecuencia de corte indicó significancia ($P \leq 0.05$), donde la mayor producción se presentó a los 42 días (2,383 kg MS ha⁻¹.) pero la relación H/T se redujo (76:24). La producción de forraje fue mejor en LL, seguido de SE y NR (2871, 1619 y 1143 kg de MS ha⁻¹.) respectivamente, no obstante, la menor cantidad de hojas se presentó en LL (75:25). En la interacción especie por frecuencia; MU tiene el mayor porcentaje de H a 35 y 42 días de rebrote, pero IN fue superior en las demás variables. En LL, la producción de MS fue similar en las tres especies, en NR fue mayor en MU y durante SE IN (2889, 1311 y 1769 kg ha⁻¹) respectivamente. Para la interacción época por frecuencia de corte se mostraron diferencias numéricas para RT, ALT y COB. Se concluye que *U. Brizantha* se comportó mejor.

Introducción.

La ganadería tropical ha venido desarrollándose teniendo como base el uso de pastos cultivados, constituidos fundamentalmente por gramíneas de origen africano, que han mostrado una excelente adaptación a las condiciones de clima y suelo predominantes en el trópico. En algunas partes de la región tropical húmeda de México, la vegetación de bosque nativo ha sido desplazada por pasturas de gramíneas introducidas como: *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Cynodon plectostachyus* y más recientemente *Urochloa* spp.; en algunas otras partes esta vegetación se ha reemplazado por praderas cortas de especies nativas, dominadas por *Paspalum notatum*, *P. conjugatum* y *Axonopus affinis* (Hernández, 1987). Las plantas forrajeras utilizadas en América tropical están dentro del género *Urochloa*, especies como *U. brizantha*, *U. Decumbens*, *U. humidicola* y *U. ruziziensis* son ampliamente conocidas y poseen excelentes cualidades forrajeras (Faría, 2006). En la región subtropical de México, en Puebla, Veracruz y Oaxaca, cercanos a la Sierra Madre Oriental, los zacates inducidos o gramas nativas existen en extensiones considerables dedicadas a la ganadería, en dicha región los terrenos son lomeríos con pendientes pronunciadas, donde es difícil y costosa la eliminación de estos zacates, debido a su capacidad para tolerar baja fertilidad y sobrepastoreo que les permite invadir potreros mal manejados. La región antes mencionada se caracteriza por tener una producción de forraje estacional y depende de la distribución de lluvias, por esto, las condiciones productivas de las explotaciones ganaderas son afectadas grandemente por periodos bien definidos de abundancia y escasez de forraje que se presenta en lluvias y sequía, respectivamente.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Materiales y métodos.

Se realizó en el jardín de introducción Sitio Experimental "Las Margaritas" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Ubicado en el Km 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, en Puebla, a 19°45' 23.75" latitud norte y 97°17' 02.76" longitud oeste, y a 450-550 msnm. En las estribaciones de la Sierra Nororiental de Puebla, en una zona de transición entre clima templado y tropical, y su clasificación corresponde a un clima A(C)f (García, 1998). Con precipitación de 2,960 mm. Temperatura promedio anual de 21°C, con 31°C (máxima) y 6°C (mínima) y una HR del 90%. Lluvias del 15 junio al 15 de octubre; del 16 de octubre al 15 de febrero se presentan los llamados "nortes" o época invernal; y del 16 de febrero al 14 de junio ocurre la menor precipitación. Con relieve accidentado, con pendientes de 10-35%. Suelos Ultisoles y Oxisoles, con textura migajón arcillo-arenosa, pH ácido de 4.5-5.5. Se evaluaron: (CH) *Urochloa humidicola* Chetumal. (IN) *Urochloa brizantha* Insurgente. (MU) *Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis* Mulato. En parcelas de 30 m² cada una. Las parcelas de 2.5 m de ancho por 5 m de largo (12.5 m²). En cada una se sembraron 4 surcos con una separación entre surcos y entre bordes de 0.5 m y separando 0.25 m entre plantas con una densidad de siembra de 6 kg ha⁻¹. Parcelas experimentales de 4.0 m² y con 0.5 m libres a todos los lados (efecto de orilla). Se utilizó 1.0 m² y se colocó cubriendo dos surcos centrales. Fertilizaron de mantenimiento; aplicando 100-50-00, kg ha⁻¹, de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅), respectivamente. Aplicando 278 g de urea y 139 g de SFT en los 12.5 m² de cada parcela. Se dividió el (N) en dos fracciones al inicio y mediados de lluvias. El fertilizante se aplicó todo mezclado con la primera fracción de (N). Se cortaron a 35 y 42 días de rebrote (5 y 6 semanas). Se uniformizó el 17 de abril del 2019, a 10 cm de altura en CH y 20 cm en MU e IN; durante este se defoliaron completamente. Iniciando el 22 de mayo del 2019 y terminando el 21 de abril del 2019, realizando un total de 36 cortes: 20 de 35 y 16 de 42 días, un tiempo aproximado de 23 meses. El periodo experimental comprendió tres épocas bien distribuidas en la región, como: Lluvias (LL), (15 junio-14 octubre). Nortes (NR): (15 octubre-14 febrero) y seca (SE): (15 febrero-14 de junio). Si durante el intervalo de rebrote a través de cada corte, no se acumuló suficiente biomasa de las frecuencias mencionadas, consideraba como "no muestreo".

Diseño Experimental.

Bloques completos al azar con arreglo en parcelas subdivididas y mediciones repetidas a través del tiempo, las cuales se distribuyeron aleatoriamente en cuatro bloques. El diseño experimental empleado en la distribución de tratamientos y mediciones. La parcela mayor especie y 12 repeticiones para parcela menor frecuencia de corte, subdivididas a través de las épocas.

Variables de respuesta.

Altura promedio de la planta (APP), cobertura vegetal (COB), rendimiento total (RT) y relación H/T (H/T) expresada en porcentaje (%).

Altura de planta promedio (cm).

Con un flexómetro se midieron 8 plantas verticalmente desde la base del suelo hasta la parte más alta, sin estirarla y sin considerar la inflorescencia ni rebrotes de hojas nuevas.

Cobertura aérea. Se define como la apreciación visual del porcentaje de terreno cubierto por el dosel vegetal de 1 m² del área de muestreo.

Rendimiento total de forraje.

Todo el material (kg MV ha⁻¹) fresco que se cortó, en cada parcela de 1.0 m², fue pesado y si la cantidad de forraje fue mayor a 1,300 g, se mezcló y tomando dos sub-muestras: una, de 500 g, para secar y determinar MS y otra, de 800 g, para separar componentes potencialmente comestibles de no comestibles. La primera sub-muestra de MS, fue pesada y colocada en bolsas de papel y llevadas a una estufa de aire forzado a 55 °C por 48 horas o hasta peso constante.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Análisis estadístico.

Bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas con mediciones repetidas en el tiempo, usando el procedimiento GLM y MIXED para análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de TUKEY del paquete estadístico SAS (2001).

Resultados y discusión.

Los resultados del análisis de varianza con el procedimiento GLM y MIXED, muestran diferencias significativas entre especies, frecuencias y épocas del año ($P \leq 0.05$), con las variaciones que se presentan a continuación:

Variaciones entre especies.

Este es considerado el primer reporte experimental de especies forrajeras en estudio. Chetumal (CH), insurgente (IN) y mulato (MU) para la región de Hueytamalco, Puebla; considerando frecuencias de corte y distribución de forraje a través de las tres épocas del año. La interpretación de datos considera las diferencias estadísticas de los cultivos para RT de forraje, ALT de planta, COB y proporción H/T, a través de épocas y frecuencias de corte. Donde no hubo diferencias. Y si hubo ($P \geq 0.05$) para rendimiento de MS promedio a través de los cortes. En cambio, el % de H fue superior en MU e inferior en CH con valores de 86 y 77% de H respecto a T. La ALT fue similar entre MU e IN, mientras que CH presentó la menor ALT (38.7 cm), esto como consecuencia del hábito de crecimiento erecto de MU e IN que alcanzan alturas superiores, en contraste con CH con hábito de crecimiento postrado. La COB mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), siendo IN con mayor %, seguido de MU y CH con 69, 67 y 66%. Estos resultados fueron diferentes a los obtenidos por Gómez *et al.* (2000) en el Piedemonte amazónico colombiano, quienes reportan que *U. humidicola* presentó la mejor relación H/T, seguida de *U. brizantha* CIAT 26110 y MU. Sin embargo, los resultados obtenidos en altura de planta para 24 accesiones e híbridos de *Urochloa*, fueron similares a los del presente estudio durante la fase de producción, donde se obtuvieron valores altos para *U. brizantha* y bajos para *U. humidicola*. Homen *et al.* (2010) reporta que, durante seis edades distintas de cosecha, los valores superiores fueron para *U. Decumbens* y menores para *U. humidicola* en condiciones de bosque húmedo tropical en Miranda, Venezuela.

Variaciones a través de frecuencias de corte.

La mayor producción de forraje (kg MS ha^{-1}), altura de planta (cm) y cobertura (%) se obtuvo a 42 días (2384, 47 y 74 respectivamente) en comparación a 35 días (1533, 41 y 63) ($P \leq 0.05$). Sin embargo, los materiales manifestaron a esta edad, una menor proporción de H a consecuencia de una mayor cantidad de T (76 y 24%). Esto es debido a que la relación H/T en gramíneas es inversamente proporcional con la edad (Mancilla, 2006). Se observa que, a mayor edad de rebrote, el comportamiento agronómico de los materiales, lo cual concuerda con Peralta *et al.* (2007) quien muestra que conforme se amplía el período de rebrote, se incrementa COB, ALT y rendimiento de MS. Sin embargo, a mayor edad, disminuye la cantidad de H, esto es debido a que a medida que aumenta la madurez de la planta, la cantidad de T se incrementa en proporción a H. Similar comportamiento fue observado por Homen *et al.* (2010), en tres *Urochloa* que, a partir de la edad de corte de 35 días, la relación H/T disminuye, siendo el componente de T el que muestra la mayor proporción, asumiendo una reducción en la calidad nutritiva del forraje, a pesar de no haberse estimado en el presente experimento. Hidalgo (2004) menciona que el mayor rendimiento de MS de diferentes pastos en el Zamorano, Honduras, se obtienen con cortes cada 35 días cuando son regados diariamente ($175 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$), en comparación a la producción sin aplicación de riego. Referente a la altura, los resultados indican que conforme se alarga la frecuencia de corte, la altura se incrementa, similar a lo reportado por Homen *et al.* (2010), quien encontró que a 35 y 42 días, los valores de altura promedio para *Urochloa* en Miranda, Venezuela, fueron de 40 y 48 cm, respectivamente; también indica que a partir de 28 días se aprecia una tendencia a presentar los mayores incrementos en la altura.

Variaciones a través de épocas de corte.

Los resultados de rendimiento promedio a través de épocas fueron mayores en LL, seguido de SE y NR con 2871, 1619 y 1143 kg MS ha^{-1} respectivamente, ($P \leq 0.05$). La proporción de hojas fue menor en LL y similar en NR y SE, 75, 85 y 83% respectivamente, y el % de T fue inverso en LL y parecida en NR y SE



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

con 25, 15 y 17% respectivamente. Encontrando que, la producción de forraje fue de 51% en LL, 20% NR y 29% SE, donde RT, ALT y COB mostraron efectos por la época del año. Sosa *et al.* (2008) estudiaron gramíneas tropicales en Quintana Roo-, donde encontraron que el rendimiento de forraje en NO, fue superior al de SE e inferior al de LL ($P \leq 0.05$), mostrando resultados diferentes al de este estudio en cuanto a SE vs NR. La mejor respuesta en LL se atribuye a que durante el período de SE, las producciones son bajas o cercanas a cero y en LL, las tasas de acumulación de MS se maximizan (Mata, 1989). La ALT y COB fueron diferentes en las tres épocas con 57, 32, 42 cm, y 77, 65 y 61% para LL, SE y NR. En este mismo estudio, refiriéndose a COB vegetal, SE presentó valores más bajos de COB (64%), comparados con NR y LL que presentaron el mismo valor (80%) valores similares a los alcanzados en este estudio para LL y SE, pero inferiores en NR. Ramírez *et al.* (2009) reportaron que Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) las mayores ALT de plantas (111 cm), en Guerrero, se presentaron durante LL; éstas se debieron a las mejores condiciones ambientales, principalmente la precipitación del lugar. Respecto a la relación H/T, Homen *et al.* (2010) y Cruz *et al.* (2011), reportaron un aumento en la proporción de H durante LL en gramíneas con condiciones de bosque húmedo tropical, difiriendo de los resultados de este estudio, ya que en la misma época se encontró la menor proporción de H comparación a las demás épocas.

Efecto de la interacción especie por frecuencia de corte.

Sin diferencias estadísticas entre especies ($P \leq 0.05$) para RT a 35 días, sin embargo, MU presentó mayor producción, seguido de CH y por último IN con 1656, 1507 y 1434 kg MS/ha, respectivamente. El incremento del forraje por unidad de superficie a 42 días con relación a 35 días de rebrote fue de 58% para CH, 33% para MU y 79% para IN. Con respecto a lo anterior, se observa una tendencia positiva al incremento del rendimiento de MS conforme avanzó la edad de crecimiento, debido a que, a mayor edad, el área foliar se va incrementando, concordando a lo reportado por Enríquez (1997), quien menciona que la producción de MS aumenta a medida que avanza la edad favoreciendo el rendimiento de éstos. En cuanto a la proporción de H respecto al T, 35 días mostró la mayor proporción en comparación a los 42 días ($P \leq 0.05$), siendo MU la de mayor proporción de H en ambas frecuencias, seguida de IN y por último CH (88, 85 y 81% a 35 días y 82, 75 y 72% a 42 días respectivamente). La proporción de tallos fue mayor conforme aumenta la frecuencia de corte. La ALT fue superior a los 42 días en relación a 35 días, sin embargo, mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre especies manifestando que IN expresó los valores más altos en ambas frecuencias (44 y 51 cm), lo contrario de MU y CH con valores inferiores (43, 49 y 36, 42 cm respectivamente). Estos resultados concuerdan con Gómez *et al.* (2000), con varias accesiones de *Urochloa*. Para COB, en ambas frecuencias, no se encontraron diferencias significativas entre especies, sin embargo, presentaron menor COB ($P \leq 0.05$) a 35 días, comparados con 42 días, donde hubo un incremento promedio del 12% en COB de las especies. Estos valores no concuerdan con los reportados por Gómez *et al.* (2000) donde a 42 días de rebrote, la mayor cobertura fue para *U. humidicola* con 89.4% y el menor porcentaje fue alcanzado por *U. brizantha* con 69.2%. Esto es debido a que materiales de crecimiento estolonífero muestran diferencias a partir del corte dos, esta respuesta está asociada a su capacidad de producir estolones, que le permiten formar un césped denso, anclarse en el suelo y competir con otros pastos (Canchilla *et al.*, 2010).

Efecto de la interacción época por especie.

Esta fue significativa ($P \leq 0.05$), durante LL, tuvieron un comportamiento similar en cuanto a RT, pero superior que NR y SE. Esto es debido a que durante SE las producciones son bajas o cercanas a cero y en LL, las tasas de acumulación de MS son mayores. (Mata, 1989)., NR mostró los valores más bajos en producción, donde CH presentó un RT menor a 1000 kg MS ha⁻¹, mientras que MU e IN alcanzaron 1311 y 1171 kg MS ha⁻¹ respectivamente. Durante SE la PMS aumentó 85% más en CH, 4% en MU y 51% en IN de lo alcanzado en NO; esto pudiese ser un efecto ocasionado por la disminución del fotoperíodo presente en esta época que limitó el proceso de fotosíntesis. A pesar de que NR los rendimientos de MS fueron menores ($P \leq 0.05$), la relación H/T fue mayor y similar con SE, en comparación a LL donde los valores fluctúan entre 68 y 82% de H. En NR es la que más afectó el comportamiento de las características morfológicas y es cuando hubo la mayor proporción de T en la planta, lo que se atribuye a una mayor tasa de generación de estos tejidos, como ocurre en especies tropicales (Ramírez *et al.*, 2010, citado por Cruz *et al.*, 2011). La especie que manifestó la menor proporción de hojas en SE fue CH, con 77% de H respecto



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

al T. La mínima cantidad de T la obtuvo MU en LL, CH y MU en NR y MU en SE. Para SE, los resultados obtenidos en las variables rendimiento y altura fueron superiores a los de NR, pero menores que LL. Vergara y Araujo, (2006) reportan producciones de MS en *Urochloa humidicola* menores en SE que en LL, alcanzando valores promedio de 2,2 y 2,6 t ha⁻¹ corte⁻¹ respectivamente, superando los registrados en este estudio para SE. En un estudio de evaluación de cultivares de *Urochloa* realizado por Rojas *et al.*, (2011) en el estado de Guerrero se encontró que, durante LL, los cultivares que mejor se adaptaron a las condiciones de la región, por su desempeño agronómico, fueron *U. brizantha* y el Mulato, ya que mostraron los valores más altos en producción de H y menores de material muerto durante esta época, concordando a lo obtenido en el presente estudio. En cuanto a ALT, CH fue superior en LL, sin embargo, ésta variable fue inferior en NR y SE en contraste a las demás especies, las cuales presentan valores muy por encima a los encontrados por Sanabria *et al.*, (1995) en *Urochloa brizantha* y *U. humidicola* (39.1 y 13.8 cm) en SE. IN fue la de mayor COB en las tres épocas, siendo similar en LL con CH y MU. Esta variable mostró valores parecidos entre NR y SE. Estos resultados difieren con los reportados por Sanabria *et al.*, (1995) quien observó en 6 eco tipos de gramíneas evaluadas en Bolívar, Venezuela, que, durante SE, *U. humidicola* presentó mayor COB con respecto a *B. brizantha* mientras que en LL se observó lo contrario en las mismas especies.

Efecto de la interacción época por frecuencia de corte.

Los rendimientos de forraje durante LL, fueron mayores cuando se cortaron a 42 días de rebrote (3058 kg MS/ha), similar a lo reportado por Vergara y Araujo, (2006) con rendimientos de 2,744 kg MS/ha/corte, en Zulia, Venezuela y con los reportados por Méndez (1999), en la evaluación de ocho gramíneas para pastoreo en el mismo sitio experimental. Sin embargo, la proporción de hoja fue mejor (79%) en esta época a la frecuencia de 35 días con una menor cantidad de tallos (21%). Las variables ALT y COB tuvieron valores ligeramente inferiores a los alcanzados a 42 días. En condiciones de bosque húmedo tropical Homen *et al.*, (2010) reportan valores de altura promedio de 61 y 72 cm para las edades de 35 y 42 días respectivamente, en distintas especies de *Urochloa* en la época de LL; valores superiores a los encontrados en ésta evaluación. En NR, el rendimiento fue bajo ($P \leq 0.05$) a 35 días (964 kg MS/ha) sin embargo, la proporción de T fue menor cuando se cortó a 42 días, lo cual es una característica deseable en los forrajes de trópico. Así entonces, durante SE la tasa de aparición de H es menor conforme crece la planta, mientras que durante LL las H representan una mayor proporción del total de forraje cuando se realizan cortes cada 7 semanas que cada 5 semanas. Además, la elongación de los tallos estimado como ALT de la planta, es menor en SE que en LL (Ramírez *et al.*, 2010). Los bajos rendimientos en NR se atribuyen a las condiciones climáticas que se presentaron en los meses de noviembre-febrero, reflejados en temperaturas mensuales de 12 a 14°C en las mínimas y de 21 a 25°C para las máximas durante el periodo experimental, inferiores a las requeridas para una máxima potencialidad del rendimiento en especies de *Urochloa* y que ocasionó rendimientos inferiores a LL. Al respecto Moore (1981), menciona que la cantidad de forraje producido, es afectada por los factores ambientales que se presentan en cada época del año, sobre todo cuando existe incidencia de temperaturas mínimas por debajo de 22°C. Para ALT y COB en NR, los valores fueron menores con 35 días (29 cm y 56%) respectivamente, e inferiores en comparación con LL y SE. Aparentemente la baja disponibilidad de luz solar afecta el desarrollo de las plantas. (Argel *et al.*, 2005). No encontrando diferencias estadísticas en rendimiento, % de H y COB entre NR y SE. Al respecto, Bolaños *et al.* (2002) reportan que efectos ambientales con frecuencia son más importantes que los efectos del genotipo sobre los caracteres productivos de las plantas forrajeras. Durante SE, se manifiesta el mayor rendimiento con cortes cada 42 días, con valores intermedios en comparación a LL y NR. También a esta frecuencia se observó una menor proporción de H respecto al T (78 y 22%). Machado (1996) menciona, que el déficit de humedad del suelo, influye negativamente en el crecimiento de los pastos, provocando reducción del área foliar, de la actividad fotosintética y, por consiguiente, de la acumulación de forraje respectivamente.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Conclusiones,

- ✓ *U. brizantha*, presento la mejor producción de forraje durante el estudio.
- ✓ La mayor acumulación de MS, ALT y COB, se alcanzó a 42 días de rebrote, sin embargo, la proporción de H disminuye al avanzar la edad, lo que sugiere realizar otros estudios.
- ✓ En lluvias, se mostraron los valores más altos de RT, ALT y COB y lo contrario se presentó en NO. Sin embargo, en ésta última se encontró la mayor proporción de hoja en las tres especies.

Literatura citada.

- Cruz, L. P. I.; Hernández G. A.; Enríquez Q. J. F.; Mendoza P. S. I.; Quero C.A. R.; Joaquín T.B.M. 2011. Desempeño agronómico de genotipos de *Urochloa humidicola* (Rendle) Schweickt en el trópico húmedo de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 34(2): 123-131 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México.
- García, E. 1998. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Tercera Edición. UNAM. México, D.F. 246 pp.
- Gómez, M. M. J. E. Velásquez, J. W. Miles y F. T. Rayo. 2000. Adaptación de *Urochloa* en el Piedemonte Amazónico Colombiano. Nota de Investigación. Pasturas Tropicales, Vol. 22, No. 1.
- Hidalgo, N. J.G. 2004. Producción de materia seca y contenido de proteína cruda y fibra neutro detergente del pasto *Urochloa híbrido* cv Mulato. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 14 p.
- Homen, M., Entrena I. y Arriojas L. 2010. Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. Zootecnia Trop. vol.28, no.1, p.115-127. ISSN 0798-7269.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

RENDIMIENTO DE TRES LEGUMINOSAS ARBÓREAS CORTADAS A DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE EN CLIMA HÚMEDO EN HUEYTAMALCO, PUEBLA.

José de Jesús Mario Ramírez González^{1*} Lorenzo Granados Zurita².

^{1*} Investigador titular "C". S.E. Las Margaritas. ² Investigador titular "C". C.E. Huimanguillo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. ***Autor por correspondencia.** *ramirez.jose@inifap.gob.mx.

Palabras clave: Leguminosas, épocas, interacciones.

Resumen.

Se realizó en el Sitio Experimental "Las Margaritas" del INIFAP, Hueytamalco, Puebla, localizada a 19° 45' latitud norte y 97° 20' longitud oeste, y una altura de 450-550 msnm, de agosto del 2019 a febrero del 2021. Diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas subdivididas y mediciones repetidas en el tiempo. Se evaluaron los efectos de tres frecuencias de corte 6, 9 y 12, (6S, 9S Y 12S) y tres épocas; lluvias (LL) 15 jun al 14 oct; nortes (NO) 15 de oct al 14 feb; y seca (SE) 15 feb al 14 jun, en *Cratylia argentea*, (CA) *Leucaena leucocephala* (LE) y *Gliricidia sepium* (GS). Variables evaluadas: Rendimiento total (RT), hojas (% H), tallos primarios y secundarios (%TP y %TS). Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico SAS. Los resultados en el análisis de varianza mostraron que en el factor especie se encuentran diferencias significativas ($P < 0.05$), en todas las variables, siendo CA quien presentó los mayores RT (2782 kg MS ha⁻¹) y % H (76/3), no se encontraron diferencias significativas en GS y LE para los % H, TP y TS. El factor frecuencias muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) en todas las variables y frecuencias. La época mostró que LE presentó el mayor RT (2363 kg MS ha⁻¹) y % TP (16.6), la época de NO mostró los mayores valores en % de H (73.9), no hubo diferencias. No así en las demás variables ($P \geq 0.05$). La interacción época*especie mostró que los mayores RT en LL, NO y SE fueron en CA (3,544, 2,419 y 2,525 kg MS ha⁻¹, respectivamente) y los menores en LE (1320, 828 y 938 kg MS ha⁻¹, respectivamente). Para la interacción frecuencia*especie encontramos que CA obtuvo los RT más altos con cortes cada 12 semanas y los % hojas mayores cortada cada 6 semanas. El factor frecuencia*época indicó que el mayor RT se presentó en la época de LL con frecuencias de corte de 12 semanas.

Introducción.

Las leguminosas arbustivas son plantas que se encuentran de manera abundante y natural en la mayor parte de las regiones tropicales de México; aunque aún no se utiliza como forraje en forma intensiva por los ganaderos, debido a la falta de información. Estas se establecen con facilidad y no requieren grandes insumos agronómicos, constituyen fuentes valiosas de forrajes (Aranda *et al.* 2005). Existen una gran cantidad de arbustos y árboles potencialmente productores de forraje aprovechable, cuya identificación y estudio para su integración a los sistemas de producción agrícola y ganadera están siendo de interés para un gran número de productores. La cantidad de biomasa producida por árboles forrajeros en un sistema silvopastoril está en función de la densidad de plantación, el arreglo, las especies, la frecuencia y altura a la que se regule el corte. El corte total o parcial del follaje también puede influir en el tiempo de recuperación (Narváez y Moreno, 2008). En la región subtropical de México, en Puebla, Veracruz y Oaxaca, cercanos a la Sierra Madre Oriental, existen extensiones considerables dedicadas a la ganadería, en esta los predios muestran lomeríos con pendientes muy pronunciadas y donde se localizan pastos nativos con la capacidad de tolerar baja fertilidad y sobrepastoreo y que les permite colonizar potreros mal manejados (Méndez, 1999). Esta se caracteriza por tener una producción de forraje estacional y depende de la distribución de lluvias, por esto, las condiciones productivas de las explotaciones ganaderas son afectadas mucho por periodos bien definidos de abundancia y escasez de forraje que se presenta en lluvias y sequías, respectivamente (Ramos 1985; Ortega y González 1992). Ante esta problemática muchas instituciones y han trabajado en la investigación de mejores plantas forrajeras para diversas condiciones climáticas y muchos de esos materiales ya han sido liberados y utilizados extensivamente por los productores de la región tropical. Además, se han escrito y publicado; fichas tecnológicas, guías y manuales con la



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

descripción de características de especies y su manejo (López, 1999 y Enríquez, *et al.* 1999). Sin embargo, se necesita mayor información de; rendimiento y potencial productivo que permitan usar esta información en los sistemas actuales de alimentación.

Objetivo.

Conocer la producción y los componentes de rendimiento de tres leguminosas forrajeras a través de épocas del año y evaluadas bajo condiciones de clima subtropical húmedo.

Materiales y métodos.

Se realizó en el Sitio Experimental “Las Margaritas” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el Km 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, en el estado de Puebla. Ubicado a 19° 45' latitud norte y 97° 20' longitud oeste, y una altura de 450-550 msnm. Se localiza en las estribaciones de la Sierra Nororiental de Puebla, en una zona de transición entre clima templado y tropical, y su clasificación corresponde a un clima A(C)f (García, 1998). Se caracteriza por presentar una precipitación pluvial anual de 2,960 mm y temperatura media de 21°C, con valores extremos de 31°C como máxima y 6°C como mínima y una humedad relativa del 90%. Las lluvias se distribuyen de junio a octubre (80%); de noviembre a mediados de febrero se presentan los llamados “nortes” o época invernal; y en la segunda parte de febrero y mediados de junio ocurre la menor precipitación. Presenta relieves accidentados en su mayoría con pendientes de 10-35 %. Suelos caracterizados como Ultisoles y Oxisoles, textura migajón arcillo-arenosa, café claro a café oscuro; pH ácido de 4.5-5.5. La vegetación está formada por selva mediana y bosque de encino tropical que al perturbarse induce la aparición y establecimiento de gramas nativas, (*Axonopus spp* y *Paspalum spp*).

Material experimental.

Leucaena o Guaje (*Leucaena leucocephala*) (LE). Cocuite o mata ratón (*Gliricidia sepium*) (GS) y Cratilia (*Cratylia argentea*) (CA).

Manejo agronómico.

Siembra, se realizó al inicio de lluvias, 15 de 06 de 2020, sobre terreno preparado de manera convencional (barbecho, rastra y siembra). Se efectuó con plantas de 75 cm de altura, originadas en invernadero. Se sembraron 6 surcos de 8 m de largo, con 50 y 25 cm de separación entre surcos y plantas dentro del mismo surco. La dosis de fertilización utilizada al establecimiento fue 00-50-00 (kg ha⁻¹), aplicación en kilogramos ha⁻¹, de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O), respectivamente. se aplicó en forma de superfosfato triple de calcio P₂O₅ (SFT). Utilizando 111.11 kg de SFT ha⁻¹, aplicando de 311 g de SFT a 28 m² de cada parcela y parcela experimentalmente útil 12 m² dentro del rectángulo, con 0.75 y 1.0 m libres a los lados y cabeceras para evitar el efecto de orilla. El marco en cada frecuencia de corte fue de 4.0 m² colocándolo al centro cubriendo los cuatro surcos centrales.

Variables de respuesta.

Rendimiento total de forraje (RT), hoja (% H), tallos primarios % (TP) y % tallos secundarios (TS).

Rendimiento de biomasa aérea.

Fueron seleccionadas e identificadas ocho plantas. Para rendimiento se cortó todo el material aéreo, (hojas, tallos, flores y frutos), y realizando el muestreo en estas mismas durante el período experimental. El material cosechado incluyó hojas completas (incluyendo pecíolo) y ramitas de rebrotes tiernos emergidos durante el anterior periodo de descanso (6, 9 o 12 semanas). Fue pesado en fresco, tomando y pesando una submuestra de 800 gramos, colocada en bolsa papel y secada a 55 °C por 48 horas o hasta peso constante.

Rendimiento de materia seca (RMS).

Los pesos del material total y por componente de partición de biomasa (H, TP y TS) y se determinó el porcentaje de materia seca (% de MS) de la muestra y con ello la MS por hectárea. El rendimiento de forraje en MS ha⁻¹, se consideró al % MS en la submuestra, dividido entre el # de plantas muestreadas y multiplicado por el # de plantas en una hectárea. Cabe aclarar que al porcentaje de hojas maduras se



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

sumaron los rebrotes emergidos durante el intervalo de corte. Se consideraron como % de TP aquellos que brotan desde la base de la planta y con mayor lignificación; y por último TS o pseudotallos (ramas delgadas que no alcanzaron la suficiente cantidad de lignina al momento del corte).

Análisis Estadístico.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas con mediciones repetidas a través del tiempo, usando el procedimiento GLM y MIXED para análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de TUKEY del paquete estadístico SAS (2001).

Resultados y discusión.

Efecto del factor especie sobre los componentes de rendimiento (CR). Dichos órganos son foliolos, tallos primarios, secundarios, vainas y semillas. En este ensayo se consideraron hojas, (H), tallos primarios (TP) y tallos secundarios (TS), como componentes de partición de biomasa (CPB). Se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) para todos los materiales en todas las variables, siendo CA quien obtuvo el RT más alto y el % de hojas (2782 kg de MS y 76%), respectivamente, superiores que LE y GS. LE y GS no mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre ellas en las variables % de H, % TP y % de TS (69, 16 y 16, 15 y 15%), respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por Sosa *et al.* (2008) en LE con 61% y 38% para H y T, respectivamente. LE mostró los menores valores en rendimiento (1021 kg de MS) a pesar de presentar mayor % de H y TS; (69, 16 y 15%), en relación a GS. CA presenta los valores más altos de RT y % de H, y los más bajos para % de TP y TS en comparación con GS y LE. Resultados similares se reportan por Mass, (1996), donde menciona que CA tiene RT superiores a GS. Estos resultados se pueden deber probablemente a las frecuencias de corte utilizadas, ya que algunas especies como GS no soportan frecuencias de corte reducidas (6 semanas), adjunto a esto las condiciones climáticas que se presentaron a lo largo del experimento variaron mucho entre épocas. Por otra parte, CA presenta un vigor de plántula mayor respecto de LE (Argel y Lascano, 2003), que les permitió una mayor producción y adaptación a las condiciones de trópico.

Efecto de la frecuencia de corte sobre componentes de rendimiento de tres leguminosas arbustivas.

El análisis de varianza GLM, mostró diferencias ($P<0.05$) significativas en: RT, % de H y % TP entre frecuencias. los valores promedio obtenidos de las variables evaluadas en frecuencias a de 6, 9 y 12 semanas (S), encontrando diferencias significativas ($P<0.05$) en frecuencias y variables. La frecuencia a 12 (S) mostró el mayor rendimiento de forraje y la mayor proporción de TP, (3698 kg de MS, 64, 22.3 y 14%), respectivamente y a 6 (S) mostró lo contrario, aunque presentó el mayor % de H, (1030 kg de Ms., 77.5, 9.3 y 13.2%, respectivamente. A las 9 (S) se mostró el más alto % de TS (15.4%). Sosa *et al.* (2008) concluyen que las leguminosas presentan la mayor acumulación de forraje a 12 semanas, los cuales son similares a lo encontrado en este estudio. (González 2003) encontró que el rendimiento de MS, tiende a disminuir cuando se aumenta el número de cortes dentro de cada frecuencia, comportamientos similares fueron observados en otras leguminosas por otros investigadores (Becerril, 2002, Hernández y Urbina, 2003).

Efecto de la época climática sobre los componentes de rendimiento de tres leguminosas arbustivas.

Hay reportes que existen diferencias en componentes de partición del rendimiento (CPB) entre diferentes leguminosas forrajeras, aunque pocos son los datos comparativos entre especies. Con este objetivo, se incluyó la evaluación del crecimiento y acumulación de componentes de rendimiento para cada especie, a través de lluvias (LL), nortes (NO) y secas (SE) descritas para la región. El análisis de varianza GLM, muestra que el factor época presenta diferencias significativas ($P<0.05$) en RT, % de H y % de TP. En LE se presentaron los RT y los % de TS más altos, (2363 kg de MS, 68.7, 16.6 y 14.7%), respectivamente, no encontrando diferencias significativas ($P<0.05$) para % de H entre SE y LL, presentándose el mayor valor en NO (73.9, 12.8 y 13.3%), respectivamente. Valles, (1992) comparando distintas leguminosas forrajeras en Martínez de la Torre, Ver. a través del año, reporta los rendimientos totales más bajos en NO y los más altos en LL, similares a los encontrados en este ensayo. Sosa *et al.* (2008) mostró resultados similares en diez leguminosas, al obtener la mayor producción de MS en LL, y el menor rendimiento en SE representó un 37% de lo producido en LL, sin tomar en cuenta las producciones de H o T. Por su parte Sánchez *et al.*



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

(2001) plantea el manejo de poda al final del período de lluvias para leguminosas, ya que ésta práctica detiene el período de floración y estimula el crecimiento vegetativo (H y T) a través de la estación seca.

Producción de forraje y componentes de rendimiento de *Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*, a través de cada época del año.

Los resultados indican que en LL CA presenta los mayores RT y % de H (3544 kg MS ha⁻¹ y 73%) y LE menores valores (1320 kg MS ha⁻¹ y 66%) para las mismas variables. Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez (2002), reportando producciones de MS foliar en CA superiores en LL en relación a SE en Quilichao, Venezuela. El mayor % de TP, se encontró en LE y GS (19%), además LL presentó los valores de porcentaje de TS, más altos junto con CA (15%), y GS mostro el menor valor para esta variable (14%). En NO, CA presenta valores superiores en RT y % de H (2525 kg MS ha⁻¹ y 78%) y los % de TP y TS más bajos (11%, para las dos variables). El mayor % de TP (16%) lo mostro LL, aunque también presentó valores inferiores en RT, % de H y % de TS (828 kg MS ha⁻¹, 70% y 14%), respectivamente. GS, obtuvo el mayor % de TS (15%) y mostro % de H y TP menores a CA (2136 kg MS ha⁻¹, 73% y 12%), respectivamente y mayores a LL. Aranda et al. (2005) difiere en la producción de material comestible (hojas, peciolo y tallos) ya que el obtuvo el mayor valor durante LL, seguida de NO y por último en SE. Los resultados indican que CA expresó valores superiores, a los reportados por GS y LE, de rendimiento y % de H de (2419 kg MS/ha y 78%), respectivamente para SE; y porcentajes de 9% y 13% para TP y TS. Comportándose de la misma manera en las tres épocas evaluadas. Argel y Lascano (2003) mencionan que CA tolera bien la sequía y tiene la capacidad de rebrotar durante el período seco; entre 30 y 40% del rendimiento total de MS de la planta puede darse durante ese período crítico del año, coincidiendo con lo reportado por Rodríguez y Guevara (2002), al obtener una producción en seca del 37% de lo producido en LL, y lo reportado por Reyes et al. (2008), con una producción de MS de 33% de la producción anual en la misma época, aunque difiere con lo reportado por Santana y Medina (2005), quienes mencionan que durante este período existen defoliaciones drásticas y rendimientos muy bajos. En seca LE expresa el menor rendimiento (938 kg MS ha⁻¹) y el mayor % de TS (17%). En cuanto al % de H, mostro un valor mayor (71%) al encontrado en GS (62%) y menor al de CA. Valores superiores de % de TP (24%) se encuentra con GS, superando de manera importante a las otras especies. Torres (2000), no encontró diferencias a lo largo de LL y final de LL, en el % de H y TF de LE, con valores de 67 y 66 %, respectivamente, difiriendo con lo encontrado aquí para la variable H y TS. Por su parte Sánchez (2005), reporto mayores rendimientos de H, T > 6 mm y T < 6mm en LE, en LL comparada con SE, coincidiendo a lo encontrado aquí en las variables; % de H, % de TP y TS, durante las mismas épocas.

Producción de forraje y componentes en *C. Argentea*, *L. Leucocephala* y *G. Sepium*, de acuerdo a la frecuencia de corte.

Se encontró que cortes a 6, 9 y 12 semanas (6 S, 9 S y 12 S), los valores más altos de RT (1366, 3437 y 4741 kg MS ha⁻¹) y los % de H (83 73 y 67%), se presentan en CA, aunque para % de TS (12, 13 y 21 %) y TP (5, 14 y 13 %), presentan los rendimientos más bajos. Resultados similares a 12 S para % de H fueron encontrados por Santana y Medina, (2005), reportando rendimientos de MST, MSF (hojas y tallos tiernos) más altos en frecuencia de corte cada 90 días. Lugo et al. (2009) reporta incremento en la producción de forraje de CA conforme aumenta la edad, coincidiendo con Lobo y Acuña (2001), Enríquez et al., (2003) y Santana y Medina (2005) quienes obtuvieron resultados similares al evaluar esta especie bajo condiciones de trópico subhúmedo, lo que concuerda con lo encontrado en este estudio. Enríquez et al, (2003) señalan que la curva de crecimiento de CA, muestra un crecimiento lento en las 12 semanas y la máxima producción de forraje se obtiene a las 27 semanas de crecimiento. Respecto a esto se puede señalar que el número de cortes por frecuencia utilizados en éste estudio fue limitado para observar el verdadero potencial productivo de ésta especie. Con frecuencias de (6 S, el menor rendimiento y % de H se encuentran en LE (630 kg MS ha⁻¹, y 73 %), al igual que los mayores % de TP y TS (13 % y 15 %). Estos resultados coinciden con lo mostrado por Narváez y Moreno (2008) quienes obtuvieron menores rendimientos de MS en la misma especie al compararla con Marango y Quelite, en Pacora, Nicaragua. GS expresó valores de RT y % de H (984 kg MS ha⁻¹, y 73 %) menores que los encontrados en CA y mayores en los % de TS y TP (14 % y 12%) comparados con LL. La reducción en la producción de biomasa cuando los intervalos de corte son reducidos es debido a la baja capacidad de GS para soportar cortes frecuentes, (Clávelo et al, 1999).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cortes cada 9 S, se observa que el RT y % de TP (1261 kg MS ha⁻¹, y 16%, respectivamente) obtenidos en LE son los más bajos encontrados para esta frecuencia, sin embargo, mostró el mayor % de TS (16%) iguales que para GS, esta última mostró el valor más alto en % de TP (17%). LE obtuvo los menores RT, difiriendo con los reportados por Munera, (1999) quien presentó rendimientos de MSF (H y TT) superiores en comparación a GS, a 6 y 12 semanas. LL mostró el valor más alto de TS (15%) y GS obtuvo el mayor % de TP (25%).

Conclusiones.

- ✓ La interacción frecuencia de corte; CA fue mejor en rendimiento y % de H a LE y GS, a todas. Cada 12 semanas se expresaron valores más altos en todas las variables. Además, y LL obtuvo rendimientos más bajos.
- ✓ La interacción especie por época mostró que CA fue mejor en todas las épocas, mejor rendimiento en lluvias e inferiores en secas. La LL presentó menores rendimientos.
- ✓ La interacción frecuencia por época indican que; Cortes a 12 semanas obtiene mayores rendimientos en lluvias y nortes, pero no así en secas mostró mayores rendimientos a 9 semanas.

Literatura citada.

- ✓ Aranda I. E. M., Pérez P. J., Granados Z. L., Ramos J. J. A., Hernández S. D. y Mendoza M. G. (2005). El Cocoite: una alternativa forrajera en la alimentación de rumiantes. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.
- ✓ Argel P. J. y Lascano C. E. (2003). *Cratylia argentea*: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). P. 181.
- ✓ Camacaro S. y Machado W. (2005). Producción de biomasa y utilización de *Leucaena leucocephala* fertilizada y pastoreada por ovinos. *Zootecnia Trop.* v.23 n.2 Maracay, Venezuela.
- ✓ Camacaro S., Noriulis B. y Machado W. (nov. 2003). Efecto de la poda y el pastoreo sobre la producción de biomasa de *Gliricidia sepium*. *Zootecnia Trop.*, vol.21, no.4, p.399-412. ISSN 0798-7269.
- ✓ Enríquez Q. J. F., Garay A. H., Pérez J. P., Carrillo R. Q. y Moreno J. G. (2003). Densidad de siembra y frecuencia de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz. *Tec Pecú Mex.*, 41(1):75-84.



DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ZOOSANITARIO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN BOVINA EN PICHUCALCO, CHIAPAS.

Tomas Coox-Chi^{1*}, Esteban Diego Castillo-Toledo², Claudia Virginia Zaragoza-Vera¹, Roberto Omar Castañeda-Arriola³, Gilberto Vázquez-Cruz⁴, María Guadalupe Hernández-González⁴, Sergio Alejandro Díaz-Ovando⁴, Erick Mauricio Pérez-Solís⁴, Alejandro Castillejos-Arroyo⁴.

¹UJAT, ²CBTA 23, ³INIFAP, ⁴UNACH*Autor para correspondencia: cooxchitomas@gmail.com

Palabras claves: Sanidad. Ectoparásitos, Endoparásitos, Complejo reproductivo.

Introducción

En México, la ganadería bovina representa un pilar fundamental en la economía y en la alimentación de la sociedad, de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México ocupa el quinto lugar en producción de carne y el catorceavo en producción láctea a nivel mundial (SIAP, 2024). Sin embargo, el potencial de producción en zonas tropicales y subtropicales, se ha visto limitado por distintos factores, ya que el clima de la región es ideal para la proliferación de distintos agentes patógenos causantes de enfermedades en los bovinos (Díaz, 2015). La implementación de diagnósticos integrales en unidades de producción es esencial para preservar la sanidad del hato y fortalecer la bioseguridad nacional (SADER, 2017). El presente trabajo tuvo como objetivo implementar un diagnóstico situacional para la detección de patógenos parasitarios, bacterianos y virales que afectan un hato de producción bovina bajo el sistema vaca-cría, en el municipio de Pichucalco, Chiapas.

Materiales y métodos.

El presente trabajo se desarrolló en el Municipio de Pichucalco, Chiapas, específicamente se trabajó con el hato bovino del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 23 de (CBTA 23), coordenadas: 17.565319086073607, -93.05978479955986. El hato está destinado a la producción de bovinos carne (sistema vaca-cría); así como a la enseñanza a nivel medio superior. Consta de 68 semovientes bovinos, de razas cruzadas de Brahman por Beefmaster y Simbrah comercial. Estos fueron muestreados para el diagnóstico integral sanitario evaluando la presencia diarrea viral bovina (DVB), rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) y leptospirosis mediante técnicas serológicas; *Babesia spp* y *Anaplasma marginale* mediante microscopia, también se evaluó la presencia de *Fasciola hepática* y la carga de huevos de nematodos gastroentéricos y oocistas de coccidia ambos por coproparasitoscopia. Además, se determinó la resistencia a ixodidas en *Rhipicephalus microplus* mediante paquete larvario.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Se empleó un tamaño representativo del hato calculado mediante la fórmula para la estimación de proporciones en una población finita (Daniel, 2010).

$$n = \frac{Nz^2pq}{d^2(N-1) + z^2pq}$$

En donde: N: tamaño de la población. Z: grado de confianza (95%). p: proporción de la población con la característica de interés (85%). d: margen de error (10%).

En base al cálculo, se emplearon 30 semovientes bovinos para el diagnóstico de enfermedades como DVB, IBR y leptospirosis. DVB e IBR se diagnosticaron mediante ensayo de inmunoabsorción ligado a enzima (ELISA) y leptospirosis mediante prueba de aglutinación microscópica (MAT). El diagnóstico se realizó en el laboratorio de Diagnóstico Integral en Medicina Veterinaria, ubicado en Oztolotepec, Estado de México. Con respecto al resto de los análisis se amplió el número de animales a analizar con un total de 54 bovinos. Las muestras fecales fueron analizadas mediante las técnicas coproparasitológicas de flotación (McMaster) para carga de huevos de nematodos gastrointestinales y ooquistes de coccidia y prueba de sedimentación para diagnóstico de *Fasciola hepática*, de acuerdo a la metodología descrita por Rodríguez (2015). En el caso de *Babesia spp* y *Anaplasma marginale* se elaboraron frotis teñidos con Giemsa, en base a la metodología descrita por García *et al.*, 2015. Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio del Sitio Experimental Pichucalco-INIFAP.

Con respecto a la resistencia a ixodíctidos en *Rhipicephalus microplus*, se colectaron al menos 30 hembras adultas repletas, las cuales fueron remitidas al Centro Nacional de Referencia en Parasitología Animal y Tecnología Analítica-SENASICA, ubicado en Jiutepec, Morelos donde se evaluó la susceptibilidad de larvas de *R. microplus* frente a diversos principios activos, mediante las técnicas de Stone & Haydock y Shaw.

Resultados y discusión

De manera general se obtuvo que el 73% de los bovinos analizados resultó positivo a IBR, el 56% resultó positivo a DVB y el 33% resultó positivo a leptospirosis. Al hacer la diferenciación en estratos etarios de animales mayores a 24 meses y menores a 24 meses; se observa una alta circulación de DVB, IBR y leptospirosis en ambas categorías etarias, con resultados muy similares entre ambos grupos, lo cual indica una temprana exposición a los patógenos. Estos resultados son similares a los obtenidos en un estudio en el Estado de Veracruz, México, en el que se reportaron prevalencias de 81.27% para DVB y 76.32% para IBR (Abad-Zavaleta *et al.*, 2016).

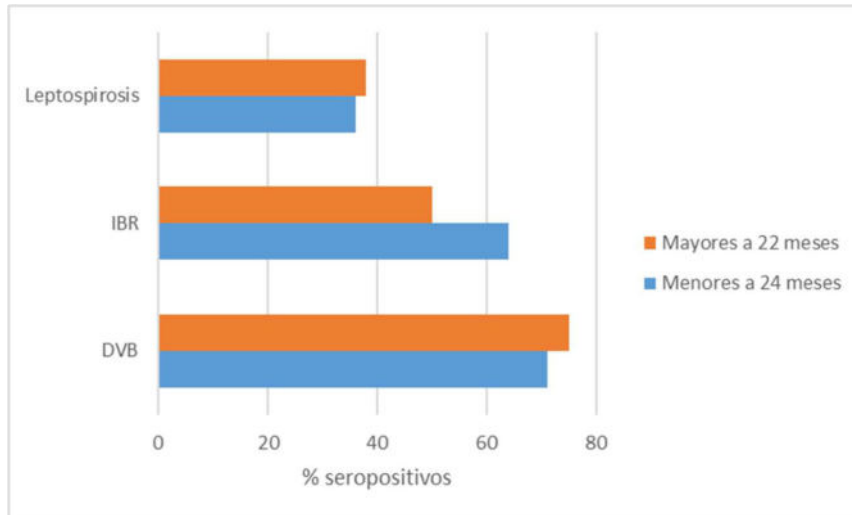


Figura 1. Porcentaje de bovinos positivos a IBR, DVB y leptospirosis en base a su estrato etario.

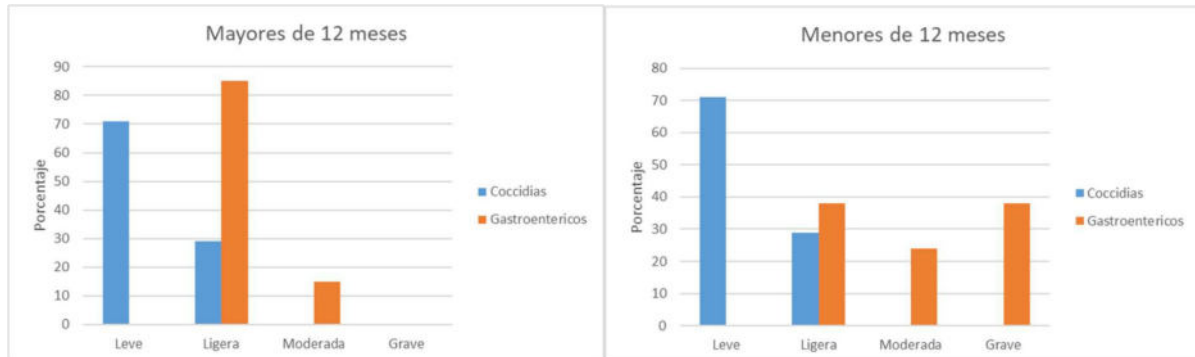
Por otra parte, los análisis coproparasitológicos revelaron que el 24% de los animales muestreados presentaron infección por coccidias, mientras que un 42.5% fueron positivos a parásitos gastrointestinales; cabe destacar que no se detectó presencia de *Fasciola hepática*. Estos valores son inferiores a los reportados por Pinilla et al. (2018) quienes reportaron 77.9 % para coccidias y 19.3 % para parásitos gastrointestinales, lo que podría atribuirse a diferencias en clima, sistema de producción y manejo sanitario. Al realizar la diferenciación por estrato etario de animales mayor a 12 meses y animales menores a 12 meses, se puede observar que, en bovinos mayores de 12 meses, el 71 % de los casos de coccidiosis fueron leves y el 29 % ligeros.

Respecto a parásitos gastrointestinales en este grupo, el 85 % presentó infestación ligera y el 15 % moderada, sin casos graves, lo cual indica que estos no requieren tratamiento desparasitante. Por otro lado, en bovinos menores de 12 meses, el 71 % de los casos de coccidiosis fueron leves y el 29 % leves a moderados, sin presentarse casos graves. En cuanto a parásitos gastrointestinales, el 38 % de los animales presentó infestación ligera, 24 % moderada y 38 % grave (Figura 2a y 2b). Por ende, se podría realizar una desparasitación dirigida solo a los animales que presenten una carga grave. Los resultados también indican una mayor severidad en las infecciones gastrointestinales en animales jóvenes, mientras que la coccidiosis fue de baja intensidad en ambos grupos. Lo anterior coincide con Pinilla et al. (2018), quienes atribuyen la mayor prevalencia de nematodos en animales jóvenes a la inmadurez del sistema inmunológico y deficiencias en el manejo. Estos hallazgos resaltan la importancia de establecer estrategias de control parasitario diferenciadas por edad, enfocándose especialmente en los bovinos jóvenes, que son más susceptibles a infecciones severas tanto por coccidias como por helmintos.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco



Figuras 2 a y b. Porcentaje y grado de infesta en base al número de huevos de nematodos gastroentéricos u ooquistes de coccidia por gramo de heces en estratos etario.

En lo relativo a *Babesia spp.*, solo el 1.85% de los animales resulto positivo, mientras que en el caso de *Anaplasma marginale*, el 40.74% fueron positivos; el mayor numero de casos de a. marginale, obedece a su mayor numero de vectores como moscas, tabanos y garraptas; mientras que Babesia esta restringida al vector R. microplus.

La evaluación de la susceptibilidad a acaricidas indica resistencia a distintos productos químicos por parte de las garrapatas presentes en la Unidad de producción (figura 3). Coumaphos alcanzó una eficacia del 100%, coincidiendo con estudios realizados en India, donde este compuesto es altamente efectivo (Gupta *et al.*, 2021). La resistencia total a piretroides, coincide con reportes de México y Brasil, donde se han registrado niveles críticos de resistencia a estos compuestos (Miller *et al.*, 2012; Reck *et al.*, 2020). Fipronil mostró una buena eficacia (88.98%), aunque ya existen reportes en Brasil reportes sobre poblaciones resistentes (Reck *et al.*, 2020). Los niveles intermedios de Amitraz (32.39%) y Chlorpiriphos (42.42%) reflejan una resistencia moderada, coincidiendo con reportes en Latinoamérica (Castro-Janer *et al.*, 2016).

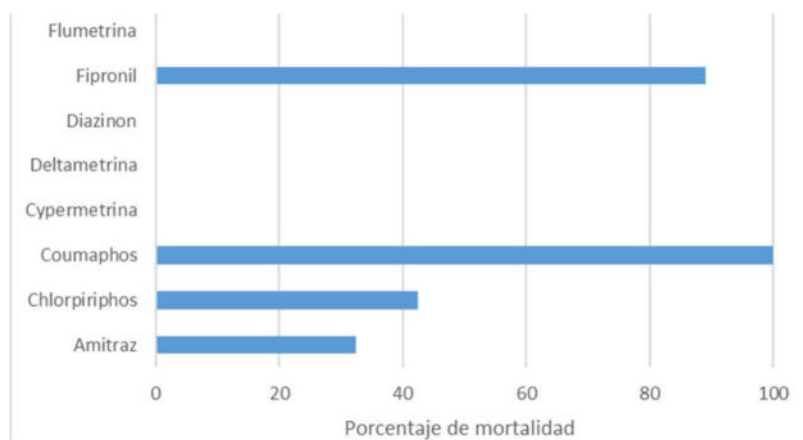


Figura 3. Resistencia de *R. microplus* a distintos productos químicos.

Conclusiones

La unidad de producción bovina evaluada presenta un estatus sanitario comprometido, con alta prevalencia de parásitos gastrointestinales, circulación de IBR y DVB, presencia de *Anaplasma spp.* y *Leptospira spp.* así como resistencia generalizada de *R. microplus* a varios acaricidas.

Se recomienda la implementación de un programa integral de salud animal, que incluya: Diagnósticos periódicos, rotación planificada de principios activos, programas de vacunación completos.

Estos hallazgos aportan evidencia para el diseño de estrategias efectivas de control sanitario en sistemas de producción bovina del trópico húmedo.

Agradecimientos y fuente financiadora.

Los autores agradecen al personal y directivos del CBTA No. 23 por las facilidades otorgadas para la realización del estudio. El trabajo fue financiado con recursos propios de los autores.

Referencias bibliográficas.

- Abad-Zavaleta, J., Ríos-Utrera, A., Rosete-Fernández, J. V., García-Camacho, A., & Zárate-Martínez, J. P. (2016). Prevalencia de rinotraqueítis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en hembras en tres épocas del año en la Zona Centro de Veracruz. *Nova Scientia*, 8(16).
- Daniels JT, Falco CR, Fish D. Estimating population size and drag sampling efficiency for the blacklegged tick (Acari: Ixodidae). *Journal of medical entomology* 2000; (37) 3: 357-363.
- Pinilla, J. C., et al. (2018). Prevalencia del parasitismo gastrointestinal en bovinos del departamento Cesar, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(1), 1–10.
- Gupta, A., Singh, H., Katoch, R., & Yadav, A. (2021). In vitro efficacy of various acaricides against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks in India. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02886-x>
- Reck, J., Klafke, G. M., Webster, A., Dall'Agnol, B., Scheffer, R., Souza, U. A., & Martins, J. R. (2020). Acaricide resistance in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in Brazil: Status, mechanisms, and perspectives. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 479. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00479>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

AGRONOMÍA DE HÍBRIDOS DE *UROCHLOA* EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO EN TABASCO MÉXICO

Lorenzo Granados-Zurita^{1*}, Isabel Cristina Acosta-Balcazar², Manuel Barrón-Arredondo¹, Jorge Quiroz-Valiente¹, Miguel Ángel Ramírez-Guillermo¹, Jorge David Guiot-García³

1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CE. Huimanguillo.

2 División Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad Popular de la Chontalpa.

3 Grupo Papalotla S.A. de C.V.

*Autor por correspondencia: granados.lorenzo@inifap.gob.mx

Palabras clave. Cobertura, rendimiento, vega de río

Introducción

En México, la región tropical comprende 35% del país, con 56 millones de hectáreas. En el trópico la principal fuente de nutrientes y la estrategia de alimentación de menor costo, para el ganado bovino, son los pastos y forrajes. En los sistemas de producción, la alimentación de las hembras de reemplazo es primordial ya que de ella depende el consumo de nutrientes esenciales para su desarrollo, reproducción y estructura ósea (Jarquín, 2009). La adopción de diversos cultivares del género *Urochloa*, en algunas regiones de México y en países de Centroamérica, han permitido aumentar la productividad animal en un 26% en leche y un 5% en carne, debido al alto rendimiento y calidad del forraje (Argel 2006). Para México las especies de *Urochloa* más utilizadas son: *U. brizantha* (A. Rich Stapf) CIAT 6780, *U. decumbens* Stapf CIAT 606 y *U. humidicola* (Rendle) Schweick CIAT 679 (Enríquez Quiroz *et al.* 2011). La llegada de nuevas especies de pastos es una necesidad y oportunidad de poder reemplazar especies de menor calidad nutricional y capacidad de carga, por especies forrajeras mejores. Sin embargo, en explotaciones destacadas y rentables se dedican al cultivo de los pastos logrando respuesta productiva excelente en la selección y adaptación de las nuevas y mejores especies, respecto a las que actualmente existen en las regiones agroecológicas ganaderas. Los forrajes en México y en el mundo son de gran importancia para la ganadería, ya que la producción y productividad de los semovientes dependen del pasto. Es de importancia destacada tener forrajes de alta producción y calidad con ello se lograrán mayor volumen de carne y leche. Lo anterior se traduce en ganancias económicas, en razón a la relación costo beneficio, (Acosta *et al.*, 2022). Las gramíneas forrajeras son empleadas en el pastoreo, por lo que el cambio de especies forrajeras nativas a inducidas es una acción de corto plazo. Las gramíneas tienen muchas ventajas como alimento para animales en pastoreo. Seleccionar gramíneas de cantidad y calidad forrajera, depende de muchos factores, los cuales están relacionados con adaptación a suelos y clima de la región. Las épocas del año (lluvias, nortes y sequía), así como la temperatura, probablemente sean los factores más importantes que determinan donde se deben cultivar las forrajeras y conocer su productividad. La ganadería que se practica en el trópico de México, los pastos son la base de la alimentación animal (Castañeda *et al.*, 2017). En esta región de trópico húmedo hay diversos factores que favorecen la producción y persistencia de los forrajes, como son: disponibilidad de nutrientes, materia orgánica, buen drenaje, moderado manejo de la pradera, todo lo anterior provocan persistencia en la mayoría de las especies forrajeras introducidas (Granados *et al.*, 2022). Debido a lo anterior, el presente trabajo tuvo la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de catorce híbridos del género *Urochloa* en condiciones de trópico húmedo en dos épocas del año.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y métodos

Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en un rancho comercial, ubicado en el municipio de Huimanguillo, de la región Chontalpa del estado de Tabasco (17°51'28.5"N 93°24'26.2"W), el tipo de suelo que presenta es cambisol y cuenta con clima cálido húmedo donde suele presentarse lluvias en verano y otoño. La lluvia promedio anual es 2,295 mm año⁻¹ y los promedios de las temperaturas máxima, media y mínima que se registran son 35, 25 y 15 °C, respectivamente, con 77.4 % de humedad relativa (CONAGUA, 2023).

Establecimiento

Se establecieron 56 parcelas de 18 m² cada una (4 x 4.5 m), cuatro parcelas por cada especie forrajera evaluada: BR020465, BR050549, BR051435, BR051467, BR094467, GP0423, GP1752, GP1794, GP3025, GP3207, GPNF3025456, GPNF3207461, GPNF6024161 y Marandú.

Fertilización

Al inicio de cada época, las parcelas se fertilizaron con 108 k de urea (como fuente de nitrógeno) y sólo para la época de lluvias se utilizó, además, 130 k de superfosfato triple de calcio (como fuente de fósforo). La fertilización se aplicó al voleo. Previamente, se realizó un corte de uniformidad a 10 cm de altura, que se tomó como el día 1 de cada periodo de muestreo.

Muestreos

Previo al corte de la muestra, se realizó una evaluación agronómica utilizando un cuadro de 1 m² y siguiendo la metodología de Haydock y Shaw (1975). En todas las parcelas se realizó un corte de uniformidad a una altura de 10 cm para comenzar el siguiente periodo de crecimiento. Cabe señalar que cada 21 días se realizó una limpieza en el sitio para evitar la acumulación de materia muerta de los árboles que estaban alrededor.

Variables y Análisis estadístico

Las variables de respuestas: Altura (cm), número de cepas (m²), cobertura (%), y rendimiento en materia verde (t/ha-1). Los datos resultantes se analizaron utilizando un modelo lineal general, a través del procedimiento GLM en el programa estadístico SAS 9.0 (2002) y la comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a la altura, cobertura y rendimiento en la época de sequía y en la época de lluvias.

De acuerdo con la variable altura, el promedio general de las épocas fue de 21 y 49 cm para sequía y lluvias, respectivamente. Estos resultados muestran que en lluvias la altura aumentó más del doble respecto a la sequía. En el Cuadro 1 observamos a las especies con mayor altura y las cuales superaron el promedio de cada época: GP1794 y BR020465 (28 y 27.02 cm) durante la época de sequía y GPNF2035456 y Marandú, (con 54.28 y 53.50, respectivamente) en la época de lluvias. El promedio de número de cepas, para la época de sequía, fue de 4 cepas/m². A pesar de no haber obtenido diferencias entre especies, cabe mencionar que destacaron híbridos como el GP1752 y BR050549 con 6 cepas/m² c/u, mientras que, GPNF3025456 y GPNF3207461 registraron los valores más bajos (2 cepas/m²).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 1. Evaluación agronómica de 14 especies forrajeras del género *Urochloa* en dos épocas en Huimanguillo, Tabasco.

Especie	Sequía				Lluvias			
	Altura (cm)	# Cepas	Cobertura (%)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Altura (cm)	# Cepas	Cobertura (%)	Rendimiento ha ⁻¹ MV
BR020465	27.02 ^a	3.50 ^a	58.75 ^{abc}	11.275 ^a	48.35 ^{ab}	17.75 ^{abc}	47.08 ^c	10.10 ^{ab}
BR050549	26.45 ^{ab}	6.00 ^a	70.00 ^a	7.200 ^{ab}	46.30 ^{ab}	19.91 ^{abc}	63.33 ^{abc}	8.67 ^b
BR051435	17.42 ^{cd}	4.25 ^a	53.75 ^{bc}	5.638 ^{ab}	41.38 ^b	23.08 ^{ab}	69.58 ^{ab}	10.67 ^{ab}
BR051467	20.57 ^{abcd}	5.00 ^a	72.50 ^a	6.450 ^{ab}	52.40 ^{ab}	22.08 ^{ab}	81.66 ^a	13.18 ^{ab}
BR094467	16.25 ^d	5.75 ^a	66.25 ^{ab}	4.350 ^b	48.55 ^{ab}	25.66 ^a	75.41 ^{ab}	10.23 ^{ab}
GP0423	18.37 ^{cd}	5.75 ^a	63.75 ^{abc}	5.600 ^{ab}	46.93 ^{ab}	18.50 ^{abc}	72.08 ^{ab}	11.59 ^{ab}
GP1752	19.10 ^{bcd}	6.25 ^a	62.50 ^{abc}	6.900 ^{ab}	52.00 ^{ab}	24.00 ^{ab}	76.66 ^{ab}	14.79 ^{ab}
GP1794	28.00 ^a	4.75 ^a	63.75 ^{abc}	6.988 ^{ab}	48.05 ^{ab}	15.25 ^{bc}	61.66 ^{bc}	9.44 ^{ab}
GP3025	15.27 ^d	3.50 ^a	23.75 ^c	4.433 ^b	49.41 ^{ab}	20.00 ^{abc}	67.91 ^{ab}	12.97 ^{ab}
GP3207	16.82 ^d	3.00 ^a	58.75 ^{abc}	7.625 ^{ab}	49.45 ^{ab}	17.83 ^{abc}	65.41 ^{abc}	11.73 ^{ab}
GPNF3025456	17.27 ^d	2.75 ^a	45.00 ^{abc}	6.388 ^{ab}	54.28 ^a	16.16 ^{abc}	57.50 ^{bc}	12.60 ^{ab}
GPNF3207461	16.50 ^d	2.25 ^a	28.75 ^b	7.483 ^{ab}	44.15 ^{ab}	20.00 ^{abc}	58.75 ^{bc}	15.90 ^a
GPNF6024161	26.15 ^{ab}	3.75 ^a	53.75 ^{abc}	6.950 ^{ab}	47.25 ^{ab}	16.66 ^{abc}	67.91 ^{ab}	11.20 ^{ab}
Marandú	26.15 ^{ab}	3.50 ^a	61.25 ^{abc}	7.163 ^{ab}	53.50 ^a	12.08 ^c	47.91 ^c	10.84 ^{ab}

Letras diferentes entre filas (a, b, c, d) indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$)

Durante la época de lluvias, se observó una recuperación en la densidad de plantas, con un incremento de 4.75 % respecto a la sequía, alcanzando un promedio de 19 cepas/m². En este periodo, BR094467 presentó el mayor número de cepas (25 cepas/m²) y Marandú el menor (12 cepas/m²).

La cobertura vegetal mostró un incremento del 14 % de sequía a lluvias. En la época de sequía, el promedio de la cobertura fue de 57 %, destacando BR051467 y BR050549 con las mayores coberturas (72.50 y 70 %, respectivamente) y el GP3025 con la menor (23.75 %). Finalmente, en la época de lluvias, el promedio de cobertura alcanzó el 65 %. En este periodo BR051467 obtuvo el valor más alto (81.66 %), mientras que BR020465 registró la menor cobertura con 47.08 %. Para el rendimiento, en la época de sequía, se alcanzó un promedio de 6.91 t ha⁻¹, en este periodo BR020465 mostró el mayor rendimiento (11.27 t ha⁻¹), en tanto que BR094467 y GP3025 presentaron la menor producción (4.35 y 4.43 t ha⁻¹). Durante la época de lluvias se observó una recuperación en rendimiento, con un incremento del 69 % respecto a la sequía, alcanzando un promedio general de 11.71 t ha⁻¹. La especie GPNF3207461 fue la más productiva en este periodo (15.90 t ha⁻¹), mientras que BR050549 registró la menor producción de forraje verde (8.67 t ha⁻¹).

En la época de sequía se presentan periodos de altas temperaturas, existe mayor transpiración en las plantas y hay déficit de agua, provocando estrés hídrico el cual produce irregularidades metabólicas como: disminución de la tasa de crecimiento, reducción en la capacidad de intercambio gaseoso, cierre de las estomas y disminución de la absorción de CO₂ atmosférico, por lo que se ve afectada la actividad fotosintética del pasto (Basurto 2008, Cruz, 2017 y Velazco *et al.*, 2018). De acuerdo con Rincón (2018), durante la época seca, la producción de forraje se puede reducir entre el 60 y 70 %. Del Pozo (2002) afirma que, cuando las condiciones climáticas son buenas, la tasa de producción de forraje puede ser de 6 a 15 veces más que en la época seca (Rodríguez, 2002). En las regiones tropicales, los tallos de las gramíneas suelen tener mejor crecimiento cuando se presentan temperaturas entre los 25 y 35 °C y con un promedio de precipitación mensual de 150 mm (Cruz *et al.*, 2011). Asimismo, la demanda de nutrientes está relacionada de forma positiva con la producción de biomasa, ocurriendo una mayor producción en época de lluvias por las condiciones de precipitación y temperaturas que se presentan, ya que las temperaturas que se encuentran en esa época favorecen los procesos del metabolismo celular incrementando la absorción de nutrientes (De Dios, 2017). Además, las especies forrajeras del género *Urochloa*, proporcionan mayor producción de materia verde y persistencia cuando se siembran en donde las temperaturas son adecuadas (Muñoz *et al.*, 2016).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Asimismo, la fertilización nitrogenada ayuda a las especies forrajeras a tener un mayor rendimiento, el nitrógeno es un elemento que produce cambios en las características estructurales y morfológicas de los pastos, es decir, aumenta el tamaño y número de hojas y estimula el crecimiento de la planta mediante la elongación de los entrenudos (Andrade *et al.*, 2015). Además, participa en la producción de la hormona citocinina, la cual es la responsable del crecimiento de las plantas y activa el proceso de división y diferenciación celular (Rodríguez *et al.*, 2021). Cabe mencionar que, los pastos con mayor número de hojas suelen ser los más utilizados para la alimentación de los animales ya que tienen mayor concentración de nutrientes y alto porcentaje de digestibilidad (Merlo *et al.*, 2017).

Conclusiones

Las condiciones climáticas influyeron significativamente en el comportamiento agronómico de los híbridos de *Urochloa*. Durante la época de sequía, las especies mostraron una marcada reducción en altura, número de cepas, cobertura y producción de forraje, asociado al estrés hídrico y las altas temperaturas que limitan la actividad fisiológica de las plantas; y en lluvias, las especies mostraron su mayor desarrollo en términos de altura, cobertura y número de cepas por metro cuadrado.

Además, algunos híbridos como BR051467, BR050549, BR020465, BR094467, GP0423 y Marandú destacaron por su desempeño agronómico en ambas épocas del año, lo que los convierte en opciones promisorias para su aprovechamiento en sistemas de producción en el trópico húmedo.

La fertilización nitrogenada influyó de manera positiva en el establecimiento y productividad de los híbridos. No obstante, la respuesta fue variable entre especies, lo que indica que la selección del material forrajero debe considerar su adaptabilidad a las condiciones locales de suelo y clima.

Se recomienda dar continuidad a la evaluación de estos híbridos en diferentes condiciones y considerar el efecto de la sombra y el uso de consorcios con leguminosas para mejorar la producción de forraje y hacer más productiva la pradera.

Agradecimientos

Al Grupo Papalotla S.A. de C.V. por el financiamiento de la investigación.

Referencias

1. Acosta B. I. C., Quiroz V. J., Granados Z. L., Aranda I. E. M., Hernández N. E., Rincón R. J. A., Granados R. L. D. 2022. Effect of genotype, lactation and climatic factors on fatty acid profile of bovine milk. *Czech Journal Animal Science*, 67(5), 167-175.
2. Granados Z. L., Quiroz V. J., Acosta B. I. C., Barrón A. M., Granados R. L. D., Guiot G. J. D. De Dios O. F. 2022 Asignación de forrajes y capacidad de carga del Cayman Blend con y sin fertilización en vega de río. In: XXXIII Reunión Científica tecnológica forestal y agropecuaria Tabasco 2022 y X Simposio Internacional en producción agroalimentaria tropical Villahermosa, Tabasco.
3. Maldonado-Peralta, M. A., Aniano-Aguirre, H., Rojas-García, A. R., García-Montalvo, I. A., Ortega-Acosta, S. A. Martínez-Vázquez, J. 2024. Rendimiento y valor nutritivo de pastos *Urochloa* híbrido en el trópico seco de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(SPE4).
4. Merlo-Maydana, F. E., Ramírez-Avilés, L., Ayala-Burgos, A. J., & Ku-Vera, J. C. (2017). Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 116-127.
5. Pinos-Rodríguez, J. M., González Muñoz, S. S., Mendoza Martínez, G. D., & Martínez Garza, Á. (2002). Análisis estadístico de experimentos de digestibilidad in vitro con forrajes. *Interciencia*, 27(3), 143-146.

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

MORFOLOGÍA Y RENDIMIENTO DE FRUTO DE LA VARIEDAD EXPERIMENTAL DE CHILE X'CATIK (*Capsicum annuum* L) CPX-CCC1

Crescencio de la Cruz Castillo-Aguilar¹ Ricardo Antonio Chiquini-Medina² Enrique Sauri-Duch³ David Julián Palma-Cancino^{1*}

¹Colegio de postgraduados, Campus Campeche, Sihochac, Champotón, Campeche, México.

²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche.

³Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: plUSDPC@gmail.com

Palabras clave: morfología, variedad experimental

Introducción

México posee una amplia diversidad de especies domesticadas del género *Capsicum* de importancia comercial y alimenticia. Una de las principales especies es *Capsicum annuum*, cuyo centro de domesticación ha sido establecido en el noreste y centro-este de México, donde presenta una gran diversidad fenotípica y genética que involucra ecotipos silvestres y variedades criollas. En la Península de Yucatán *C. annuum* se considera una de las hortalizas de mayor importancia económica, es altamente cultivada y presenta una amplia diversidad de morfotipos lo cual refleja diferentes tamaños, formas, colores y pungencia (contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina); los frutos de *C. annuum* se caracterizan por su contenido de minerales, proteínas, fibras, compuestos antioxidantes como son los flavonoides, compuestos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico, vitamina A y capsaicinoides (Mertz *et al.*, 2009). El chile x'catik (*Capsicum annuum* L, también escrito xcat'ic, xcatik, xcat ik o xcatik) es un tipo de chile güero criollo cultivado en el estado de Yucatán muy apreciado en la gastronomía. El estado de Yucatán es el principal productor de chile X'catik, con una superficie de 103.7 ha en condiciones de cielo abierto con un rendimiento de 12.06 t ha⁻¹, Bajo condiciones de sistema protegido se reportan sembradas 4.8 ha con un rendimiento de 19.64 t ha⁻¹ (SIAP, 2025), Específicamente en la Península de Yucatán existen varios ecotipos nativos que se diferencian en forma y tamaño Las variedades de chile x'catik que más utiliza el productor y más demandan los consumidores son las criollas regionales (Soria *et al.*, 1996).

El fruto es de forma cónica alargada y puntiagudo, de color amarillo verdoso en estado inmaduro, cambia a tonos anaranjados y rojos cuando madura, aunque se prefiere consumirlos cuando son de color verde amarillento brillante y pueden tener una ligera porción naranja. todavía es escasa la información sobre la tecnología de producción de este chile y no hay disponibilidad de variedades mejoradas. Existe poca variación en las características vegetativas de los genotipos del chile X'catik, como la coloración púrpura causada por una antocianina intermedia a densa en los nudos y la pubescencia del tallo. Sin embargo, presentan variación en el tamaño del fruto (peso, diámetro y relación longitud-diámetro), el tamaño de la flor (longitud de la antera y la corola) y las características del tallo (Vera-Sánchez *et al.*, 2016).

Dentro de los métodos que han sido utilizados en el mejoramiento del género *Capsicum* se encuentran el de lección masal, selección masiva con la finalidad de obtener poblaciones mejoradas en su rendimiento de fruto, características de planta y caracteres agronómicos, no habiendo aún para el chile X'catik una oferta de variedades mejoradas El objetivo de la presente investigación fue la caracterización morfológica y avance de un ciclo de selección de la variedad experimental de chile X'catik CPX-CCC1.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación tiene su origen en colectas de diferentes ecotipos de chile y variedades criollas de chile en el estado de Campeche y Península de Yucatán, reproduciéndolos y caracterizándolos, conservando semilla del material colectado y variedades criollas sobresalientes. El origen de la variedad criolla de chile X'catik seleccionada para su mejoramiento genético fue de una población de chile colectada en la comunidad de Conkal Yucatán, colectando frutos de chile maduro con características propias del ecotipo, a los cuales se les extrajo la semilla, la cual fue puesta a secar y luego se conservó bajo refrigeración de un grado centígrado.

En el primer y segundo ciclo de selección 2024-2025 se estableció un lote de 300 plantas, cultivadas bajo sistema protegido, en el Campus Campeche del Colegio de Postgraduados y fueron seleccionadas 60



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

plantas (20% de presión de selección), siguiendo el criterio de selección establecido para cada idiotipo deseado, frutos en largos, corrugados con diámetros iguales o superiores de 3 cm, con un número de semillas superior a las 60, además de considerar que provinieran de plantas sanas. Dicha selección se dio a partir de la segunda y hasta cuarta cosecha, donde se cosecharon frutos maduros separados individualmente por planta. En cada cosecha se tomaron cuatro de los mejores frutos por planta de los cuales se extrajo la semilla de las plantas seleccionadas. Las semillas de cada planta fueron secadas y conservadas individualmente a una temperatura de 1°C. Terminadas las cosechas y con las semillas ya secas de cada planta, se formó un compuesto balanceado para el ciclo de selección siguiente.

La variedad en cuestión, es una variedad experimental que fue sometida a un proceso más avanzado de selección y evaluación final. Durante el proceso de selección las plantas fueron sometidas a un manejo agronómico típico de la región. Los capsaicinoides fueron extraídos por el método de Collins *et al.*, (1995). La identificación de capsaicina y dihidrocapsaicina se hizo con un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC). El análisis de la información fue mediante estadística descriptiva.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos mostraron una variedad de chile Xcat ik con potencial para la producción en la península de Yucatán. La descripción morfológica de la planta (Cuadro 1), contribuye a un mayor conocimiento como recurso genético y sirve de base para trabajos de investigación incluido el de mejoramiento genético. Las características de la variedad criolla típica sembrada en la región con ventajas productivas. Destacan su periodo productivo comportándose como semiperenne, con frutos de buena calidad; consistencia del pericarpio, buen tamaño del fruto por su longitud y diámetro, con buena vida de anaquel, y un sabor muy apreciado en las comidas peninsulares, apreciado en parte por su capsaicinoides. La variedad experimental CPX-CCC1 produjo frutos de tamaño promedio de 16.34 cm, longitud superior al promedio de 11 cm. Además, esta variedad presentó frutos con un diámetro promedio de 4.19 cm superando a los 3 cm usuales de los chiles Xcat ik producidos normalmente, lo que le confiere ventajas para en la cocina, como el poder guisarlos rellenos como suele hacerse tradicionalmente con los chiles anchos (Figura 1).

Cuadro 1. Características de la variedad experimental de la variedad de chile Xcat ik CPX-CCC1

Característica	Descripción	Característica	Descripción
Ciclo		Período de fructificación	Mas de 90 días
Color del hipocótilo	verde	Forma del fruto	elongado
Pubescencia del hipocótilo	Escasa	Color fruto Inmaduro	Verde
Antocianinas en el nudo	ausente	Color fruto maduro	rojo
Largo de las hojas (cm)	9.27 ± 0.40	Largo del fruto (cm)	16.34 +/- 1.33
Ancho de las hojas (cm)	4.47 ± 0.21	Ancho del fruto (cm)	4.19 +/- 0.43
Longitud del tallo (cm)	82.16 ± 8.5	Tipo de epidermis del fruto	semirrugosa
Diámetro del tallo (mm)	23.7	Longitud de la placenta	>1/2 de la longitud del fruto
Densidad de las hojas	denso	Cuajado del fruto	alto
Forma de la hoja	oval		
Margen de la hoja	ondulada	Peso del fruto (promedio de 10 frutos) g	62.75 +/- 11.68
Pubescencia de la hoja	media	Espesor de la pared del fruto (mm)	3.29 +/- 0.12
Flores por axila	1 a 2	Rendimiento (t/ha)	40.2 +/-
Color de la flor	blanca	Capsicinoides	
Posición de la flor	pendiente	Capsaicina mg/g de MS	524.5 ± 7.
Forma de la flor	redonda	Dihidrocapsaicina mg/g de MS	242.9 ± 12.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco



Figura 1. Aspecto de la planta en la etapa de fructificación y frutos maduros de la variedad experimental CPX-CCC1.

Los resultados hallados de la caracterización morfológica son similares a los hallados por Santamaría-Basulto *et al.*, (2024), con las respectivas diferencias en los valores de las características de la planta explicado por la variación de los materiales criollos hallados en la península de Yucatán. El rendimiento experimental obtenido para la variedad experimental CPX- CCC1 de 40.2 t ha^{-1} supera los reportados para siembra locales con un promedio de 11 t ha^{-1} en sistemas a cielo abierto y de 15.9 a 20 t ha^{-1} en sistemas de agricultura protegida (SIAP, 2020). El potencial productivo de la variedad experimental es atribuido al largo periodo productivo y las condiciones agronómicas de evaluación, así como a la tolerancia a la virosis transmitida por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

En cuanto a la concentración de capsaicinoides es necesario considerar que la diversidad genética en las variedades locales de chile tiene una dinámica propia en los sistemas tradicionales de cultivo, por lo que la concentración de éstos es muy variable, pudiéndose encontrar variación entre y dentro de un determinado ecotipo. Los resultados hallados resultan promisorios si se considera que en la península de Yucatán no hay disponibilidad de variedades criollas de chile Xcat ik (Ríos Urcelay, 2016), los materiales criollos presentan variación en los caracteres como largo, peso y forma de fruto y tolerancia a la presencia de virosis (Vera Sánchez et al., 2016).

Los logros obtenidos en la presente investigación señalaron la existencia de variedades criollas de chile Xcat ik con potencial productivo en la Península de Yucatán susceptibles de ser sometidas a un programa de mejoramiento genético. En este sentido como un método de mejoramiento está el de selección con sus diferentes modalidades y modificaciones, que en un momento podría dar lugar a la formación de híbridos con adaptación y adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de la región peninsular.

Conclusiones

Por sus características morfológicas como el tamaño de fruto y rendimiento de fruto, además de su comportamiento agronómico, la variedad experimental XCP-CCC1 puede ser considerada como una futura variedad de chile X'catik para ser utilizada por los productores, lo que contribuirá a la mejora en la producción y mayores beneficios económicos para los productores de la península de Yucatán.

Referencias bibliográficas

- IPGRI; AVRDC; CATIE. **Descriptores para Capsicum (Capsicum spp.)**. IPGRI, Roma, Italia. 1995. 51 p.
- Mertz, C., Gancel, A. L., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., & Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of food composition and analysis*, 22(5), 381-387
- Santamaría-Basulto, F., Basto-Pool, C. I., Díaz-Plaza, R., & Zavala-León, M. J. (2024). Catiknifap, new native variety of Xcat ik pepper (*Capsicum annum* L.). *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i10.2715>
- Vera-Sánchez, K. S., Cadena-Iñiguez, J., Latournerie-Moreno, L., Santiaguillo-Hernández, J. F., RodríguezContreras, A., Basurto-Peña, F. A., Castro-Lara, D., Rodríguez-Guzmán, E., López-López, P., & RíosSantos, E. (2016). Conservación y utilización sostenible de las hortalizas nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.
- SIAP (México) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 2025. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Acceso en: 10 de julio 2025.
- Santamaría, B.F., Zavala, L.M.J. 2020. Estados de maduración de chile Xcat ik para la producción de semilla. INIFAP. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochá. Desplegable para productores No. 22.

RIQUEZA DE BIODIVERSIDAD EN FRUTOS DE AGUACATE PRESENTE EN CAMPECHE, MÉXICO

Hernández Pérez Mirna^{*1}, Hernández García Gonzalo¹, Canales Cruz Roberto¹ y Montero Tavera Víctor²
¹INIFAP CE-Edzná, ²INIFAP CE Bajío.

*Autor para correspondencia: hernandez.mirna@inifap.gob.mx

Palabras clave: Diversidad genética, cultivares criollos.

Introducción

El fruto del aguacate en los últimos años ha crecido en demanda, tanto nacional como internacional, con mejores precios que muchos otros cultivos, convirtiéndose en una buena alternativa para los productores; lo cual es una de las razones para que se produzca en 29 estados de la república mexicana y durante el año 2023, fue sembrado en 264,589 ha, generando una producción de 2'973,344 toneladas, con un rendimiento medio de 11.74 t ha⁻¹ (SIAP, 2025). El aguacate posee amplia diversidad genética principalmente de cultivares criollos con excelente calidad de fruto. En Campeche se siembra principalmente de traspatio y con pequeños productores. El SIAP 2025, reporta datos en el 2023 en donde se sembraron 90.5 ha, con una producción de 880.95 toneladas y un rendimiento medio de 11.15 t ha⁻¹, el cual se considera aceptable, al compararlo con la media nacional (11.74 t ha⁻¹). El aguacate se consume principalmente en fresco (95 %), aunque también como guacamole (2.9 %) y como pulpa (1.3 %), (SIAP 2023). Una nueva alternativa de uso que también se le está dando al fruto es la elaboración de aceite, debido al alto contenido de grasas (mayormente, ácido oleico), permitiendo que la industria de cosméticos y productos farmacéuticos impacte en un alto nivel de popularidad y que su comercialización inicie en la competencia junto al aceite de oliva. La diversidad genética del aguacate es una fuente única de genes que pueden utilizarse para el mejoramiento genético de cultivares, o usar esta diversidad en forma estratégica (abriendo nuevas ventanas comerciales, por ejemplo), sin embargo se ha observado una pérdida de esta diversidad, la cual ha sido detectada desde hace más de tres décadas (Ben-Ya'acov et al., 1992) debido a diversos factores como: conversión de tierras (forestales a agricultura y/o ganadería), crecimiento poblacional, enfermedades, sequías, inundaciones, incendios y sobre todo el gusto de la población (variedades más comerciales, como el "Hass" o producción de frutos sin hueso: Gourmet™ y Luna UCR™). **Objetivo.** Determinar la diversidad genética del aguacate en el estado de Campeche, con el fin de identificar los genotipos con mejor calidad y potencial de comercialización.

Materiales y métodos

Durante el año 2022, se realizaron recorridos en los municipios del estado de Campeche: Escárcega, Campeche, Tenabo, Carmen y Candelaria (Figura 1).

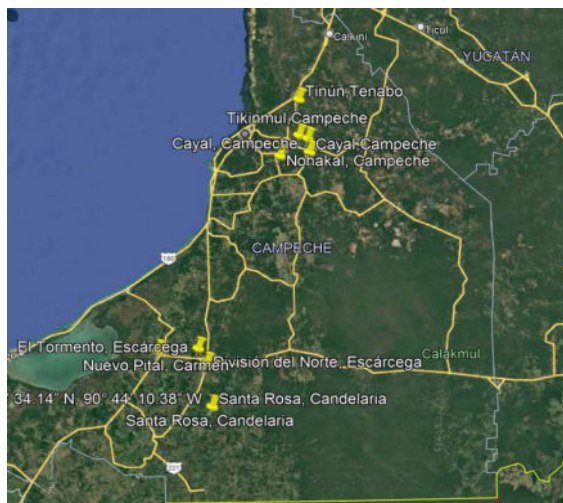


Figura 1. Ubicación de los recorridos en Campeche, donde se realizó la colecta de frutos de aguacates. La finalidad de estos recorridos fue para realizar colectas de frutos de aguacate y de caracterizarlos, siguiendo las reglas de la Unión Internacional para la Protección de Nuevas variedades de Plantas (UPOV por sus siglas en inglés). Los descriptores propuestos incluyen características de hoja, flor, fruto y semilla. Aquí se consideraron principalmente características de árbol, hoja, fruto y pulpa. Hoja: forma de limbo, dimensiones (largo y ancho), forma del borde, ápice, base, nervadura y en algunos casos particulares (olor); fruto: forma, tamaño, (ancho, largo y grueso), color al madurar y peso (Barrientos, et al, 2010).

Resultados y discusión

Fueron localizadas diez accesiones en el estado de Campeche, dos en Escárcega, cuatro en Campeche, una en Tenabo, una en Carmen y dos en Candelaria. En el Cuadro 1, se describe el lugar, coordenadas geográficas, tipo de suelo, descripción de árbol, fruto y pulpa y finalmente el ecotipo, en donde se les denominó cultivares criollos: Mantequilla Buch, Nochebuena, Cuerno, Lagunero, Mantequilla Monstruo, Local Pera, Aguacatillo, Falso Hass, Mantequilla Morado Grande y Mantequilla Morado Chico; principalmente por la forma y aspecto del fruto y de la pulpa.

Cuadro 1. Accesiones localizadas en el estado de Campeche

Lugar	Coord		suelo	Descripción				Temporada cosecha	Ecotipo/ Accesoión
	X	Y		árbol	hoja	fruto	pulpa		
Tikinmul, Campeche	19° 46'01.54"N	90° 13'36.23"W	Luvisol ródico	Grande (18 m de alto), tallo de 30 cm, de diámetro, corteza rugosa color gris fisurada, copa densa.	Ovaladas, grandes (14 x 10 cm), alternas de borde liso con base truncada y ápice acuminado, nervadura radicular.	Grande globoso alargado como un guaje o buch (Maya), mide de 18x8 cm a 21x10 cm y pesa de 632 a 666 gr.	Color verde pálido con textura masosa sabor cremoso y sin fibras.	Fructifica en agosto – septiembre.	Cultivar Mantequilla Buch.
Cayal, Campeche	19° 44'53.05"N	90° 10'38.29"W	Luvisol crómico	Mediano, copa redonda, bifurcado con tallo de color café claro, un poco rugoso,	Lanceoladas a ovaladas (11 x 6 cm), ápice apiculado, base aguda, poco ondulado, nervadura penninervia	Ovalado no muy grande (semejante al Hass pero liso, no rugoso); de sabor agradable no dulce.	Color verde pálido, con espesor de menos de 1.0 cm, sin fibras	Fructifica de julio agosto septiembre.	Cultivar Nochebuena



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Nohakal, Campeche	19° 39' 23.34" N	90° 20' 07.71" W	Luvisol ródico	Alto (más de 15 m), tallo recto (6 m), bifurcado, corteza medio rugosa color café claro, de copa redonda, presenta lenticelas en brotes,	Lanceoladas, borde liso, ápice apiculado, base redonda, con posición perpendicular al brote y de longitud de 13 a 7 cm de ancho por 7.0 cm de largo, con peciolo de 2 cm.	Mediano de 15 x 7 cm de diámetro, posición del pedicelo ligeramente oblicuo, conspiculado con lenticelas, con cuello, color verde y en forma de cuerno.	Color verde claro, sabor cremoso. Con adherencia intermedia de la cáscara a la pulpa, sin fibras.	El fruto madura de agosto a septiembre.	Cultivar Cuerno.
Cayal, Campeche	19° 40' 26.79" N	90° 10' 11.63" W	Luvisol ródico	Mediano (8 a 10 m de alto), tallo color café claro, bifurcado	Medianas (10.7 x 5.4 cm), simétricas, ápice apiculado, de borde liso, de base obtusa	Mediano (16.5 x 13.5 cm de largo y ancho), con peso de 237 g, con cáscara delgada de color verde brillante,	Color verde tierno, sabor crema, suave, medio dulce poco aguanoso, sin fibras.	Fructifica de julio a agosto.	Cultivar Lagunero
Tinún, Tenabo	19° 57' 53.16" N	90° 13' 28.31" W	Luvisol crómico	Pequeño (6 metros de alto), tallo de color café claro, con corteza medio fisurada con manchas blancas,	Grandes alternas de color verde, borde liso, de base obtusa y ápice apiculado.	Grande, en forma de globo, con peso de más de un kilogramo.	Color verde tierno de 2 cm de grosor, cremoso poco dulce. Sin fibras	Fructifica de agosto a septiembre.	Cultivar Mantequilla Monstruo.
Nuevo Pital, Carmen	18° 35' 58.9" N	91° 02' 02.1" W	Luvisol ródico	Mediano (7 a 8 m de alto), tallo de color café claro, bifurcado	Medianas color verde claro de borde liso, ápice acuminado y base redonda.	Mediano ovalado en forma de pera sin cuello. Madura de color verde con cascara desprendible	Color verde claro. Sin fibras.	Fructifica de agosto a septiembre.	Cultivar Local Pera.

Cuadro 1 (continuación). Accesiones localizadas en el estado de Campeche

Lugar	Coord		suelo	Descripción				Temporada cosecha	Ecotipo o Acceso
	X	Y		árbol	hoja	fruto	pulpa		
División del Norte, Escárcega	18° 31' 46.31" N	90° 45' 43.23" W	luvisol ródico	Mediano (10-15 m de alto), tronco de 15-20 cm. color café pardo, con corteza poco fisurada, bifurcado, de copa regular ovalada.	Lanceoladas, olorosas y pequeñas, las dimensiones del limbo son 3 x 2 cm, con borde denticulado, ápice acuminado y base atenuada	Pequeño, de forma medio alargada a medio ovalada, madura color negro, de cáscara lisa delgada	Color verde claro, sabor indefinido con fibras delgadas a lo largo del fruto.	Fructifica en marzo-abril.	Cultivar Aguacatillo
Centro de Transferencia de Tecnología El Tormento, Escárcega,	18° 36' 44.6" N	90° 48' 32.3" W	luvisol ródico	Mediano (8 a 10 m de alto), de tallo color café claro, de corteza media agrietada, copa redonda	Medianas (8 X 5 cm), color verde medio pálido, con ápice acuminado, borde liso medio ondulado, con base atenuada.	Redondo, con cáscara medio áspera, con semilla redonda grande,	Color verde tierno de 0.8 mm a 1 cm de espesor, consistencia masosa, de buen sabor, sin fibras.	Fructifica de agosto a septiembre.	Cultivar Falso Hass.
Santa Rosa, Candelaria	18° 17' 40.94" N	90° 44' 21.94" W		Alto (más de 15 m), tallo medio torcido, bifurcado, con corteza medio rugosa de color café claro, de copa irregular, presenta lenticelas en brotes,	Lanceoladas, de borde liso, ápice apiculado con base redonda, posición de hoja perpendicular al brote, longitud de hoja media 11 x 6 cm, ancho 8 cm, longitud de peciolo medio 2 cm.	Mediano de 16 x 8 cm de diámetro, en forma de cuerno, sin cuello. Madura de color rojizo, posición del pedicelo ligeramente oblicuo, conspiculado con lenticelas.	Color verde claro cremoso, adherencia intermedia de la cáscara a la pulpa, sin fibras	La época de maduración del fruto es de agosto a septiembre.	Cultivar Mantequilla Morado Grande.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Santa Rosa, Candelaria	18° 17' 34.14" N	90° 44' 10.38" W	Alto (más de 13 m), tallo torcido, bifurcado, con corteza medio rugosa de color café claro, copa irregular, presenta lenticelas en brotes,	Lanceoladas, borde liso, ápice apiculado y base redonda, posición de hoja perpendicular al brote, longitud de hoja media de 5 a 6 cm, ancho de 8 cm, longitud de peciolo medio de 2 cm, de forma	Mediano de 5.5 a 6 cm, diámetro, madura de color morado, posición del pedicelo ligeramente oblicuo, conspiculado con lenticelas,	Color verde claro, cremoso, con adherencia intermedia de la cáscara a la pulpa y sin fibras	La época de fruto maduro es de agosto a septiembre.	Cultivar Mantequilla Morado Chico.

En los recorridos fueron observados frutos de diferentes formas y tonalidades; se presenta un aguacate que madura en tonalidad rojiza y de forma ovalada (Mantequilla Morado Grande), localizado en la comunidad de Santa Rosa, municipio de Candelaria, Campeche (Figura 2).



Figura 2. Cultivar Mantequilla Morado Grande, localizado en Tikinmul, Campeche. También se muestra unos aguacates en forma de guaje o buch (Mantequilla Buch), el cual madura en verde, localizado en el ejido Tikimul Campeche (Figura 3).



Figura 3. Cultivar Mantequilla Buch localizado en Tikinmul, Campeche.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Conclusiones

La caracterización fenotípica del árbol, fruto y pulpa de aguacate es muy importante, para poder identificar y seleccionar diferentes ecotipos.

La semilla de estos frutos puede conservarse para futuros incrementos del número de árboles y también para futuras comercializaciones de frutos de alta calidad y de origen conocido; esto permite ofrecer al mercado frutos de calidad homogénea en las diferentes temporadas, al cosecharse individuos selectos con características sobresalientes y con manejo agronómico para evitar cruzamientos no deseados.

Adicionalmente la certeza del origen de los frutos permite ordenar la distribución y comercialización del aguacate en el estado de Quintana Roo, ya que por el momento el mercado se encuentra orientado principalmente al aguacate Hass.

En los recorridos se observó amplia variación morfológica y diversidad genética, que serían muy útiles para establecer un sólido programa de mejoramiento genético.

Bibliografía consultada.

- 1) Barrientos P., A. F.; J. C. Reyes Alemán; J. J. Aguilar Melchor. 2010. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Aguacate. SAGARPA-SNICS. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 136 p.
- 2) Ben-Ya'acov, A.; Bufler, G.; Barrientos-Priego, A. F.; De La Cruz-Torres, E.; López-López, L. 1992. A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. I. General description of the international Project and its findings. In Proceedings of the second World Avocado congress (Vol. 2, pp. 535-541).
- 3) SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2023. Panorama Agroalimentario 2023. Agricultura, SIAP. Ed. 2023. 215 pp. México, Ciudad de México.
- 4) SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2025. Sistema de información agroalimentaria de consulta. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

PREDICCIÓN DE HOJAS TOTALES Y APROVECHABLES DE *Sabal japa* Wright. ex Becc. (GUANO) EN EL EJIDO 20 DE NOVIEMBRE, CAMPECHE, MÉXICO

Xavier García-Cuevas^{1*}, Gerardo Lagunes-Rodríguez², Luis Poot-Chan³, Secundino Torres-Lamas¹,
Jonathan Hernández-Ramos⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Chetumal. Xul-ha, Quintana Roo.

²Tecnológico de México. Instituto Tecnológico de Chetumal. Chetumal, Quintana Roo.

³Prestador de Servicios Técnicos Forestales. Director de la oficina de gestión de proyectos y programas en COFAM A.C. San Francisco de Campeche, Campeche

⁴INIFAP-Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato.

*Autor para correspondencia: garcia.xavier@inifap.gob.mx

Palabras clave: Palma de guanos, relaciones alométricas, producción de hojas.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Artículo 7, Fracción XLIX de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018 y la reforma de abril de 2024, los recursos forestales no maderables, son la parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal y susceptible de aprovechamiento o uso (DOF, 2024).

La palma de guano (*Sabal japa* Wright. ex Becc.) es un recurso forestal no maderable que tiene múltiples usos en las comunidades rurales y las zonas turísticas de la Península de Yucatán, ya que se utiliza para cubrir techos de las casas y palapas en las zonas de playa, elaboración de artesanías, sombreros, cestos y otros utensilios (Jiménez *et al.*, 2016). También se puede usar el palmito de la parte tierna como comestible, entre otros usos.

De acuerdo al Artículo 32 del Reglamento de la LGDFS vigente, las materias primas y productos forestales no maderables deberán expresarse en metros cúbicos, litros, kilogramos o piezas (DOF, 2020).

En las zonas tropicales, son pocos los esfuerzos realizados para dotar a los técnicos forestales de herramientas cuantitativas que permitan estimar el número de hojas de guano, posibles de cosechar en un predio forestal. Dada la importancia que lo anterior reviste, existe la necesidad de elaborar metodologías para estimar la producción de hojas de palma de guano, por lo que el objetivo de este trabajo es generar ecuaciones para predecir la producción de hojas de palma de *Sabal japa* Wright. ex Becc. (guano) en bosques naturales del ejido 20 de noviembre, Campeche.

Lo anterior contribuirá a la planeación, administración y aprovechamiento sostenible de este recurso natural no maderable en zonas tropicales del estado y en general de la Península de Yucatán, además, apoyar a la gestión forestal a través de la cualificación confiable de los recursos existentes para una elaboración de programas de manejo forestal con mayor precisión.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región de Calakmul, a 203 metros de altitud, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación entre 1000 y 1300 mm anuales, temperatura media anual de 25°C. Los suelos son Litosoles, Regosoles, Rendzinas, Gleysoles y Vertisoles, donde abundan las selvas medianas subperennifolias. Se realizó un muestreo en 230 sitios de 500 m² y se recolectaron datos de 1015 ejemplares individuales de palmas de guano, midiendo el diámetro del tocón a nivel del suelo (cm), diámetro normal (cm) y altura total (m), número de hojas totales y aprovechables (grandes, en forma de abanico, color verde intenso y peciolo largos) contabilizadas desde la base y en una muestra de 183 hojas aprovechables se determinó su peso verde (kg) para poder estimar volúmenes de cosecha. Se



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

determinaron los estadísticos básicos para verificar la tendencia de la distribución de los datos, donde la asimetría y curtosis se deben ubicar entre 3 y -3 desviaciones estándar (Martínez *et al.*, 2014).

Para predecir el número de hojas totales y aprovechables en función del diámetro del tocón y la altura total, se ajustaron los modelos alométrico, Spurr y Schumacher (Kiviste *et al.*, 2002) con SAS 9.0 ® y PROC NLIM y el método Gauss (Con derivadas) (SAS Institute Inc, 2015). La selección del mejor modelo se hizo con base en el coeficiente de terminación (R^2), el cuadrado medio del error (CME) la raíz del error medio cuadrático (REMC) y la distribución de residuales. Se verificó la normalidad de los errores con la prueba de Shapiro-Wilk (W), la heterocedasticidad con la prueba de White y para evitar aumento de la varianza a mayor diámetro del tocón, se utilizó una regresión ponderada $1/d^2$. la autocorrelación con el indicador de Durbin Watson y el error de predicción con el sesgo promedio ($\bar{E}$) y la diferencia agregada (DA%).

Cuadro 1. Modelos ajustados para predecir hojas de *Sabal japa* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

Modelo	Expresión	Ecuación
Alométrico	$yh = \beta_1 dt^2 + \varepsilon$	[9]
Spurr	$y = \beta_0 (dt^2 at)^{\beta_2} + \varepsilon$	[10]
Schumacher-Hall	$y = \beta_0 dt^{\beta_1} at^{\beta_2} + \varepsilon$	[12]

Donde: y=Variable dependiente (hojas totales y aprovechables), dt=diámetro del tocón (cm), at=altura total (m), β 's=parámetros a ser estimados por regresión, ε =término de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se observan los estadísticos básicos para diámetro normal, altura y peso se observa tendencia a la normal, mientras que para el diámetro del tocón la curtosis es leptocúrtica (curtosis mayor a 0) y la asimetría es positiva, que indica una distribución normal con valores extremos positivos. Las variables de interés presentan variación entre el 15 y 49%.

Cuadro 2. Estadísticos básicos de variables medidas de *Sabal japa* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

Estadístico	dt (cm)	d (cm)	at (m)	htot	haprov	Phaprov (kg)
Media	18.1	12.8	7.2	10.5	6.8	0.841
Desviación estándar	5.0	2.4	4.0	3.6	3.4	0.130
Varianza	24.7	5.5	15.8	12.7	11.3	0.017
Coeficiente de variación	27.5	18.4	55.3	33.9	49.2	15.416
Curtosis	-0.1	2.9	-0.8	0.5	0.4	-0.361
Coeficiente de asimetría	0.1	0.9	0.8	0.7	0.8	0.025
Mínimo	7.0	8.6	2.5	4.0	1.0	0.500
Máximo	35.0	25.0	19.0	25.0	20.0	1.250

Donde: dt=Diámetro del tocón (cm), d=diámetro normal (cm), At=altura total (m), htot=hojas totales por planta, haprov=hojas aprovechables por planta, Phaprov=peso promedio por hojas aprovechables.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

En las figuras 1 y 2 se observa una buena tendencia de la dispersión de 1015 pares de datos de hojas totales y aprovechables observadas en función de las variables diámetro del tocón y altura total, donde presentan tendencias bien definidas en función de esas variables.

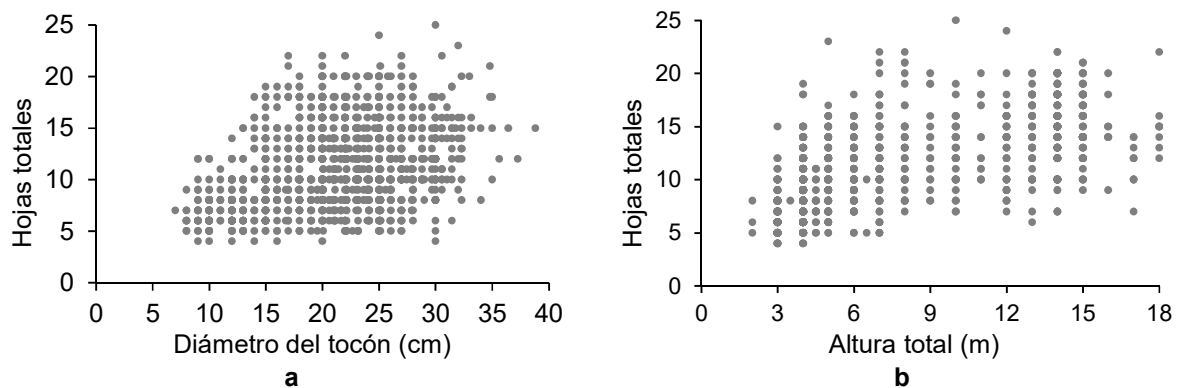


Figura 1. Comportamiento gráfico de hojas totales (a) en función del diámetro normal (a) y altura total (b) para *Sabal japa* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

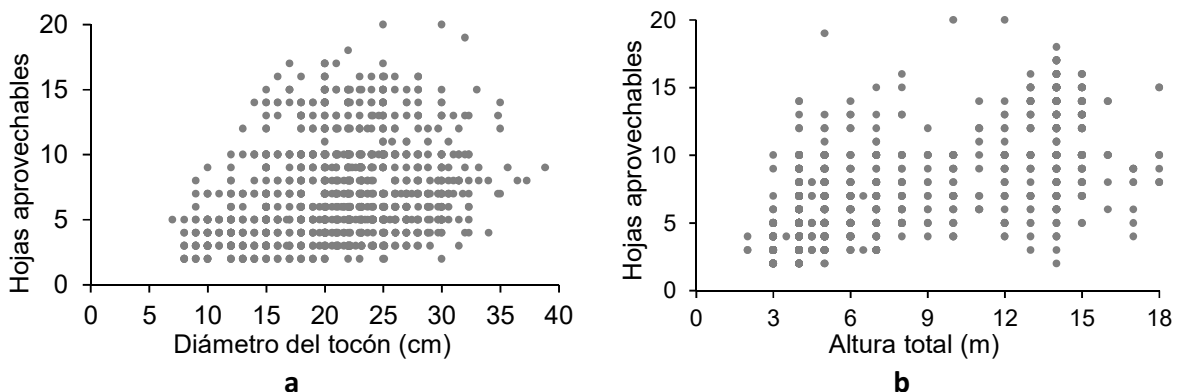


Figura 2. Comportamiento gráfico de hojas aprovechables (a) en función del diámetro normal (a) y altura total (b) para *Sabal japa* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

A diferencia de lo obtenido por Tamarit *et al.*, (2025), quienes ajustaron el modelo alométrico para estimar el peso verde de componentes de *Brahea dulcis*, incluyendo hojas, obtuvieron para el mejor sistema de ecuaciones un $R^2_{adj}=0.6919$ y $RCME=0.8793$ kg para el peso verde total, en este trabajo, en los análisis de varianza se determinó que la ecuación tipo Schumacher minimiza el CME (8.91 y 6.54), la RCME (2.82 y 2.55) para hojas totales y hojas aprovechables, respectivamente y maximiza el R^2 (0.94 y 0.89), por lo que, los modelos son altamente significativos, así como sus parámetros ($p < 0.0001$), por lo que estas ecuaciones son válidas para predecir el número de hojas totales y aprovechables en función del diámetro del tocón y la altura total (Cuadros 3). El indicador de Durbin-Watson ($DW=1.55$ y 1.39) indican que no hay alta autocorrelación entre las variables. La dispersión de residuales no presenta tendencias indeseables y se distribuye de forma homocedástica alrededor de cero en ambos casos (Figuras 3) y se corrobora con la prueba de White (97.59 y 105.50, $Pr > ChiSq < .0001$).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 3. Análisis de varianza para predecir número de hojas totales y aprovechables en función del diámetro del tocón y altura total para *Sabal japonica* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

Variables	Modelo	gl	RCME	R ² _{adj}	Parámetro	Estimación	Li	LS
Hojas totales	Alométrico	1380	3.66	0.90	β ₀	2.4984	2.0380	2.9589
					β ₁	0.4929	0.4329	0.5528
	Spurr	1380	2.98	0.93	β ₀	1.3212	1.1400	1.5025
					β ₁	0.2670	0.2504	0.2835
	Schumacher	1379	2.82	0.94	β ₀	2.2815	1.9401	2.6228
					β ₁	0.2732	0.2230	0.3235
β ₂					0.3904	0.3656	0.4153	
Hojas aprovechables	Alométrico	1379	3.39	0.81	β ₀	1.2647	0.9177	0.4791
					β ₁	1.2647	0.4791	0.6569
	Spurr	1379	2.78	0.87	β ₀	0.3776	0.2955	0.4597
					β ₁	0.3657	0.3398	0.3915
	Schumacher	1378	2.55	0.89	β ₀	1.0504	0.8169	1.2839
					β ₁	0.2510	0.1778	0.3243
β ₂					0.5828	0.5470	0.6185	

Donde: gl=Grados de libertad, CME=cuadrado medio del error, R²=coeficiente de determinación, Li=límite inferior, LS=límite superior.

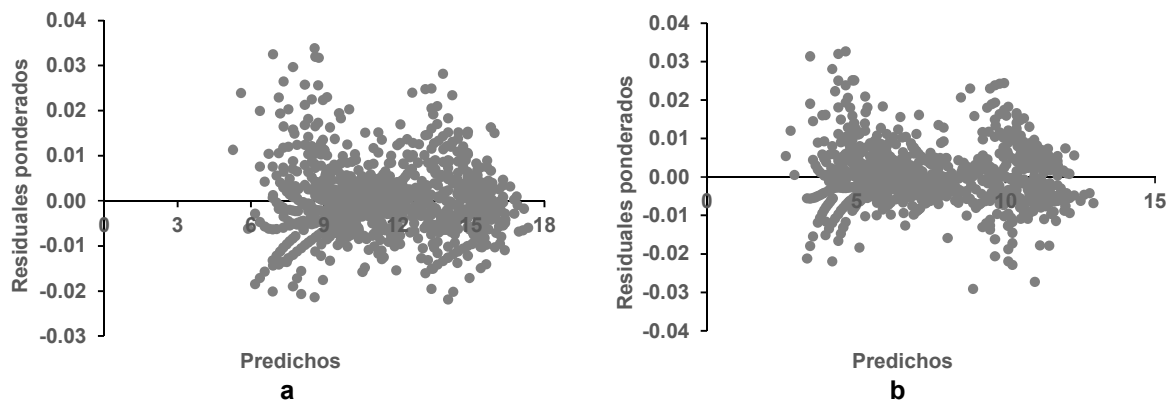


Figura 3. Distribución de residuales ponderados para hojas totales (a) y aprovechables (b) de *Sabal japonica* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

Al verificar los supuestos de regresión de las expresiones obtenidas, se puede observar en ambos casos una tendencia normal en la frecuencia de los residuales, ya que sus porcentajes se asemejan una campana de Gauss (Figuras 4a y 4c), mientras que, los residuales acumulados se comportan como una línea recta respecto de la normal (Figura 4b a 4d), por lo cual, y aunado a los indicadores de bondad estadística en el ajuste, puede considerarse aceptable el ajuste de la ecuación seleccionada. Lo anterior se comprueba ya que la prueba de Shapiro Wilk en ambos casos es cercana a 1 ($W=0.98$ y 0.97 , $Pr<W=<0.0001$).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

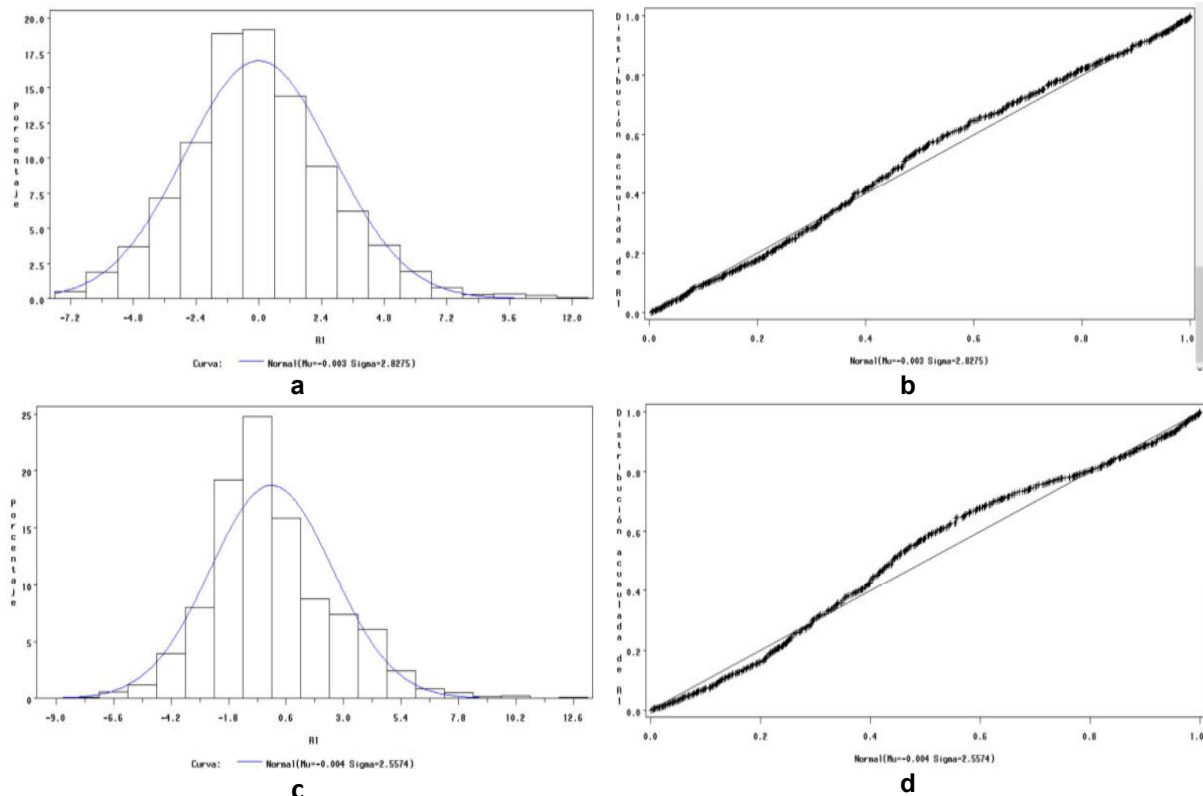


Figura 4. Distribución de residuales en porcentaje (a) y acumulados (b) para hojas totales y (c y d) para hojas aprovechables de *Sabal japa* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

Las ecuaciones obtenidas para estimar el número de hojas de palma de guano son:

$$htot = 2.2815 * (dt^{0.2732}) * (at^{0.3904})$$

$$haprov = 1.0504 * (dt^{0.2510}) * (at^{0.5828})$$

Para estimar el peso expresado en kg de esas hojas aprovechables, se multiplica por un factor de 0.841, que es el promedio estimado por hoja.

$$Phaprov (kg) = 0.841 * (1.0504 * (dt^{0.2510}) * (at^{0.5828}))$$

Por su parte, en la Figura 5 se observa la predicción del número de hojas en función de las variables diámetro del tocón y altura total para hojas totales (5a) y hojas aprovechables (5b).

La capacidad predictiva de los modelos seleccionados mostró un $\bar{E}$ de 0.004 y 0.21 Y DA% de 0.034 y 0.195 para hojas totales hojas aprovechables a nivel de palma individual y para la muestra.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

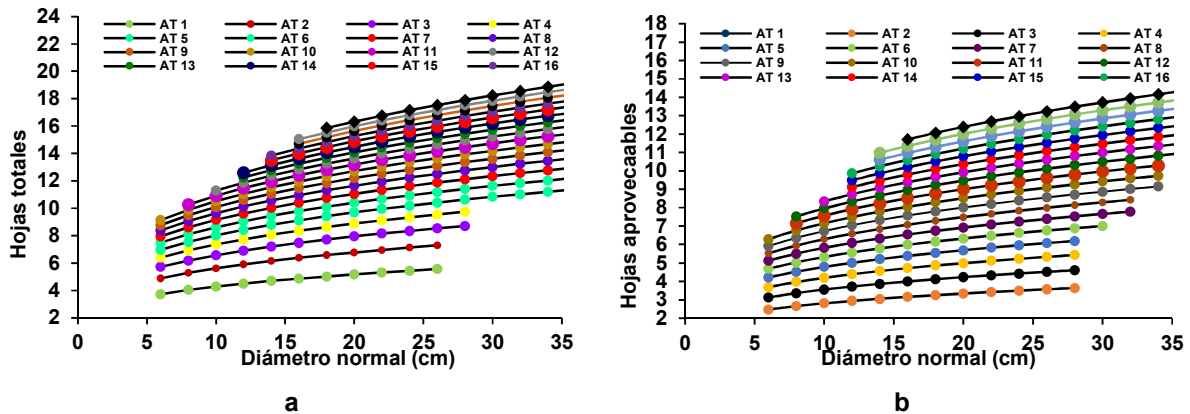


Figura 5. Predicción de hojas totales y aprovechables para palmas de *Sabal japa* en el ejido 20 de noviembre, Campeche.

CONCLUSIONES

El modelo de Schumacher presentó buen ajuste para estimar el número de hojas totales y aprovechables al utilizar como variables independientes al diámetro del tocón y la altura total de *Sabal japa* en Campeche, México.

Esta metodología será útil para estimar con cierto grado de precisión el número de hojas totales y aprovechables de *Sabal japa* con base en variables fáciles de medir en campo, lo cual se aplica en los inventarios forestales y se cumple con la normatividad de acuerdo a la NOM-006-SEMARNAT-1997.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diario Oficial de la Federación. (2024). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 85 p.
- Kiviste, A., J. G., Álvarez, G., Rojo, A. A., & Ruiz G., A. D. (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.
- Jiménez, J., P. Montañez, R. Ruenes, L.M. Calvo, J. Castillo, I.K. Pérez, R. Ortiz, A. Aké, C. Espadas, J. Argáez, González-Iturbe, J.A. y R. Orellana. 2016. Aprovechamiento del huano: un producto forestal no maderable. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Editores: Durán R. y M. Méndez. Centro de Estudios Científicos de Yucatán. Mérida, Yucatán. P 469-471.
- Martínez, G. M. A., Sánchez, V. A., Toledo, A. E. A., & Faulin, F. J. (2014). Bioestadística amigable. 3ª Edición. Elsevier España, S. L. Barcelona, España. 596 p.
- SAS Institute Inc. (2015). SAS/STAT® 14.1 User's Guide. Cary, NC: NC. USA 1028 p.
- Tamarit-Urias, J.C., A. Hernández-Ramos, C. Ordóñez-Prado, J. Hernández-Ramos y E. Enrique Buendía-Rodríguez. 2025. Sistemas de ecuaciones aditivas para inventarios del peso verde de la biomasa aérea de *Brahea dulcis* (Kunth) Mart. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 16(91):46-69.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE LA CAPA ARABLE DE VERTISOLES CULTIVADOS CON LIMÓN Y CANAVALIA COMO CULTIVO DE COBERTURA

Rigoberto Zetina-Lezama^{1*}, Sergio A. Curti-Díaz¹ y Ángel Capetillo-Burela¹
¹Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP

*Autor para correspondencia: zetina.rigoberto@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Compactación, leguminosas, resistencia a la penetración

Introducción

México es uno de los principales países del mundo donde se cultiva limón. Según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en el año 2024 se cultivaron 222,643 hectáreas de este cítrico, distribuidas en 28 estados del país. De dicha superficie, más del 72% se concentra en Michoacán, Veracruz, Oaxaca y Colima. Este cultivo representa una alta relevancia económica y social, reflejada en un valor de producción de 31,201.5 millones de pesos durante ese mismo año.

En las regiones tropicales de México, los productores de limón enfrentan una serie de desafíos agronómicos, entre los cuales destaca el impacto del cambio climático. Las temperaturas elevadas y la reducción de las precipitaciones interfieren con el crecimiento de las plantas, disminuyen la productividad y deterioran la calidad de los frutos. Estas condiciones provocan estrés hídrico, particularmente durante la estación seca. A ello se suma la pérdida de fertilidad física del suelo como una limitante adicional. La capa arable sufre compactación por el paso constante de maquinaria agrícola, vehículos, personas y animales, lo que modifica las propiedades físicas del suelo. Esta compactación reduce la infiltración y la capacidad de retención de agua, y afecta la geometría y la estabilidad del sistema de poros (Behrends Kraemer *et al.*, 2022). Como consecuencia, el desarrollo de las raíces se ve restringido por los altos valores de resistencia a la penetración, lo que limita el crecimiento vegetal.

Ante este panorama, se han explorado estrategias que contribuyan a mejorar las condiciones del suelo. El uso de leguminosas tropicales como *Canavalia ensiformis*, establecidas como cultivos de cobertura, destaca como una alternativa prometedora debido a su sistema radical pivotante. Esta especie mejora las propiedades físicas del suelo, favorece la captación de agua de lluvia y contribuye a conservar su fertilidad (Uhaldegaray *et al.*, 2025). La canavalia se caracteriza por su ciclo vegetativo corto, tolerancia al estrés hídrico, rusticidad, y su capacidad para aportar nitrógeno y materia orgánica. Además, actúa como barrera contra malezas y reduce la erosión hídrica.

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos a corto plazo del establecimiento de *Canavalia ensiformis* como cultivo de cobertura sobre la generación de biomasa y su influencia en los niveles de resistencia a la penetración de la capa arable en un vertisol destinado al cultivo de limón.

Materiales y Métodos

Área de estudio. El estudio se llevó a cabo entre el ciclo OI/2023 y el IP/2024 en una finca de limón persa situada en Cotaxtla, Veracruz, México. Esta ubicación corresponde a las coordenadas geográficas 18° 48' 37" N y 96° 20' 48" W, a una altitud de 61 m. El suelo presente en la zona está clasificado como vertisol, desarrollado bajo condiciones de clima tropical subhúmedo, con una temperatura media anual de 26 °C y una precipitación promedio de 1300 mm.

Especie evaluada y manejo del cultivo. La *canavalia* fue establecida a "espeque o coa" en junio de 2023 e incorporada al momento de la floración en octubre del mismo año. Las semillas se sembraron a 5 cm de profundidad, con espaciamiento de 30 cm entre plantas y 40 cm entre hileras, iniciando a 50 cm del tallo de los árboles. Durante el ciclo fenológico del cultivo, no fue necesario aplicar medidas de control de malezas ni implementar acciones fitosanitarias. Para evitar interferencias mecánicas con los cítricos, se procedió a la eliminación selectiva de guías en floración temprana mediante desrame manual con machete.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cultivo de prueba. Se utilizaron plantas de limón persa injertadas en un patrón volkameriano con una altura promedio de 1.3 m y poco más de 4 meses desde su trasplante al terreno definitivo. Las plantas de limón se establecieron en marco real a una distancia de 7 m entre surcos y 4 m entre plantas, para obtener una densidad de plantación de 357 árboles por hectárea.

Diseño y unidad experimental. Se empleó un diseño de parcelas divididas en arreglo de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Las parcelas principales incluyeron tres tratamientos de manejo de cobertura: (1) *C. ensiformis*, (2) vegetación espontánea con control mecánico, y (3) testigo sin manejo de malezas. Las subparcelas recibieron distintos tratamientos de nutrición, aplicados exclusivamente al cultivo de cítricos. El presente estudio analiza únicamente los resultados obtenidos en las parcelas principales, ocho meses después de la incorporación de *C. ensiformis* al suelo.

Variables medidas. Durante la etapa de floración (octubre de 2023), se cuantificó la producción total de biomasa aérea mediante una báscula electrónica Ohaus con precisión de 0.01 g. Para obtener la muestra, se cortó el material vegetativo al nivel del suelo dentro de un marco de PVC de 0.5 × 0.5 m (0.25 m²); se realizaron tres cortes aleatorios por cada parcela grande. En los tratamientos con manejo tradicional o mecánico, se aplicó el mismo protocolo. Posteriormente se extrajo una muestra compuesta de la biomasa cosechada para determinar su contenido de humedad y estimar el rendimiento de materia seca. Los datos de resistencia a la penetración se obtuvieron en libras por pulgada cuadrada (PSI), a un 80% de la capacidad de campo del suelo en tres puntos de cada parcela grande: en los límites del área de goteo, a un metro de distancia del área de goteo y en el centro de la calle. Las lecturas se tomaron a cada pulgada de profundidad hasta alcanzar, al menos 15 pulgadas de profundidad. Se utilizó un penetrómetro FieldScout SC 900 con precisión de ± 0,5 pulgadas (1,25 cm) de profundidad y ± 15 PSI (103 kPa) de presión.

Análisis estadístico. Los datos biomasa y resistencia a la penetración obtenidos a los 5, 15 y 30 cm de profundidad fueron capturados en una hoja electrónica y analizados en el programa InfoStat. En los casos donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos las medias se separaron mediante método de Fisher a una probabilidad del 0.05%.

Resultados y Discusión

Producción de biomasa. La producción media de biomasa vegetativa, registrada en el momento de la floración e incorporación a la superficie del suelo, fue de 43.4 t/ha en el tratamiento con *Canavalia ensiformis*. Este valor fue estadísticamente superior al obtenido en las parcelas con control mecánico de maleza (20.0 t/ha) y en el tratamiento testigo sin control (17.5 t/ha). De forma concordante, el rendimiento de materia seca también fue significativamente mayor en el tratamiento con *C. ensiformis* (11.2 t/ha), en comparación con el control mecanizado (6.4 t/ha) y el testigo sin control (5.4 t/ha), lo que representa un incremento promedio del 89.8% en la producción de materia seca por hectárea. Cabe destacar que los tratamientos sin inclusión de *C. ensiformis* no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Este elevado aporte de biomasa podría desempeñar un papel relevante en el mejoramiento de las propiedades físicas de la capa arable del suelo, debido a su alto contenido de materia orgánica y macronutrientes potencialmente disponibles para las plantas en el corto plazo.

Resistencia a la penetración. Los valores variaron de 2.8 a 249.5 PSI, con promedio ligeramente más bajo en la parte lateral de la calle (97.02 PSI) que en la parte central de la misma (115.5 PSI) y el área de goteo (104.97 PSI). Los datos más bajos se registraron en la parte superficial del suelo y los más altos se presentaron en la parte más profunda del perfil (Figura 1 A, B y C).

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las diferentes profundidades de muestreo analizadas. Sin embargo, se observó que, con excepción del área de goteo, donde no hubo presencia de *C. ensiformis*, en la parte lateral y central de la calle, donde sí se desarrollaron las plantas de esta leguminosa, los valores de resistencia a la penetración fueron ligeramente inferiores a los registrados en los tratamientos donde no se sembró canavalia.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

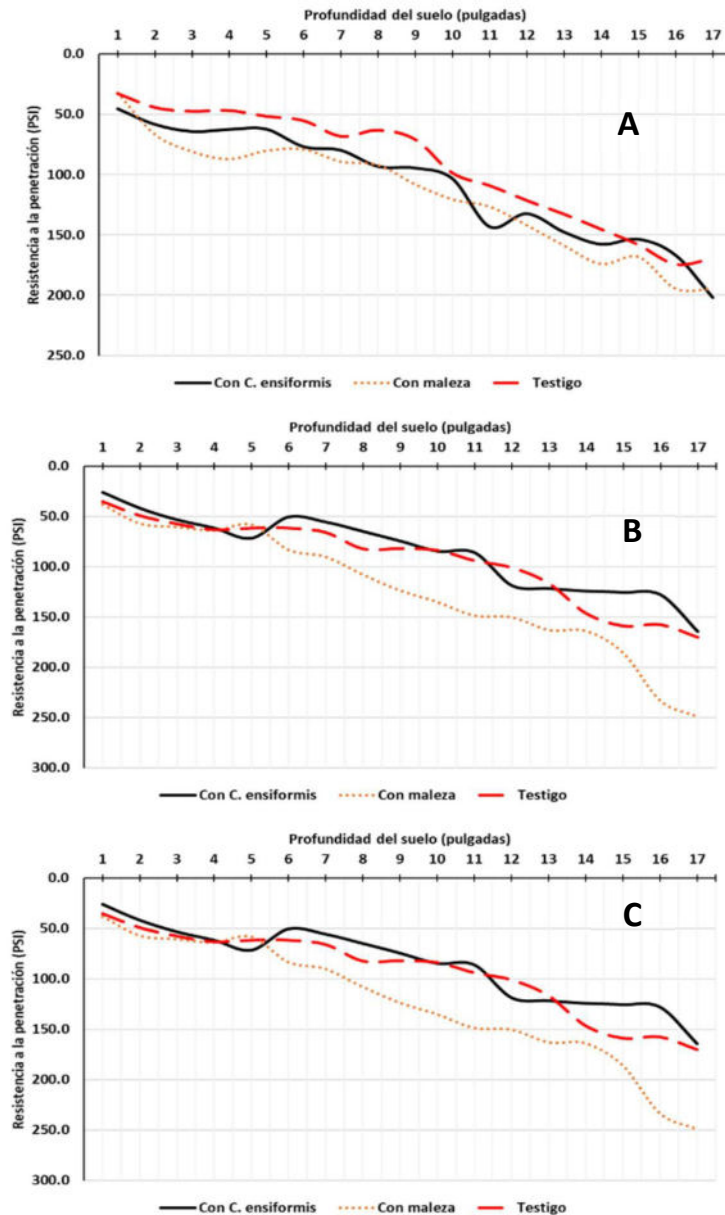


Figura 1. Resistencia a la penetración, de la capa superficial de un vertisol, en el área de goteo (A) y la parte lateral (B) y central (C) de la calle entre hileras de limón cultivado en el centro de Veracruz

valores estadísticamente superiores (89.1 PSI) que los obtenidos en los tratamientos donde se incorporó la canavalia (61.6 PSI).

Los resultados obtenidos en el centro de las calles coinciden con los hallazgos de Townsend et al. (2003), quienes observaron mejoras significativas en la estructura de un latosol amarillo distrófico al establecer *Desmodium ovalifolium* en una pradera degradada de *Brachiaria brizantha* tras ocho años de cultivo en clima tropical húmedo (2,000 mm anuales). En su estudio, la resistencia a la penetración en la capa

Esta tendencia observada puede ser un indicativo del efecto benéfico que esta leguminosa puede ofrecer al desarrollar un sistema radical pivotante y relativamente profundo que impide que la capa superficial del suelo se compacte con el paso del tiempo.

El Cuadro 1 resume los valores de resistencia a la penetración registrados para los tres tratamientos evaluados, tomando como referencia tres sitios de muestreo ubicados entre las hileras de árboles y las calles, y tres profundidades en el perfil de la capa arable (5, 15 y 30 cm).

En la zona de goteo no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a ninguna de las profundidades analizadas. No obstante, se observó una tendencia ascendente en los valores de resistencia conforme aumentó la profundidad del suelo, alcanzando incrementos cercanos al 200%.

En el área lateral de la calle, ubicada a un metro de la zona de goteo, el comportamiento fue similar hasta los 15 cm de profundidad; sin embargo, a los 30 cm, el análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La prueba de comparación de medias reveló que el tratamiento con un control mecánico de la maleza presentó un valor promedio significativamente superior (163.2 PSI) respecto a los tratamientos con canavalia (118.5 PSI) y testigo (121.2 PSI).

Por su parte, los valores obtenidos en el centro de la calle sólo fueron estadísticamente diferentes en los primeros cinco centímetros del perfil, donde las parcelas con un control mecánico de maleza resultaron con



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

superficial (0–15 cm) se redujo de 54 kgf/cm² en el testigo a 39 kgf/cm² con *D. ovalifolium*, lo que confirma el efecto positivo de las leguminosas en el acondicionamiento físico del suelo.

Cuadro 1. Resistencia a la penetración (PSI) en un vertisol cultivado con limón persa, registrada a tres profundidades en el área de goteo, zona lateral y centro de calle, con cobertura vegetal de *Canavalia ensiformis* y control mecánico de maleza.

Tratamiento	Prof. (cm)	Ubicación del muestreo/Resistencia a la penetración (PSI)			Media (PSI)
		Área de goteo	A 1.0 m del área de goteo	Al centro de la calle	
Con <i>C. ensiformis</i>	5	64.0	52.5	61.6 b	59.4
Control mecánico		54.7	60.7	89.1 a	68.2
Sin control de maleza		47.7	57.2	75.0 ab	59.9
Media		55.4	56.8	75.3	62.5
Significancia		NS	NS	*	
CV		39.0	42.8	22.1	
Con <i>C. ensiformis</i>	15	79.7	55.5	71.7	68.9
Control mecánico		89.3	90.3	82.0	87.2
Sin control de maleza		68.3	65.7	78.5	70.8
Media		79.1	70.5	77.4	75.7
Significancia		NS	NS	NS	
CV		36.6	41.0	30.9	
Con <i>C. ensiformis</i>	30	147.3	118.5 b	151.2	132.4
Control mecánico		159.0	163.2 a	153.3	158.5
Sin control de maleza		132.8	121.2 b	176.7	143.6
Media		146.4	134.3	160.4	144.8
Significancia		NS	*	NS	
CV		36.3	25.2	46.1	

Nota: Medias con una letra común en una columna, no son significativamente diferentes ($p > 0.05\%$).

Reis da Silva *et al.* (2012) reportaron resultados similares en zonas laterales sobre un plintisol háplico distrófico (18 % de arcilla; clima B1wA'a'), donde la resistencia a la penetración no varió significativamente en superficie, pero sí en capas profundas. En estas, los suelos con antecedentes de leguminosas mostraron menor compactación. Este efecto puede atribuirse a la acumulación de materia orgánica en superficie y, en profundidad, a la acción de raíces pivotantes como las de *Canavalia ensiformis*, que generan bioporos tras su descomposición, mejorando la porosidad, infiltración y actividad biológica.

En el mediano y largo plazo se espera un mayor impacto positivo de la canavalia sobre algunos indicadores de la fertilidad física del suelo, como el publicado por Nantes *et al.* (2025), realizado en un Oxisol de Selvíria, Brasil, donde tras 30 años de manejo continuo se observó que el uso de abonos verdes con frijol terciopelo, gandul y posteriormente canavalia, combinado con aplicaciones de cal agrícola y yeso, redujo la resistencia a la penetración en un 50 %, la densidad aparente en un 19.47 % y aumentó la humedad gravimétrica en un 11.32 %, confirmando que el manejo sostenido con leguminosas mejora significativamente la estructura y capacidad hídrica del suelo.

En este estudio, el tratamiento con control mecánico de maleza evidenció un aumento significativo en la resistencia a la penetración, posiblemente por el tráfico humano y el uso de maquinaria pesada. En contraste, las parcelas con cobertura de *C. ensiformis* mostraron mejoras en las propiedades físicas del



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

suelo. Estas mejoras fueron evidentes en los primeros centímetros del perfil, donde se acumuló más materia orgánica, y en las zonas de tránsito intenso, donde el efecto estructurante de la cobertura contrarrestó parcialmente la compactación inducida. En conjunto, los resultados sugieren que, en el corto plazo, el uso de *C. ensiformis* como cobertura vegetal y abono verde tiene un efecto incipiente pero positivo sobre la calidad física del suelo en el corto plazo, especialmente en la capa superficial y en áreas con alta perturbación mecánica.

Conclusiones

(1). El uso de *Canavalia ensiformis* como cultivo de cobertura resultó en una producción significativamente mayor de biomasa vegetativa en comparación con los tratamientos de control mecánico de maleza y sin control. La biomasa producida por *C. ensiformis* fue de 43.4 t/ha, lo que representó un incremento del 89.8% en la producción de materia seca por hectárea. Este aumento en la biomasa puede contribuir a mejorar las propiedades físicas del suelo debido a su alto contenido de materia orgánica y macronutrientes disponibles para las plantas en el corto plazo. (2). Aunque no se encontraron diferencias significativas en todos los puntos de muestreo, se observó que en las áreas donde se desarrollaron las plantas de *C. ensiformis*, los valores de resistencia a la penetración fueron ligeramente inferiores en comparación con los tratamientos sin esta leguminosa. Esto sugiere que la biomasa producida por esta leguminosa y el sistema radical pivotante puede ayudar a reducir la compactación del suelo, mejorando su estructura y capacidad de retención de agua situación que, en el mediano plazo puede llegar a reducir significativamente los valores de resistencia a la penetración de la capa arable.

Literatura citada

- Uhaldegaray M. G., R. Fernández, N. Kloster y A. R. Quiroga. 2025. Cultivos de cobertura en sistemas ganaderos: producción de biomasa y efectos sobre el suelo. *Semiárida*, 35(1), 77-86.
- Behrends-Kraemer F., M. Castiglioni, H. Morrás, P. Fernández. and C. Álvarez. 2022. Pores size distribution and pores volume density of Mollisols and Vertisols under different cropping intensity managements with no-tillage. *Geoderma*, 405, 115398.
- Townsend C. R., N. de L. Costa, A. M. Mendes, L. A. Dutra Resende y R. G. de Araujo Pereira. 2003. Resistência à penetração do solo sob pastagens degradadas na Amazônia Ocidental, submetidos a diferentes métodos de introdução de leguminosas forrageiras. *Pasturas tropicales*. 25 (2):36-38.
- Reis da Silva A., L. Lopes da Silva, J. J. Frazão, F. H. Moreira Salgado, M. C. da Silva y V. Correchel. 2012. Resistência mecânica à penetração do solo com diferentes coberturas vegetais sob sistema. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça. 22 (2).
- Nantes L.S., C.d.S.B. Bonini, M. A. Santos, L. da Silva Alves, J. Lourencetti, A. Bonini-Neto, J.A.L. de Souza, G. A. da Silva Lunardelli, M. B. Silva, D. V. Alvares, et al. 2025. Exposed Subsoil Under Recovery for 30 Years: Influence of Management Strategies on Soil Physical Attributes and Organic Matter. *Soil Syst.* 2025, 9, 17. <https://doi.org/10.3390/soilsystems9010017>.

MODIFICACIONES DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA DEL SUELO EN FLUVISOL EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DE LA CHONTALPA

Leidi Flores-Vidal¹, Antonio Trujillo-Narcía^{1*}, María del Carmen Rivera-Cruz², Omar Sarracino-Martínez¹,
Vanessa Concepción-Hernández¹, María Paula Salaya-Zapata¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco.

*Autor de correspondencia: trujillo.narcia@upch.mx

Palabras clave. Compactación, inundación, relleno.

Introducción

El suelo es el medio natural para el crecimiento de las plantas terrestres. La importancia fundamental y vital del suelo es porque sustenta la planta, que a su vez proporciona alimentos, fibras, medicamentos y otras necesidades humanas, y porque filtra el agua y recicla los desechos (Soil Survey Staff, 2022). El crecimiento demográfico, la demanda de alimentos, el cambio de uso del suelo para fines industriales y de urbanización representan factores que repercuten en la conservación de la calidad del suelo. La degradación de la calidad del suelo es causada por diversos procesos antrópicos y naturales. La influencia humana es la principal causa de alteraciones químicas y físicas del suelo. La compactación, el sellado y encostramiento, la destrucción de la estructura y la disminución de la materia orgánica representan aspectos que modifican el flujo del agua dentro del suelo (Porta *et al.*, 2013; Ortiz, 2019), en la infiltración y en la escorrentía del agua. La infiltración es la penetración descendente del agua en el suelo; la capacidad de infiltración del agua es la característica del suelo que determina o describe la velocidad máxima de penetración del agua en condiciones específicas (Weil y Brady, 2017). La acumulación del agua en el suelo cumple funciones importantes en el suelo porque induce humedad requerida para la germinación de la semilla, para el crecimiento vegetal, el transporte de nutrimentos en la planta a través de la absorción desde la raíz, las cuales son condiciones favorables para la fauna y la microflora del suelo. La falta de humedad en el suelo causa alteraciones en los ciclos biogeoquímicos, asimismo induce condiciones desfavorables para plantas y organismos. El objetivo fue identificar y cuantificar las modificaciones de la infiltración básica (Ib) del agua en un Fluvisol con diferentes usos del suelo.

Materiales y método

El estudio se realizó en 20 hectáreas localizadas en la Universidad Popular de la Chontalpa, ubicada a 3.5 km al sur de la ciudad de H. Cárdenas. Fueron seleccionados seis sitios con diferentes usos del suelo (Cuadro 1), se compararon las modificaciones de los valores en función del valor del Fluvisol ocupado por bosque. La velocidad de infiltración se cuantificó mediante la velocidad constante de entrada del agua en el espacio poroso del suelo. La técnica utilizada es la de los dos anillos infiltrómetros concéntricos con lámina de agua (Bouwer, 1986), la prueba se suspendió cuando la cantidad de agua que penetró en el suelo fue constante en tres lecturas consecutivas (Figura 1).

Resultados y discusión

La infiltración del agua en un Fluvisol éutrico fue variable entre los seis sitios evaluados (Cuadro 1 y Figura 2). Las Ib evaluadas en los sitios 1 y 2 corresponden al Fluvisol cultivado con girasol y al ocupado por un bosque de aproximadamente 20 años, bosque alterado por corte de ramas y por efecto de incendio procedente de una plantación comercial de caña de azúcar aledaña, ubicada al este del bosque. La diferencia del valor de la Ib es evidente, en el sitio 1 fue 9.6 cm/h y en el bosque 24 cm/h; la diferencia es 150% entre ambos. La presencia de árboles de hasta 12 m de altura sugiere existencia de galerías o cavernas de raíces descompuestas que originan la mayor capacidad de entrada de agua en el suelo respecto al Fluvisol cultivado con girasol.

Cuadro 1. Sitios de prueba de infiltración básica en suelo con diferentes usos.

Sitio	Coordenadas geográficas	Uso del suelo	Infiltración básica (cm/h)	Observaciones
1	17.9609 LN* -93.3633 LO*	Cultivo experimental de girasol.	9.6	Fluvisol éutrico cultivado.
2	17.9617 LN -93.3610 LO	Bosque de 20 años.	24.0	Fluvisol éutrico. Bosque de 20 años afectado por incendio.
3	17.9619 LN -93.3632 LO	Área deportiva.	54.0	Fluvisol éutrico con relleno superficial de arena de 35 a 43 cm de espesor.
4	17.9602 LN -93.3639 LO	Campo de futbol.	0.6	Fluvisol éutrico compactado por pisoteo y por paso frecuente de tractor con chapeadora.
5	17.9601 LN -93.3671 LO	Área verde.	0.4	Fluvisol éutrico con pasto ornamental.
6	17.9620 LN -93.3610 LO	Terreno erial.	0.0	Fluvisol éutrico compactado por maquinaria pesada durante construcción de presa de recepción de agua residual.

*LN: latitud norte y LO: longitud oeste.





XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Figura 1. Realización de la prueba de infiltración en los sitios 2 (arriba) y 6 (abajo), en Fluvisol con bosque y en terreno erial, respectivamente.

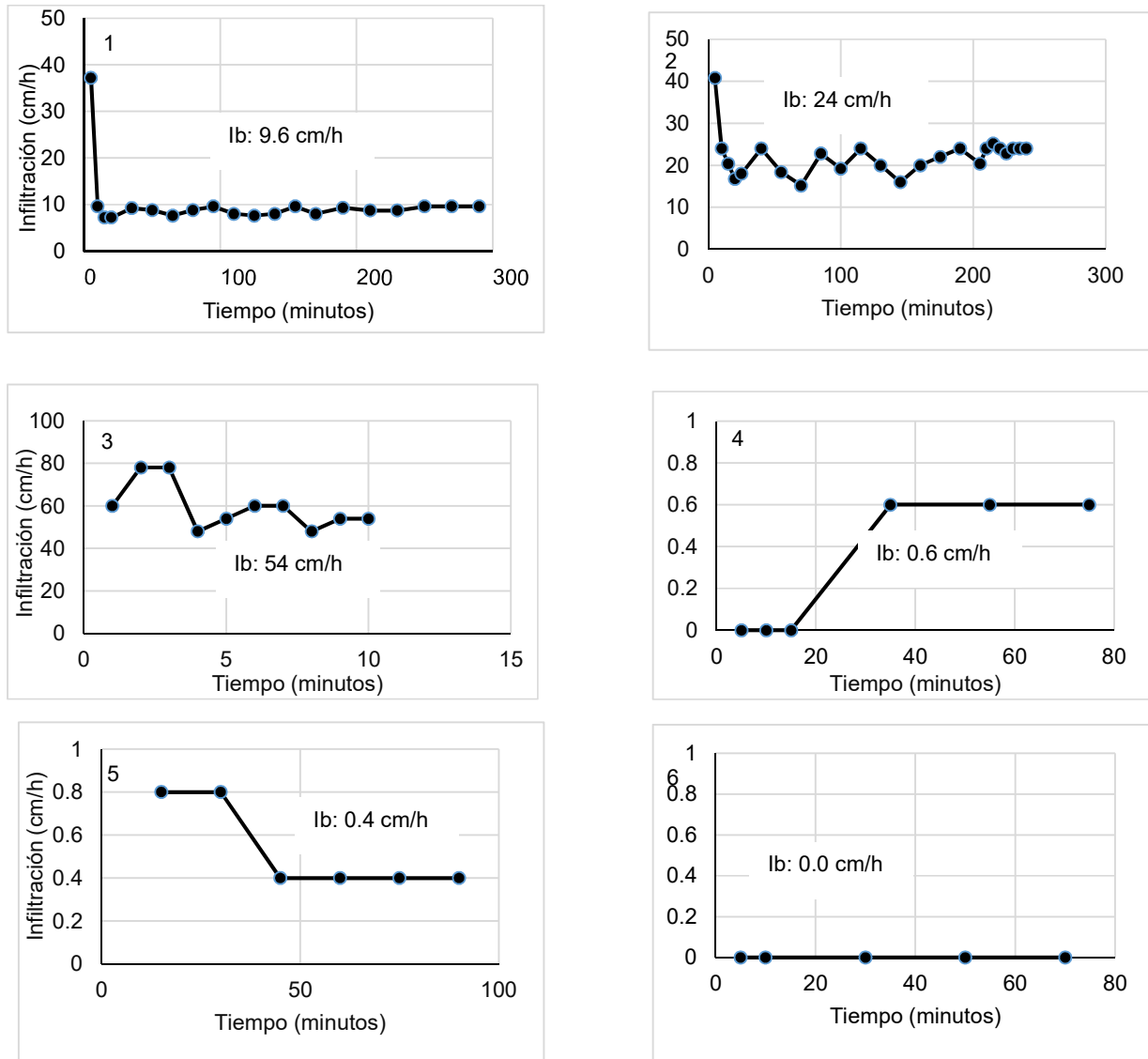


Figura 2. Valores de infiltración básica (Ib) en Fluvisol éutrico con diferentes usos del suelo. 1) Cultivo de girasol, 2) acahual, 3) área deportiva con relleno superficial (35-43 cm profundidad) de arena, 4) campo de futbol soccer, 5) área verde frente al auditorio y 6) terreno erial aledaño al sur de presa receptora de agua residual tratada.

La tendencia de la infiltración del agua fue similar en los sitios 1 y 2. La entrada del agua al minuto 5 registró el valor más alto en ambos sitios, fue 37 y 40 cm/h, respectivamente, causado por saturación del espacio poroso y también de galerías de raíces; al minuto 20 disminuyó a 7.9 y 16.8 cm/h. La entrada constante de la Ib inició al minuto 230 en ambos sitios (Cuadro 1 y Figura 2).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Las modificaciones de la I_b ocurrieron de manera notoria en los sitios evaluados 3, 4, 5 y 6. El sitio 3 corresponde al Fluvisol elevado con relleno de arena con capa de 35 a 43 cm de espesor, la I_b fue evaluada después de saturación previa del suelo. La lectura de la lámina de agua se realizó cada minuto, los datos fueron 60 cm/h al minuto 1, 78 cm en los minutos 2 y 3, finalmente el valor fue 54 cm/h a partir del minuto 9 de la medición. El abundante espacio poroso de la arena explica la alta I_b del suelo, que en términos agronómicos representa muy baja retención de humedad, en consecuencia implica riesgo de sequía para el crecimiento vegetal.

A diferencia de la frecuente recarga del agua en los cilindros en el sitio 3, sucedió lo contrario en los puntos 4, 5 y 6 (Cuadro 1 y Figura 2). La recarga en los cilindros no fue necesaria porque el espacio poroso del suelo es muy bajo causado por la compactación por paso frecuente de maquinaria agrícola en áreas verdes y deportivas, asimismo por la compactación causada por draga durante la construcción de una laguna artificial. La I_b varió de 0.0 a 0.6 cm/h, estos valores son clasificados como infiltración lenta y muy lenta (Ortiz, 2019). Estas condiciones de entrada del agua propician inundaciones cuando suceden lluvias copiosas en cortos periodos de tiempo (Figura 3), la muy lenta infiltración causa daños severos en los cultivos agrícolas.



Figura 3. Inundación causada por lluvias copiosas y retención de agua por caminos elevados. Izquierda, cultivo de maíz el 12 septiembre 2022; derecha, mismo sitio, 10 octubre 2022. Coordenadas geográficas 17.9611 Latitud Norte y -93.3631 Longitud Oeste. Cortesía: Antonio Trujillo-Narcía.

Conclusiones

Las modificaciones físicas del Fluvisol originó degradación de la calidad del suelo causada por compactación del suelo por paso frecuente de maquinaria agrícola y también por compactación de draga mecánica durante la construcción de cuerpo de agua.

La infiltración típica del Fluvisol varió de 9.6 a 24 cm/h. El primer valor correspondió a un suelo cultivado con parcela experimental de girasol, el segundo fue mayor porque el Fluvisol alberga un bosque con árboles de hasta 12 m de altura, con abundante sistema radical y acumulación de hojarasca, ramas y frutos.

La elevación superficial del Fluvisol hasta 43 cm de espesor de arena originó infiltración muy rápida equivalente a 54 cm/h. Esta modificación física induce menor retención de agua, lo cual da la apariencia de periodo de sequía, las plantas mostraron estrés y menor crecimiento.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Agradecimientos

El primer autor agradece a sus compañeros universitarios por la ayuda proporcionada durante el trabajo de campo.

Fuente financiadora

El estudio fue financiado por los autores.

Literatura citada

- Bouwer H. 1986. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. *In*: A. Klute (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd. ed. Agronomy Monograph no. 9 pp. ASA, SSSA, Madison pp. 825-844
- Ortiz S.C.A. 2019. Edafología. La Ciencia del Suelo, Clasificación y Métodos de Estudio. 1a. ed. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México. 399 p.
- Porta J., López-Acevedo M. y Poch R.M. 2013. Edafología. Uso y protección de suelos. 3a. ed. Revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 607 p.
- Soil Survey Staff. 2022. Keys to Soil Taxonomy, 13th ed. USDA Natural Resources Conservation Service. 402 p.
- Weil R.R., and Brady C.N. 2017. The Nature and Properties of Soils. 15th. Ed. Pearson Education Limited. Essex. 1104 p.

PRESENCIA DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EN AGUAS DEL SISTEMA LAGUNAR CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA, MÉXICO

José Rafael Contreras-Hinojosa^{1*}, José Antonio Cueto-Wong², Adán Hernández-Hernández¹, Rafael Guajardo-Panes³, Finlandia Barbosa-Moreno¹

1CIRPAS INIFAP;2CIRNOC INIFAP;3CIRGOC INIFAP

*Autor para correspondencia: contreras.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: DDT, hidrofóbicos, escorrentía

Introducción

Las lagunas costeras se formaron al terminar la era de hielo como resultado de la elevación del nivel del mar durante el Holoceno y Pleistoceno. Estas abarcan el 13% de la línea costera del mundo, desde los trópicos hasta las regiones polares y son áreas de relativa baja profundidad, que están completamente o parcialmente separadas del mar por una barrera de arena, implementada arriba del nivel de la marea alta (pleamar). Por lo general, están orientadas paralelas a la costa y la salinidad puede variar, desde la de un lago costero de agua dulce hasta una laguna hipersalina, dependiendo del balance hidrológico. Las aguas de las lagunas costeras por lo general tienen una alta productividad primaria por la actividad fotosintética de organismos autótrofos (plantas, algas, bacterias) capaces de transformar el CO₂ en materia orgánica, de la cual, en parte se deriva la productividad o producción secundaria de los organismos que habitan en esos cuerpos de agua, como peces, moluscos y artrópodos. La línea costera de México es de 11,122 km, de la cual, el 70% está expuesta al Océano Pacífico. Las “Lagunas de Chacahua” se encuentran incluidas dentro de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, en el sitio RAMSAR 1819, que cubre 17,424 ha y se ubican en el Océano Pacífico dentro de un Área Natural Protegida, perteneciente al municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo. El sistema lagunar está integrado por dos grandes cuerpos de agua llamadas Laguna Chacahua y Laguna Pastoría, esta última dominante en tamaño y donde convergen las aguas de los ríos San Francisco y Chacalapa (Figura 1).



Figura 1.- El sistema lagunar



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

En todo el contorno de estas se encuentra vegetación, principalmente de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), la cual funciona como una barrera protectora del efecto de huracanes. En un tiempo, cada laguna tenía una conexión con el mar, sin embargo, actualmente solo la conexión a la laguna Chacahua se encuentra abierta. Como gran cuerpo de agua, se percibe el efecto de la marea por causa de la rotación de la tierra y los efectos de la luna y el sol. Un análisis de los mareogramas de la Estación Mareográfica en Puerto Escondido, Oax. del mes de octubre del 2024, indican que hay dos mareas altas y dos bajas, su tipo es Semidiurna Mixta, con una amplitud aproximada de 80-1.20 y 55-85 cm para los períodos altos y bajos, respectivamente, en un ciclo de 24.83 horas, que se considera un día lunar, lo que permite clasificarla como micromareal. Aparte de las aguas del mar, las aguas de las lagunas durante el período de lluvias son alimentadas por los escurrimientos generados por los ríos Chacalapa y San Francisco y concluyendo ese, prácticamente los ríos se secan. Los estuarios de estos ríos son humedales, con distintos tipos de vegetación, con marismas y pantanos, que se encuentran sujetos a fluctuaciones de la marea y al encuentro y mezcla de agua fresca de los ríos con agua salada del mar. Las lagunas costeras, entre otras cosas, funcionan como una trampa natural de materiales que transportan los ríos y el mar, algunos visibles en forma física, como el sedimento y material orgánico e inorgánicos que flota, así como en solución, como los detergentes, pesticidas y metales pesados, entre otros. La sedimentación de estos materiales con limos y arcillas se concentra en áreas inactivas dentro de las lagunas donde se minimizan las fuentes de energía, como son las mareas, las olas y las corrientes. Considerando los obstáculos por las marismas, la entrada de sedimentos a las lagunas puede ser por el material que se mueve en un flujo de dos fases (levantamiento del fondo y suspensión), así como aquellos que una vez suspendidos, descansan en la suspensión durante el transporte completo. Dentro del material que viene en solución o adheridos a partículas orgánicas e inorgánicas, entre otros, se encuentran los pesticidas, clasificados con base en el tipo de plaga que combaten, así tenemos fungicidas, alguicidas, herbicidas, insecticidas, nematocidas y molusquicidas, los cuales por lo general se refieren a productos sintetizados químicamente (Stenersen, 2004). En el cuerpo humano los pesticidas pueden ser metabolizados, excretados, almacenados o bioacumulados en la grasa corporal y los daños se asocian a problemas dermatológicos, neurológicos, cancerígenos, reproductivos, genéticos, cardiovasculares, respiratorios, endocrinos y gastrointestinales. Cabe indicar que algunos son pesticidas hidrofóbicos, tienden a ser sorbidos por las partículas de materia en suspensión y ser retenidos en el fondo de los sistemas acuáticos por sedimentación. Por efecto de la materia orgánica disuelta (partículas $< 0.45 \mu\text{m}$) se considera que hay un incremento en solubilización de los pesticidas por disipación, además de un incremento en su degradación por el co-metabolismo microbiano al incrementarse por la presencia de materia orgánica más fácilmente biodegradable. Los pesticidas se agrupan por familias químicas (Stenersen, 2004) y dentro de estas tenemos a los organoclorados, organofosforados, carbamatos, sales inorgánicas y piretroides, entre otros. En el caso de los insecticidas, por lo general son de uso agrícola, eliminan plagas y llegan al suelo en forma directa o por escurrimiento desde las hojas y tallos. En forma colateral, los insecticidas afectan a otros organismos, incluidos los seres humanos y en el suelo, los insecticidas se degradan y se transforman en otros productos, que pueden ser iguales o más tóxicos que el insecticida original, mientras que en su degradación participan reacciones químicas de fotólisis, hidrólisis, oxidación y reducción, así como reacciones microbianas.

Como su nombre lo indica, los insecticidas organoclorados se encuentran integrados principalmente por átomos de cloro insertados en distintas posiciones en los anillos de carbono e hidrógeno, su modo de acción es afectar el sistema nervioso, tienen la ventaja de su persistencia, de tal modo, que controlan plagas durante un mayor período de tiempo. Tienden a ser hidrofóbicos y se encuentran presentes a muy bajos niveles en la columna de agua, además son persistentes debido a que son resistentes a la degradación abiótica y microbial en agua y sedimento y al metabolismo de organismos acuáticos y terrestres. Tienden sus residuos a ser acumulados en algunos animales al final de la cadena alimenticia y a pesar de estar prohibidos, aún se encuentran residuos en suelos y aguas y sus efectos aún persisten, su presencia en mujeres se ha detectado en leche materna, en hombres adultos se relacionan con el cáncer de pecho y prostate, así como con la enfermedad de Parkinson, sobre todo, el epóxido de heptacloro. En animales, en la cadena alimenticia, la presencia de estos pesticidas en aves depredadoras promueve el



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

adelgazamiento de la cascara de los huevos y esto incide en su rompimiento y por lo tanto, reducción en los nacimientos.

Estos pesticidas son catalogados como sustancias peligrosas prioritarias, siendo el Endrin el más peligroso por tener una Dosis Letal 50 (DL_{50}) de 3 mg kg^{-1} , mientras que para el Diclorodifeniltricloroetano (DDT) es de 87 (Pinto *et al.*, 2016), siendo este el más representativo de los insecticidas organoclorados, ya que es el insecticida que más vidas ha salvado por el control efectivo de enfermedades transmitidas al humano por insectos vectores (Stenersen, 2004) y por su impacto en este rubro, a su descubridor se le entregó el Premio Nobel de Medicina. Su efectividad se enmarca en el caso de Ceylan, donde en 1948 se reportaron 2.8 millones de casos de Malaria y para 1964 se habían reportado solo 30 casos. En México este pesticida se empezó a utilizar desde los años 40's en la fumigación de hogares contra insectos vectores y al igual que otros, también en actividades agrícolas y se eliminaron del mercado totalmente en el 2011. Debido a que en la zona urbana, así como en el ganado y cultivos en las cuencas de ambos ríos se aplicaron insecticidas organoclorados, se consideró conveniente realizar un muestreo en las aguas con el fin de detectar la presencia de este tipo de pesticidas en la columna de agua.

Materiales y Métodos

Los análisis de las aguas se realizaron por un laboratorio registrado en la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) con base en los métodos de análisis químicos propuestos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 1996). Estos insecticidas fueron Aldrin, Alfa-BHC, Beta-BHC, Clorotalonil, Clordano, DDT, 4,4-DDD, 4,4-DDE, Dieldrin, Endosulfan, Endosulfan sulfato, Lindano, Heptacloro, Heptacloro époxido, Hexaclorobenceno, Metoxicloro y Mirex. De estos pesticidas, el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) mediante la Convención de Estocolmo propuso eliminarlos, mientras que el DDT tiene restricción de uso a nivel mundial, sin embargo, aún se utiliza para combatir los vectores que transmiten la Malaria y la Leishmaniasis, en regiones tropicales de Asia y África. En el agua de las lagunas se delimitaron cuadrantes para tratar de hacer los muestreos equidistantes y debido a que la laguna Pastoría es de mayor tamaño, en esta se muestreó un mayor número de sitios y todos estos análisis fueron realizados en dos campañas en los años 2017 y 2018 (Figura 2). Las muestras se tomaron con la botella Niskin, durante su traslado al laboratorio se almacenaron en hielo para su análisis inmediato.

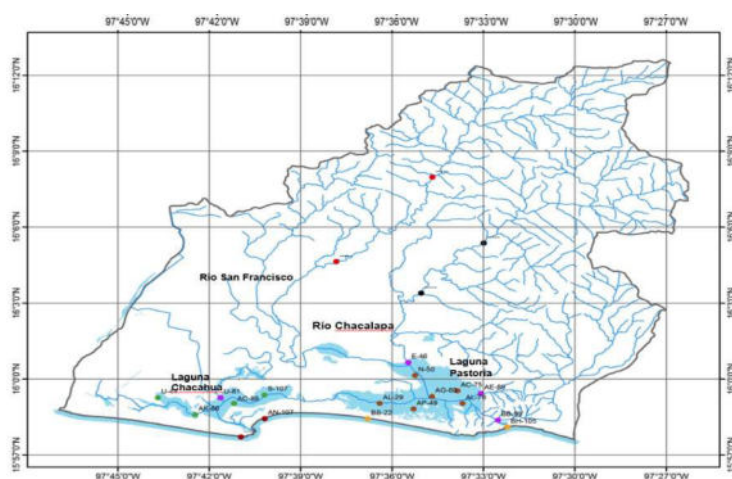


Figura 2.- Puntos de muestreo.

Resultados y Discusión

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los resultados de los muestreos realizados; donde, en primera instancia, se observa que hay presencia de estos pesticidas organoclorados en ambas lagunas, a pesar que algunos se dejaron de utilizar hace más de 40 años.

Cuadro 1.- Contenido de insecticidas en agua (ng/L). 24/10/2017.

	Punto de muestreo y posición				
	CHA-U81** Superficial	PAS-E46* Superficial	PAS-BB99* Superficial	PAS-AE89* Superficial	PAS-AE89* Fondo
Aldrín	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058
Heptacloro	0.5053	0.5053	0.5053	0.5053	0.5053
Heptacloro epóxido	0.5056	0.5056	0.5056	0.5056	0.5056
Lindano	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058
Clordano	53	53	53	53	53
Metoxicloro	0.5050	0.5050	0.5050	0.5050	0.5050
4,4-DDD	0.5063	0.5063	0.5063	0.5063	0.5063
4,4-DDE	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058
D.D.T.	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058
Dieldrín	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058
alfa-BHC	0.5058	0.5066	0.5066	0.5066	0.5066
beta-BHC	0.5050	0.5050	0.5050	0.5050	0.5050
Endosulfán II	0.5050	0.5050	0.5050	0.5050	0.5050
Endosulfán sulfato	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058	0.5058
Hexaclorobenceno	0.5405	0.5405	0.5405	0.5405	0.5405
Endrín cetona	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Clorotalonil	0.5376	0.5376	0.5376	0.5376	0.5376
Mirex	0.8282	0.8282	0.8282	0.8282	0.8282

*PAS: Laguna Pastoría. **CHA: Laguna Chacahua.

Cuadro 2.- Contenido de insecticidas en agua (ng/L). 16/01/2018.

Insecticida	Punto de muestreo y posición		
	CHA-U81** Superficial	PAS-BB99* Superficial	PAS-E46* Superficial
Aldrín	0.5058	0.5058	0.5058
Heptacloro	0.5053	0.5053	0.5053
Heptacloro epóxido	0.5056	0.5056	0.5056
Lindano	0.5058	0.5058	0.5058
Clordano	53	53	53
Metoxicloro	0.5050	0.5050	0.5050
4,4-DDD	0.5063	0.5063	0.5063
4,4-DDE	0.05058	0.05058	0.05058
D.D.T.	0.05058	0.05058	0.05058
Dieldrín	0.5058	0.5058	0.5066
alfa-BHC	0.5066	0.5066	0.5066
beta-BHC	0.5050	0.5050	0.5050
Endosulfán II	0.5050	0.5050	0.5050
Endosulfán sulfato	0.5058	0.5058	0.5058
Hexaclorobenceno	0.5405	0.5405	0.5405
Endrín cetona	0.50	0.50	0.50



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Clorotalonil	0.5376	0.5376	0.5376
Mirex	0.8282	0.8282	0.8282

*PAS: Laguna Pastoría. **CHA: Laguna Chacahua.

En las dos etapas de muestreo, el mayor valor de concentración correspondió al Clordano con 53 ng/L mientras que el contenido del metabolito 4,4-DDD fue mayor que el pesticida original (DDT). Estos valores de concentración se consideran bajos comparados con los resultados de otros estudios, así, Vazquez Botello *et al.* (2020) resumen resultados de presencia de insecticidas organoclorados en sedimentos de tres lagunas costeras del Golfo de México, encontrando valores mínimos y máximos de 0.18 y 36.2 ng g⁻¹, respectivamente. Zhou *et al.* (2000) al muestrear la presencia de pesticidas organoclorados en aguas en una bahía en China, encontraron concentraciones que oscilaron de 6.6 a 32.6 ng/L e indican que las concentraciones en aguas de los poros es de uno o dos órdenes mayor que en aguas superficiales, lo que indica que dichos contaminantes prefieren permanecer en el sedimento que en el agua, además de que las concentraciones de estos pesticidas disminuyen con la salinidad. En el caso del agua potable para uso doméstico, la Norma Oficial Mexicana para el DDT indica un límite permisible de 1.0 mg/L, mientras que para el Clordano es de 0.30 mg/L, pero esto no aplica para el caso de las lagunas, ya que el agua es salobre y lo indicado es que no contengan estos ni otros contaminantes. Este tipo de estudios se deben complementar, de este modo, Dueri *et al.* (2008) indican que es recomendable realizar el diagnóstico de presencia de pesticidas a distintas profundidades de la columna de agua y sugieren se debe adicionar el muestreo en el sedimento y en el agua intersticial.

Conclusiones

Derivado de los análisis a muestras de agua de las lagunas, los resultados indican la presencia de pesticidas organoclorados, tanto de los que se han utilizado en forma directa en actividades domésticas como agrícolas, así como de sus metabolitos, en el caso del DDT y del Endosulfan. Se presume que estos pesticidas fueron a parar a las aguas de las lagunas por escorrentía de las partes altas de las cuencas, motivo por el cual se deben de reducir al máximo los movimientos de masas de suelo y vegetación para reducir el riesgo de entrada de esos y otros pesticidas a los cuerpos de agua y en el mejor de los casos, controlar las entradas puntuales y difusas de escorrentía.

Bibliografía

Dueri, S., J. Castro-Jiménez and José-Manuel Zaldívar C. 2008. On the use of the partitioning approach to derive Environmental Quality Standards (EQS) for persistent organic pollutants (POPs) in sediments: A review of existing data. *Science of the Total Environment* 403: 23-33. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.05.016

EPA. 1996. Method 8081A. Organochlorine pesticides by gas chromatography. 44 p. <https://www.epa.gov/media/assets/8081A.pdf>

Stenersen, J. 2004. Chemical Pesticides. Mode of Action and Toxicology. CRC Press. 274 p.

Vazquez Botello, A., G. de la Lanza Espino, S. Villanueva Fragoso and G. Ponce Velez. 2020. Pollution Issues in Coastal Lagoons in the Gulf of Mexico. In: Manning, A.J. (ed.). *Lagoon Environments Around the World - A Scientific Perspective*. Intechopen. pp: 1-20. DOI: 10.5772/intechopen.86537

Zhou, J.L., H. Hong, Z. Zhang, K. Maskaoui and W. Chen. 2000. Multi-phase distribution of organic micropollutants in Xiamen Harbour, China. *Water Resources* 34(7): 2132-2150.

Agradecimiento



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Al INIFAP y al fondo CONAGUA-CONACYT por el apoyo en el financiamiento al proyecto “Caracterización biofísica y estudio hidrodinámico y transporte de sedimentos a nivel de cuenca del complejo lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca”



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

NODULACIÓN Y VIABILIDAD BACTERIANA EN *Crotalaria incana* DURANTE PERIODOS DE SEQUÍA Y LLUVIA EN FLUVISOL EN EL ESTADO DE TABASCO

Paula Salaya-Zapata¹, Antonio Trujillo-Narcía^{1*}, María del Carmen Rivera-Cruz², Omar Sarracino-Martínez¹, Leidi Flores-Vidal¹, Vanessa Concepción-Hernández¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco.

*Autor de correspondencia: trujillo.narcia@upch.mx

Palabras clave. Leg-hemoglobina, nódulo, viabilidad.

Introducción

La familia botánica Leguminosae o Fabaceae es importante desde el punto de vista ecológico porque realiza la fijación simbiótica de nitrógeno, además es planta hospedera y fuente alimenticia de la fauna silvestre. La importancia agrícola es porque aporta granos básicos, forrajes y fruta para la alimentación humana y para la ganadería (Cano y Marroquín, 1994). La Familia Leguminosae agrupa alrededor de 727 géneros y 19,325 especies distribuidas en la mayoría de los hábitats de la Tierra. El género *Crotalaria* pertenece a la Subfamilia Faboideae, conocida también como Papilonoideae (Rzedowski *et al.*, 2016).

Las leguminosas interaccionan con un grupo reducido de bacterias que fijan el N atmosférico que penetra en el espacio poroso del suelo. La fijación biológica del nitrógeno es el proceso químico, en presencia de bacterias de vida libre, que reduce N₂ a NH₄ dentro de estructuras denominadas nódulos adheridos a la raíz. Estudios realizados en el 15% del total de las leguminosas indican que cerca del 90% poseen nódulos radicales (Weil y Brady, 2017; Madigan *et al.*, 2022). Los microorganismos responsables de la fijación de N en raíces de leguminosas son las bacterias *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (Weil y Brady, 2017). Todos los rizobios son bacterias aerobias que sobreviven en el suelo, como saprófitas hasta que pueden infectar el pelo radical, por ahí la planta absorbe la mayor parte de nutrimentos y agua. Al momento de la infección el pelo radical adquiere forma curvada, sigue el enrollamiento de la raíz causado por moléculas secretadas por la bacteria (Slaughter, 2021; Madigan *et al.*, 2022). La siguiente etapa es la formación de nueva estructura denominada nódulo.

El nódulo es un cuerpo en forma de tumor que crece adherido en las raíces, contiene bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno molecular (Weil y Brady, 2017; Madigan *et al.*, 2022). La importancia del conocimiento de la estructura y función del nódulo permite explicar los beneficios dentro del ecosistema, en la fertilidad del suelo, en la agricultura, en estudios ambientales y en la conservación de la calidad del suelo y del agua subterránea. Las leguminosas prescinden de fertilizante nitrogenado comercial, esto contribuye en el ahorro económico, además reducen los efectos contaminantes del arrastre de los fertilizantes nitrogenados por el agua de lluvia. Por otro lado, la fijación del nitrógeno en los nódulos de las raíces se ha estimado que aporta la cuarta parte del N₂ fijado durante el año en nuestro planeta (Madigan *et al.*, 2022). El presente estudio es un aporte básico del conocimiento de la nodulación y la viabilidad del nódulo en plantas de *Crotalaria incana*, establecida en un Fluvisol éutrico en ambiente tropical cálido y húmedo. El objetivo fue conocer los procesos de nodulación y viabilidad bacteriana en la leguminosa *Crotalaria incana*.

Materiales y método

El experimento se realizó durante marzo a septiembre en la Universidad Popular de la Chontalpa, ubicada a 3.5 km al sur de la ciudad de H. Cárdenas. La ubicación geográfica (Figuras 1d, 1e) del sitio experimental es 17.9598 Latitud Norte y -93.3639 Longitud Oeste (Google Maps, 19 octubre 2024). El estudio se organizó en tres etapas secuenciales: etapa I, trabajo en campo; etapa II, trabajo en laboratorio, y etapa III fue el análisis estadístico de los datos. Se utilizó diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y arreglo factorial. Los factores fueron tres: tiempo (mes), calidad del nódulo (sano o necrótico) y viabilidad (presencia/ ausencia de leg-hemoglobina). **Trabajo en campo.** Se establecieron charolas con semilla para



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

la formación del almácigo (Figuras 1a, 1b y 1c), después se preparó el terreno para el establecimiento de las parcelas experimentales, la unidad experimental fue de 5 x 5 m (25 m²). Las plántulas se establecieron a un metro de distancia (Figura 1d). Se realizó irrigación con manguera (Figura 1d) durante el periodo de sequía (marzo a mayo) y de canícula (julio y agosto). El control de plagas y malezas se realizó de manera manual, no se aplicó herbicida ni insecticida para evitar daños potenciales a la planta y al nódulo. La colecta de tres plantas se realizó el último día de cada mes, para ello se extrajo un núcleo de suelo de 0.5x0.5 m y 0.3 m de profundidad (Figura 1e), el tallo de la planta quedó en la parte central del núcleo. Se realizó la colecta manual de los nódulos (Figura 1f), se lavaron con agua de llave, después se introdujeron en frasco de vidrio estéril de 0.25 L de capacidad, con agua estéril. La preservación del nódulo en campo fue en hielera con hielo (Figura 1f). Los nódulos se transportaron al Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental en Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco, ahí los frascos se introdujeron a refrigeración a 4 °C.

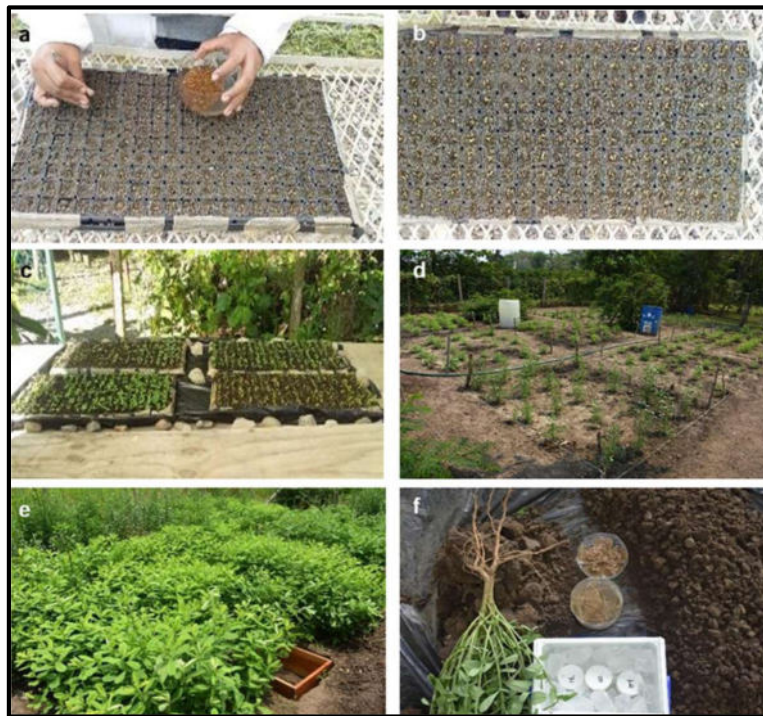


Figura 1. Actividades realizadas en campo. a) Siembra de semilla, b) emergencia de plántula, c) plántulas en crecimiento, d) plantas en sitio experimental, e) momento de cosecha, se aprecia cajón de madera de 0.5 x 0.5 m de área (0.25 m²) por 0.3 m de profundidad (0.075 m³) y, f) colecta, lavado y preservación de nódulos en hielera con hielo. Cortesía: Antonio Trujillo-Narcía.

Trabajo en laboratorio. Los nódulos de cada repetición se contaron en la primera semana de cada mes. Se realizó con bisturí corte longitudinal de 100 nódulos de cada repetición/mes, se observó la presencia de color anaranjado o rojo, es la evidencia de la presencia de leg-hemoglobina, esto indicó la presencia de bacteria. La necrosis del nódulo se observó por el color oscuro del nódulo, desde pequeñas áreas oscuras visibles en forma de puntos hasta color negro que cubrió todo el nódulo. **Análisis estadístico de los datos.** Se realizó el análisis estadístico con el programa Statistical Analysis System. Se calcularon los valores de medias, desviaciones estándares y el análisis de varianza del total de nódulos/mes, viables/ no viables y necróticos/ no necróticos. Se utilizó prueba de Tukey con $p \leq 0.05$.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Resultados y discusión

Los resultados mensuales de cantidades totales de nódulos, de la condición sanitaria y de la viabilidad de los nódulos (Cuadro 1) muestran medias con diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 3$). La tendencia mensual de la nodulación mostró medias crecientes de marzo a julio, en cambio de agosto a septiembre la nodulación disminuyó de manera drástica, fue menor 104 veces en septiembre respecto a la cantidad de nódulos colectados durante julio. La mayor cantidad fue 1882 nódulos colectados de plantas extraídas en julio, la menor cantidad sólo 18 nódulos de plantas cosechadas en septiembre (Cuadro 1). La disminución de los nódulos fue originada por varias causas. La primera por la lluvia abundante a partir de agosto que originó saturación del suelo a pesar de la construcción de drenes para el desalojo del agua excedente. El efecto de la saturación del suelo indujo marchitez y muerte de algunas plantas, además fue evidente el incremento de nódulos necrosados, fue mayor 1.5 veces en agosto respecto a julio y aumentó a 1.9 veces en septiembre. La segunda causa de la disminución de nódulos durante el muestreo realizado en agosto, pero aún más en septiembre, fue la dificultad manual para la búsqueda y separación y colecta del nódulo de la raíz. El suelo limo-arcilloso de la capa superficial fue muy pegajoso durante la búsqueda.

Cuadro 1. Evaluación de la nodulación, necrosis y viabilidad de nódulos de la leguminosa *Crotalaria incana* durante 210 días.

Nódulo	Marzo (día 30)	Abril (día 60)	Mayo (día 90)	Junio (día 120)
Totales	447	532	581	915
Necrótico	30 (6.7%)	147 (7.6%)	27 (4.6%)	55 (6.0%)
Sano	417 (93.3%)*	385 (92.4%)*	554 (95.4%)*	860 (93.9%)*
Viable	132 (29.5%)	151 (28.4%)	189 (32.5%)	288 (31.5%)
No viable	315 (70.5%)*	381 (71.6%)*	392 (67.5%)*	627 (68.5%)*

*Valores promedio con diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 3$) entre medias de nódulos totales, nódulos sanos y necróticos, también entre nódulos viables y no viables.

Nódulo	Julio (día 150)	Agosto (día 180)	Septiembre (día 210)
Totales	1882*	554	18
Necrótico	287 (5.5%)	206 (37.2%)	8 (44.4%)
Sano	1591 (94.5%)*	348 (62.8%)*	10 (55.6%)*
Viable	721 (38.3%)	213 (38.4%)	9 (50%)
No viable	1161 (61.9%)*	341 (61.6%)*	9 (50%)

La **sanidad del nódulo** también fue evaluada en cada uno de los siete muestreos de núcleos del suelo, también registró tendencia similar a la cantidad de nódulos totales; es decir, mostró dos comportamientos diferentes. Los datos del periodo marzo a julio varió de 92.4 a 95.4% de nódulos sin daños necróticos, en el periodo de lluvia disminuyó a 62.8% en agosto y 55.6% en septiembre (Cuadro 1). La comparación del promedio de ambos periodos indica que fue 93.9% en los primeros cinco meses del periodo experimental y 59.2% en los meses lluviosos (agosto y septiembre). La disminución promedio fue 58.6% entre ambos periodos. La cantidad de nódulos necrosados por posible actividad microbiana, causante de enfermedades o saprofitos, varió de 4.6 a 7.6% en el periodo de escasas lluvias copiosas, en cambio, durante presencia de lluvia en agosto y septiembre varió de 37.2 a 44.4% (Cuadro 1).

La condición nódulo viable o no viable (Cuadro 1) durante los siete meses mostró tendencia con diferencias estadísticas significativas (Tukey $p \leq 0.05$, $n = 3$). Las etapas del crecimiento y desarrollo del nódulo mostraron 10 formas y tamaños representativos relacionados con la formación y entrada de la bacteria (Figura 2a). Los nódulos iniciaron la infección a partir de la etapa 4. La condición que el nódulo es viable se comprobó por el color anaranjado o rojizo del interior del nódulo (Figura 2b), verificado mediante la observación directa o a través de cortes para la confirmación. Los resultados evidenciaron que la infección



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de bacterias se encontró en el rango 28.4% de los nódulos colectados el día 60 (abril) a 38.4% el día 180 (agosto), el valor promedio fue 33.1 nódulos, la desviación estándar 4.31 nódulos y el coeficiente de variación 13.0%. El conteo efectuado el día 210 (septiembre) sólo fueron 18 nódulos, de los cuales el 50% fueron viables (Cuadro 1). Aquí debe recordarse que el exceso de humedad originó disminución drástica de la cantidad de nódulos totales.

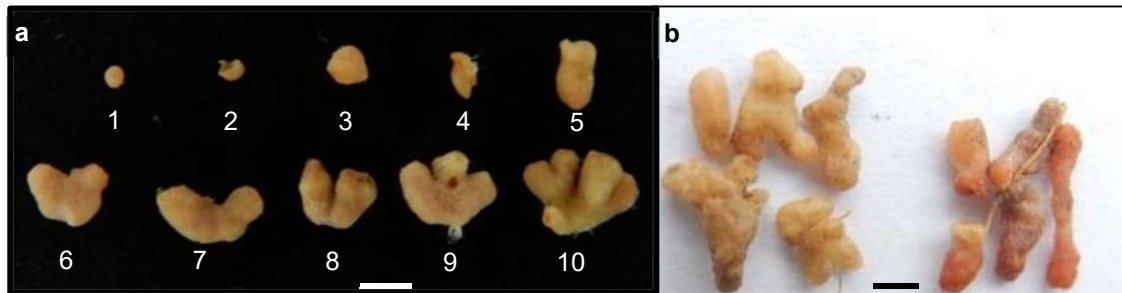


Figura 2. a) Tamaños y formas de nódulos radicales de *Crotalaria incana*, b) Nódulos no viables (izquierda) y viables (derecha). Obsérvese coloración rojiza de la leg-hemoglobina. La línea en ambas fotografías representa 5 mm de longitud. Fotografías cortesía de Antonio Trujillo-Narcía.

Conclusiones

La leguminosa *Crotalaria incana* formó numerosos nódulos en núcleos de Fluvisol de 0.5 x 0.5 m y 0.3 m de profundidad (0.075 m³). La formación de nódulos aumentó a través del tiempo, el día 30 fueron 447 e incrementó a 1882 el día 150, a los cinco meses después de la siembra. La lluvia y el exceso de humedad en suelo originaron disminución hasta de 100 veces menor cantidad de nódulos. La proporción de nódulos sanos (no necróticos) agrupó 56 al 95% del total, disminuyó al aumentar la humedad en el suelo originado por la lluvia. La cantidad de nódulos viables (presencia de color rojo por la leg-hemoglobina) varió de 28 a 50% del total de nódulos. *Crotalaria incana* es una leguminosa con potencial para fijación de N₂ a través de la simbiosis bacteria - raíz.

Agradecimientos

La primer autor agradece a sus compañeros universitarios por la ayuda proporcionada durante el trabajo de campo.

Fuente financiadora

El estudio fue financiado por los autores.

Literatura citada

- Cano y C.G. y Marroquín de la F.J.S. 1994. Taxonomía de las Plantas Superiores. 1a. ed. Editorial Trillas S.A. de C.V. México, D.F. 359 p.
- Madigan M.T., Bender K.S., Buckley D.H., Sattley W.M., and Stahl D.A. 2022. Brock Biology of Microorganisms. 16th. ed. Global edition. Pearson Education Limited. Harlow. 1124 p.
- Rzedowski J., Calderón de R.G., Torres C.L. y Grether R. 2016. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 192. Familia Leguminosae Subfamilia Papilionoideae (*Aeschynomene* - *Diphysa*). Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán, México. 326 p.
- Slaughter L. 2021. Rhizosphere. In: T.J. Gentry, J.J. Fuhrmann, and D.A. Zuberer (Eds.). Principles and Applications of Soil Microbiology. 3th. ed. Elsevier. Amsterdam. pp. 270-301
- Weil R.R., and Brady C.N. 2017. The Nature and Properties of Soils. 15th. ed. Pearson Education Limited. Essex. 1104 p.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

ESTUDIO DE LA FAUNA DE UN FLUVISOL CON DIFERENTES USOS ACTUALES EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DE LA CHONTALPA

Vanessa Concepción-Hernández¹, Antonio Trujillo-Narcía^{1*}, María del Carmen Rivera-Cruz², Isidro Izquierdo Castillo¹, María Paula Salaya-Zapata¹, Leidi Flores-Vidal¹

¹Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco. ²Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco.

*Autor de correspondencia: trujillo.narcia@upch.mx

Palabras clave. Cochinilla, hormiga, lombriz de tierra.

Introducción

La fauna del suelo agrupa diferentes tipos de organismos clasificados de acuerdo al tamaño, según nicho ecológico, en función de las cadenas tróficas, hábitos alimenticios, modo de movimiento, tiempo dentro del suelo y por el tiempo de inactividad. Según el tamaño se clasifican en cuatro grupos: el primero es la microfauna (4-200 µm de largo y menos 100 µm diámetro), mesofauna (0.2-3/4 mm de largo y 0.1-2 mm diámetro), macrofauna (2/4-80 mm de largo y 2-20 mm diámetro) y megafauna (vertebrados y lombrices tropicales grandes) (Gobat *et al.*, 2004; Weil y Brady, 2017; Coleman *et al.*, 2024). La microfauna agrupa protozoarios, flagelados, rotíferos, ciliados, nemátodos, tardígrados y ácaros; la mesofauna incluye nemátodos, ácaros, colémbolos y dipluros; la macrofauna está representada por oliguetos, gastrópodos, artrópodos, diplópodos, quilópodos, arácnidos, insectos (termitas, grillos, grillos topo, escarabajos de tierra, moscas, mosquitos, moscas y hormigas); por último, la megafauna, son animales que viven dentro del suelo y contribuyen de manera directa en la formación y modificación del suelo. La lista incluye conejos, topos, ardillas, ratones, tuzas, perros de pradera y marmotas, realizan excavaciones y construyen galerías que mezcla el suelo superficial y el subyacente (Gobat *et al.*, 2004; Coleman *et al.*, 2024).

La fauna se agrupa en tres niveles dentro del suelo: ingenieros de ecosistemas, transformadores de hojarasca y participantes en microrredes alimentarias. El primer nivel está formado por lombrices de tierra, termitas y hormigas, modifican la estructura física del suelo, influyen en las tasas de flujo de nutrientes y energía. El segundo nivel, microartrópodos, transforma, fragmenta y descompone la hojarasca, mejora la disponibilidad para los microorganismos. El tercer nivel, de los herbívoros y depredadores, consumen directamente bacterias, hongos (herbívoros protistas y nematodos) y microfauna (depredadores nematodos y ácaros) y, por lo tanto, contribuyen significativamente en la red alimentaria del suelo (Coleman *et al.*, 2024).

Los organismos del suelo desempeñan múltiples funciones orientadas a la conservación y la resiliencia del suelo. Las lombrices mezclan y fragmentan el material del suelo, son muy eficientes en el mezclado. La capacidad de ingestión diaria es de hasta 10 veces su peso, de modo que revuelve la materia orgánica y la mineral en su tracto digestivo, excreta una mezcla enriquecida en los turrículos. La excavación de la lombriz forma numerosas galerías, aumenta la porosidad, en consecuencia, mejora la aireación, la permeabilidad y la calidad del suelo (Porta *et al.*, 2013). La importancia de la calidad del suelo es fundamental para su conservación y aprovechamiento para la producción de alimentos vegetales y animales. El conocimiento de la biodiversidad y abundancia de la fauna del suelo representa una herramienta metodológica para la evaluación de la calidad del suelo. La biodiversidad es la variedad de organismos y la abundancia es la cantidad de organismos que habitan en el suelo (Coleman *et al.*, 2024). La conservación sustentable del suelo es una opción que garantiza el aprovechamiento responsable del suelo basado en prácticas productivas inocuas. El objetivo fue evaluar la biodiversidad y abundancia de la fauna del suelo en cuatro usos del suelo en un Fluvisol éutrico.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y método

El estudio se realizó en el área experimental en la Universidad Popular de la Chontalpa, municipio de Cárdenas, Tabasco, ubicada a 3.5 km al sur de la ciudad de H. Cárdenas. El estudio tuvo tres etapas: campo, laboratorio y gabinete (análisis estadístico). El suelo es un Fluvisol éutrico. **Etapas en campo.** Se realizó recorrido preliminar, se identificaron cuatro usos del suelo contrastantes: bosque de 20 años de edad (infiltración básica 24 cm/h), área deportiva con relleno (40 cm) superficial de arena (infiltración básica 54 cm/h), terreno agrícola (cultivo girasol, infiltración básica 9.6 cm/h) y terreno erial (0.6 cm/h). Se extrajeron por triplicado núcleos superficiales (Figura 1a) de 25x25 cm de ancho y largo, respectivamente y 30 cm de profundidad (Anderson e Ingram, 1994). Se buscaron y extrajeron (Figura 1b) los organismos del suelo de los diferentes tamaños, para ello se utilizaron tamices de diferente abertura, lupa y aguja de disección. Los tamices fueron ASTM 140 (abertura 0.105 mm), 70 (0.21 mm) y 60 (0.25 mm) para la separación de los organismos del suelo. La fauna colectada se preservó en alcohol 70% en frasco de vidrio de 0.25 L (Figura 1b). **Etapas en laboratorio.** Conteo y cálculo de la abundancia y diversidad en cada sitio de colecta. Se utilizaron claves taxonómicas para la determinación de la Familia de cada grupo de organismos. La fauna se clasificó según tamaño en microfauna (< 0.2 mm), mesofauna (0.2 a 4 mm) y macrofauna (4 a 80 mm) (Gobat *et al.*, 2004) (Figura 2). Se utilizaron cajas Petri, pinzas, agujas de disección, alcohol, frasco de vidrio de 0.25 L, vernier digital con precisión 0.01 mm, bitácora y cámara fotográfica. **Etapas en gabinete.** Se efectuó el conteo según clase, orden o familia; el análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 2005. Se calcularon los valores de medias y desviación estándar, además se realizó el análisis de varianza (ANOVA).



Figura 1. Colecta de núcleos de suelo (a) y b) búsqueda, colecta y preservación de la fauna en alcohol 70%.



Figura 2. Ordenamiento de la fauna del suelo.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Resultados y discusión

Abundancia de la fauna del suelo. La fauna edáfica en función del uso del suelo registró diferencias estadísticas (Tukey $p \leq 0.05$, $n = 3$) entre medias de organismos colectados en núcleos extraídos en bosque, en área agrícola y en terreno sin uso (erial) (Cuadro 1). El total de organismos edáficos fue mayor en el bosque, el promedio fue 50.33, la desviación estándar (DE) fue 2.08 organismos (Cuadro 1) y el coeficiente de variación (CV) sólo fue 4.13%; en cambio, en el terreno erial disminuyó la media a 19.7 organismos, la DE fue 3.2 y el CV aumentó a 16.34% (Cuadro 1).

Las densidades poblacionales fueron menores en la mesofauna (Cuadro 1) en los cuatro sitios evaluados, la proporción varió de 15 a 17% respecto al total. La macrofauna fue el grupo de organismos más abundantes en los cuatro sitios, la proporción fluctuó del 83 al 85% respecto de la cantidad total. El terreno erial tiene la menor diversidad y densidad de organismo, es un área fumigada con herbicidas para el desmonte, además ha sido rellenada con escombros y con material arenoso. Otro factor es el control de plantas herbáceas con chapeadora mecánica, el paso de maquinaria agrícola causa compactación del suelo, disminuye la acumulación de humedad.

Cuadro 1. Abundancia de la fauna según uso del suelo y tamaño del organismo.

Uso del suelo	Fauna total	Mesofauna	Macrofauna
Bosque	50.33 $\pm$ 2.081*	8.33 $\pm$ 4.16*	42.0 $\pm$ 2.08
Área deportiva	31.0 $\pm$ 9.54	5.33 $\pm$ 3.05	25.66 $\pm$ 7.64*
Terreno agrícola	24.0 $\pm$ 3.605	3.67 $\pm$ 2.52	20.33 $\pm$ 1.53
Terreno erial	19.67 $\pm$ 3.214	3.0 $\pm$ 1.0	16.66 $\pm$ 2.31

*Media y desviación estándar. Tukey $p \leq 0.05$, $n = 3$.

La macrofauna en el bosque fue la comunidad más numerosa (Cuadro 1), esto sugiere condiciones microambientales favorables en cuanto a niveles de humedad, mayor disponibilidad de fuentes vegetales y animales para la nutrición. La densidad de macrofauna tiene bajos niveles de variación en el bosque y en el terreno agrícola, en el primero 4.1% y en el segundo 7.5%; en cambio, aumentó a 29.8% en área deportiva rellenada con arena en los primeros 40 cm superficiales.

Diversidad de la fauna del suelo. La diversidad en el bosque fue la mayor de los cuatro usos del suelo, fueron encontrados 12 tipos diferentes organismos dentro del suelo (Cuadro 2, Figura 3). Fueron colectados un promedio de 10 lombrices en área de 30 x 30 cm y 25 cm de profundidad (0.0225 m³ de suelo), asimismo se encontraron siete cocones, representan la nueva generación de anélidos en el suelo. Se destaca que se colectaron cuatro a siete arañas en el suelo, se desconoce por qué se atraparon dado que pueden desplazarse mediante saltos o en hilos de telaraña. Las abundancias más bajas correspondieron a los nematodos, grillos y avispas, solo se encontró un ejemplar en las tres repeticiones (Figura 3).

Los resultados muestran que el terreno erial tiene menor abundancia y diversidad de organismos (Cuadros 1 y 2). Este uso del suelo no tiene uso agrícola, pero ha sido utilizado para depósito de escombros, además el control de las plantas herbáceas se ha realizado desde hace más de 15 años mediante aplicación de herbicidas, otra actividad que ha repercutido es el paso de maquinaria agrícola que compacta el suelo.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 2. Diversidad de la fauna según uso del suelo.

Nombre común	Nombre técnico	Bosque	Área deportiva	Terreno agrícola	Terreno erial
Araña	Orden Araneae	√*	√	√	x
Cienpies	Clase Chilopoda	√	√	x	x
Miriapodo	Clase Diplopoda	x*	√	x	√
Cochinilla	Orden Isopoda	√	x	√	√
Colémbolo	Clase Collembola	x	x	√	x
Hormiga	Clase Formicidae	√	√	√	√
Lombriz de tierra	Clase Lumbricidae	√	√	√	√
Nemátodo	Filo Nematoda	√	x	x	x
Grillo	Familia Gryllidae	√	x	x	x
Avispa	Orden Diptera	√	x	x	√
Escarabajo	Orden Coleoptera	x	√	√	√
Caracol	Clase Gastropoda	x	x	√	x
Larva	Orden Diptera	√	√	x	x
Larva	Orden Coleoptera	√	√	√	x
Larva	Familia Chrysomelidae	x	x	x	x
Ninfa	Orden Coleoptera	x	x	x	x
Pupa	Orden Coleoptera	√	x	√	x
Cocón	Clase Lumbricidae	√	x	x	√
Diversidad de organismos		12	8	9	7

√*: presencia de fauna, x*: ausencia de fauna.



Figura 3. Fauna del suelo en el bosque.

Conclusiones

El estudio reveló que la pedofauna en el Fluvisol éutrico, localizado en el bosque, fue la más abundante de los cuatro usos evaluados. El promedio de organismos fue 50.33 en 0.0625 m² y en 0.01875 m³. La mayor diversidad fue en el suelo del bosque, se encontraron 12 diferentes grupos de organismos. La macrofauna más abundante fue la lombriz de tierra, se colectaron seis adultos, cuatro juveniles y siete cocones. La mesofauna registró valor medio de 8.33 organismos, más abundantes fueron los isópodos con 4.8 individuos y 1.7 hormigas de promedio.

La fauna en Fluvisol éutrico en suelo erial fue la menor de los cuatro usos del suelo evaluados. La pedofauna total promedio fue 19.67 organismos distribuidos en ocho grupos diversos. Los datos de la mesofauna fueron dos grupos con menos de un organismo de hormiga y de miriápodo; la información de la macrofauna fue mayor, ocho grupos diferentes y 16.66 organismos. La lombriz de tierra y hormiga fueron los más frecuentes con 3.4 y 3.6 individuos, respectivamente.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Agradecimientos

La primer autor agradece a sus compañeros universitarios por la ayuda proporcionada durante el trabajo de campo.

Fuente financiadora

El estudio fue financiado por los autores.

Literatura citada

- Anderson J.M., and Ingram J.S.I. 1994. Tropical Soil Biology. A Handbook of Methods. Second edition. CAB International. Wallingford. 238 p.
- Coleman C.D., Geisen S., and Wall H.D. 2024. Soil fauna: occurrence, biodiversity, and roles in ecosystem function. In: E.A. Paul, and S.D. Frey (Ed.). Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry. Fifth ed. Elsevier Inc. Amsterdam. pp. 131-159
- Gobat J.-M., Aragno M., and Matthey W. 2004. The Living Soil. Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. Science Publishers, Inc. Enfield. Plymouth. 602 p.
- Porta J., López-Acevedo M. y Poch R.M. 2013. Edafología. Uso y protección de suelos. 3a. ed. Revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 607 p.
- Weil R.R., and Brady C.N. 2017. The Nature and Properties of Soils. 15th. Ed. Pearson Education Limited. Essex. 1104 p.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE SILVESTRE *Gossypium laxum* L. LI. Phillips EN EL ESTADO DE GUERRERO

Claudia Pérez Mendoza^{1*}, Ma. del Rosario Tovar Gómez¹, Gabriela Ramírez Ojeda², Quintín Obispo González³

1Campo Experimental Valle de México, 2Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, 3Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero

*Autora de correspondencia: perez.claudia@inifap.gob.mx

Palabras Clave: herbarios, especie endémica, conservación.

Introducción

México es el centro de origen de la especie cultivada de algodón con mayor producción: *Gossypium hirsutum* L. (Ulloa *et al.*, 2013). En el ciclo 2022/23 la producción mundial alcanzó 25,844 miles de toneladas, en donde China, India, Brasil y Estados Unidos concentraron el 72% (SIAP, 2024). En México, la superficie y producción intensiva del cultivo de algodón se concentra principalmente en cuatro entidades sobresaliendo Chihuahua con 74%, Baja California con 8.79%, Tamaulipas con 6.56% y Coahuila con 7.44%, con rendimiento promedio de 4.69 t ha⁻¹ (SIAP, 2024).

En la República Mexicana se localizan también 11 especies silvestres de algodón (*Gossypium*): *armourianum*, *lobatum*, *gossypoides*, *aridum*, *laxum*, *shwendimanii*, *turberi*, *trilobum*, *davisonii*, *turneri* y *harknesii* (Ulloa *et al.*, 2013). Diversas expediciones fueron realizadas por científicos estadounidenses, rusos y chinos, esto con el fin de recolectar la diversidad del género *Gossypium* para utilizarla en programas de mejoramiento genético para la formación de nuevas variedades convencionales. En esa búsqueda de diversidad, en el año de 1972, fue reportada por primera vez, la especie silvestre de algodón *Gossypium laxum* L. LI. Phillips, la cual tiene su hábitat en el estado de Guerrero. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar la distribución geográfica potencial de la especie silvestre *G. laxum* en el Estado de Guerrero.

Materiales y Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los datos de la presencia de la especie silvestre *Gossypium laxum*. Se elaboró una base de datos pasaporte con las colectas reportadas para *G. laxum* del periodo de 1965 a 2012 con información de los datos georreferenciados recolectados por la Red de Algodón, así como de colectas realizadas por diferentes investigadores nacionales e internacionales y depositadas en los Herbarios del Instituto Nacional de Ecología (INECOL) de Xalapa, y el Instituto de Biología de la Universidad Autónoma Nacional de México (MEXU), además de los ejemplares del Banco de Germoplasma Vegetal (BANGEV) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y del Herbario-Hortorio Chapa del Colegio de Postgraduados, y de la consulta en herbarios virtuales (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) para el estado de Guerrero.

La distribución geográfica potencial se calculó utilizando el principio de máxima entropía con el uso del software Maxent 3.4.4. Como información ambiental se emplearon 20 variables provenientes de Worldclim con resolución espacial de 1 km² (Altitud y 19 bioclimáticas). Además de esta información, se empleó la base de datos de accesiones de *G. laxum* en Guerrero. El mapa final corresponde a un modelo ensamble de 10 réplicas por validación cruzada.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Resultados y Discusión

Tomando en cuenta la información consultada en los herbarios, los resultados indicaron que del periodo de 1965 a 2012 investigadores del extranjero y nacionales, recolectaron en total 30 accesiones de algodón de la especie endémica *Gossypium laxum* en el territorio del estado de Guerrero.

Los resultados muestran que *Gossypium laxum* es una especie de distribución muy restringida. Esta especie fue reportada por primera vez en el año de 1972 por Lyle L. Phillips en la Revista Madroño Vol. 21(5): 265-267. De acuerdo con Phillips (1972), *Gossypium laxum*, se localizó por primera vez, en el Cañón del Zopilote a 40 km de Iguala de la Independencia, Guerrero. Existen referencias de que se encuentra también en Xochipala, el cerro de Teotepec, Guerrero (Obispo, 1978) y, más recientemente, se reportó que se encontró en el estado de Michoacán, a lo largo de la carretera entre Huetamo y Nuevo Churumuco (Ulloa, 2014).

Actualmente, se han localizado al menos cuatro poblaciones de *G. laxum*, distribuidas en los municipios de Eduardo Neri, Chilpancingo de los Bravo, Mártir de Cuiloapan y Cocula del estado de Guerrero (Figura 1).

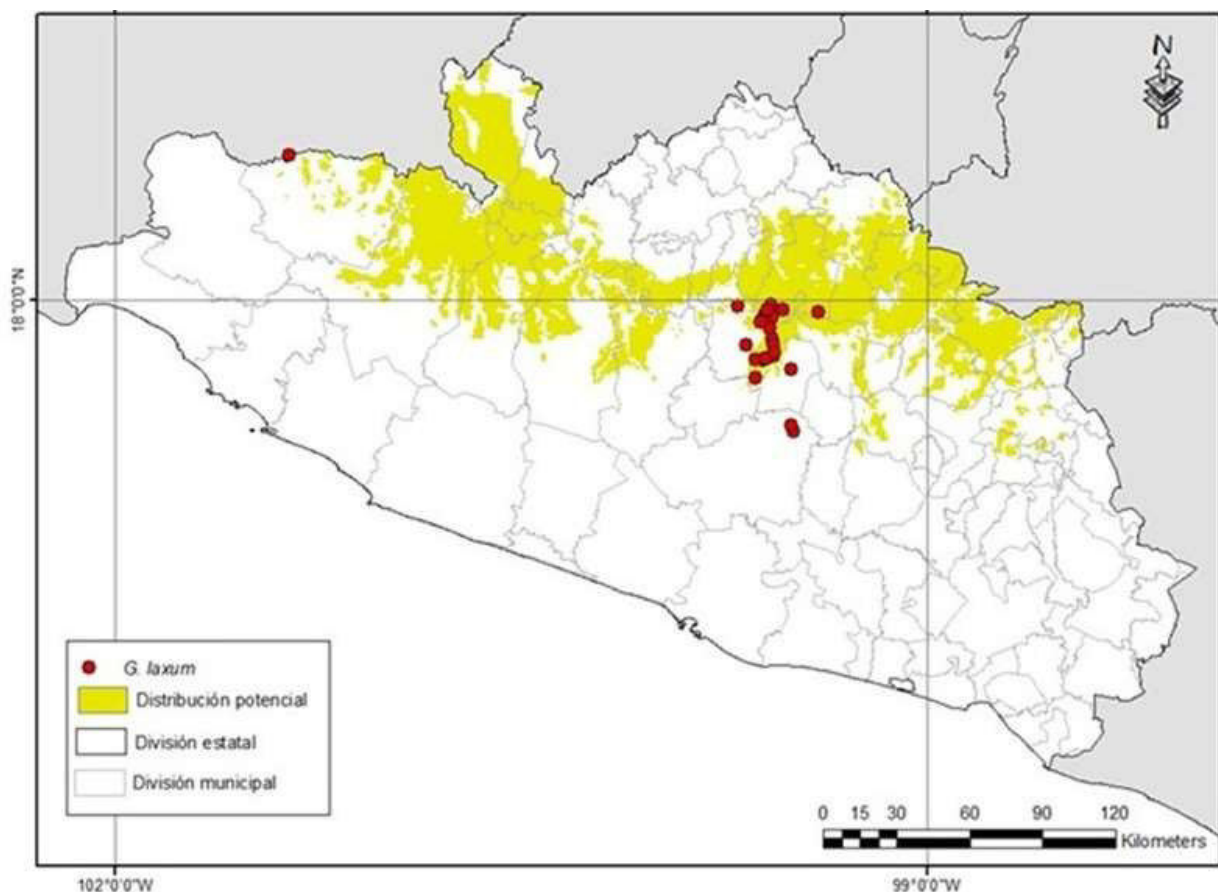


Figura 1. Distribución potencial de la especie silvestre *Gossypium laxum*, en el estado de Guerrero.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Esta especie se adapta a altitudes que van de los 200 a 900 msnm. Es importante mencionar, que se han reportado solo las plantas cercanas a los caminos, pero bien podría haber un número abundante de plantas en áreas más conservadas y, probablemente, se extienda muchos kilómetros más a lo largo de la cuenca del río Balsas al este y al oeste del Cañón del Zopilote (Figura 2).



Figura 2. Especie silvestre *Gossypium laxum* L. Ll. Phillips ubicada en el Cañón del Zopilote, Guerrero.

De acuerdo a los datos recabados, se observó también que el área más amplia que ocupa la especie *Gossypium laxum* se localiza en el municipio de Eduardo Neri, cerca de la carretera 95 que lleva al municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero, lo cual coincide con lo reportado por Phillips (1972). Algunos autores mencionan, que *G. laxum* se le puede encontrar también, como parte de la vegetación natural de la Selva Baja Caducifolia del estado de Guerrero (Ulloa, 2014).

La clasificación taxonómica de *Gossypium laxum*, se presenta a continuación:

Reino: Plantae
Subreino: Viridiplantae
Infrareino: Streptophyta
Superdivisión: Embryophyta
División: Tracheophyta
Subdivisión: Spermatophytina
Clase: Magnoliopsida
Superorden: Rosanae
Orden: Malvales
Familia: Malvaceae
Género: *Gossypium* L.
Especie: *Gossypium laxum* L. Ll. Phillips

Por otra parte, la especie *G. laxum* comprenden arbustos ó árboles que miden hasta 10 m de altura, las ramitas jóvenes son estrelladas-pubescentes, las ramas más viejas con corteza parduzca y lenticelas más pálidas.

La especie *G. laxum* presenta características de flores de color cereza claro, con filamentos y anteras moradas, brácteas muy pequeñas, pétalos grandes, los carpelos terminan en punta muy dura (picos); hojas laminar con tres lóbulos, ramas flexibles glabras, con hojas caducifolias, esta última es muy importante porque se puede incorporar en las variedades cultivadas para evitar el uso de defoliantes y, así, tener una cosecha más limpia y de mejor calidad de fibra (Obispo, 1978).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Las semillas están contenidas en una cápsula con de tres a cinco semillas de un tamaño promedio de 8,8 x 1,6 mm con fibras densamente pubescentes (Figura 3; Ulloa, 2014).



Figura 3 Morfología de la Especie silvestre *Gossypium laxum* L. LI. Phillips.

Considerando lo anterior, es importante efectuar estudios ecológicos y genéticos para dilucidar el panorama actual de la especie en el estado de Guerrero; sin embargo, esto es complicado debido a que el área en donde se distribuye esta especie, presenta altos índices de inseguridad, lo que pone en riesgo al personal investigador interesado en el género *Gossypium*, esto, para realizar actividades de conservación *in situ*.

La información de este trabajo de investigación es importante y debería considerarse en la toma de decisiones y en el diseño de un programa para la protección y conservación de las especies nativas de México, las cuales están en riesgo por cambio de uso de suelo, tal es el caso de *Gossypium laxum*, que es una especie Amenazada (A); esto, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT (2019) y en la categoría *En Peligro* (EN) en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado se concluye lo siguiente: la presencia de *Gossypium laxum* en México fue reportada por primera vez por Lyle L. Phillips (1972) como una especie con distribución muy restringida. Además, algunos sitios del hábitat de esta especie, no son los más adecuados, debido al alto grado de inseguridad que prevalece en el estado de Guerrero, lo cual resulta difícil realizar actividades de conservación *in situ* para el género *Gossypium*. Es importante diseñar programas para la protección y conservación *in situ* de la especie nativa de *Gossypium laxum*, esto por ser una especie en la categoría de *Amenazada* o *En Peligro*.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Agradecimientos

Las autoras desean expresar sus agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y a la Secretaría de Agricultura (SADER) que a través del entonces Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI)-SNICS otorgaron el apoyo económico para la recolección del germoplasma de algodón nativo de México.

Referencias bibliográficas

- Obispo, G.Q. 1978. Especies silvestres y semidomesticas nativas de México. Revista Algodón Mexicano. Núm. 93: 24-26.
- Phillips, L. L. 1972. A new *Gossypium* from Guerrero, México. Madroño 21(5): 265-267. <https://www.jstor.org/stable/41423791>
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Avance de siembras y cosechas año agrícola 2022 en México. [En línea]. Disponible en <http://siap.gob.mx> (Revisado el 09 de noviembre de 2024).
- Ulloa, M. 2014. The Diploid D Genome Cottons (*Gossypium* spp.) of the New World. InTech. doi: 10.5772/58387
- Ulloa, M.; Abdurakhmonov, I. Y.; Pérez, M. C.; Percy, R. and Stewart, J M. 2013. Genetic diversity and population structure of cotton (*Gossypium* spp.) of the new world assessed by SSR Markers. Botany. 91(4):251-259. <https://doi.org/10.1139/cjb-2012-019>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

RECOLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE ALGODÓN, EN EL ESTADO DE TABASCO

Claudia Pérez Mendoza^{1*}, Ma. del Rosario Tovar Gómez¹, Javier Francisco Enríquez Quiroz², Gabriela Ramírez Ojeda³

1INIFAP-Campo Experimental Valle de México, 2INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla, 3INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.

*Autora de correspondencia: perez.claudia@inifap.gob.mx

Palabras Clave: herbarios, especies de algodón, conservación.

Introducción

México ha hecho una contribución trascendental y significativa a la agricultura y alimentación mundial; ya que, es el centro de origen del maíz, frijol, chile, calabaza, algodón y aguacate, entre otros cultivos (Lepiz y Rodríguez, 2006). Esos cultivos contribuyen con una aportación significativa al valor de la cosecha nacional (Lepiz y Rodríguez, 2006). Algunas de esas especies se encuentran inmersas en el territorio del Estado de Tabasco ya sea en su forma cultivada o silvestre.

En ese contexto, México es el centro de origen de la especie de algodón *Gossypium hirsutum* que es la especie más cultivada a nivel mundial (Brubaker y Wendel, 1994). Asimismo, 11 de las 13 especies silvestres de *Gossypium* en el hemisferio occidental son endémicas de México siendo: *armourianum*, *lobatum*, *gossypoides*, *aridum*, *laxum*, *shwendimanii*, *turberi*, *trilobum*, *davisonii*, *turneri* y *harknesii* (Ulloa *et al.* 2006).

Durante el siglo pasado se llevaron a cabo algunas expediciones en México con fines de colecta y conservación de los recursos genéticos del algodón. La primera expedición se realizó en 1906 por parte de los investigadores estadounidenses Collins y Doyle con la finalidad de colectar germoplasma de algodón en el Valle de Acala, Chiapas, México (Brubaker *et al.*, 1999). Posteriormente, estas colectas fueron la fuente de germoplasma para la obtención de las variedades como Acala, Coker, Paymaster, Deltapine y otras (Brubaker *et al.*, 1999).

Los antecedentes históricos de la presencia del algodón cultivado en México, se considera que la primera región en donde se cultivó el algodón fue en el estado de Veracruz. En el siglo XVI la producción de algodón era aproximadamente de 116 millones de libras, pero disminuyó al llegar los españoles. A partir de 1860 aumentó el interés en varias partes de México. Las zonas que se dedicaban a su cultivo estaban situadas; en la zona sur del país, abarcando parte de los estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz y Yucatán (CONABIO, 2025). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue el recolectar y documentar las especies de algodón, existentes en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el periodo de enero a septiembre de 2024, en donde se realizaron las siguientes actividades:

Consultas en Herbarios: Esta fase tuvo como objetivo el localizar información en donde, se haya recolectado germoplasma de algodón, en el Estado de Tabasco. Los herbarios visitados fueron: Instituto de Botánica del Colegio de Postgraduados, Banco de Germoplasma Vegetal (BANGEV) de la Universidad Autónoma Chapingo y el Instituto de Biología de la Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Además de estas visitas, esta fase consideró la información generada por los herbarios en línea de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB).

Colectas de Campo: Los recorridos realizados en esta fase fueron focalizadas considerando la información obtenida en los herbarios. Se procedió a realizar una expedición por la entidad y verificar los datos reportados e identificar nuevas áreas de distribución de algodón. La expedición se realizó en la primera quincena del mes de abril del 2012 por algunos municipios del Estado de Tabasco. Se realizó una georreferenciación de cada sitio en donde se encontraron las especies objeto del presente estudio. Los sitios georreferenciados fueron posteriormente proyectados en el Sistema de Información Geográfica ArcGIS.

Resultados y Discusión

Consultas en Herbarios. Considerando la información consultada en los herbarios, los resultados indicaron que del periodo de 1947 a 1988 investigadores del extranjero recolectaron en total 29 accesiones de algodón en los municipios de Balancán, Paraíso, Nacajuca, Macuspana, Jonuta, Tenosique, Cárdenas y Tlacotalpan, siendo las especies: *G. hirsutum* y *G. barbadense* (Figura 1).

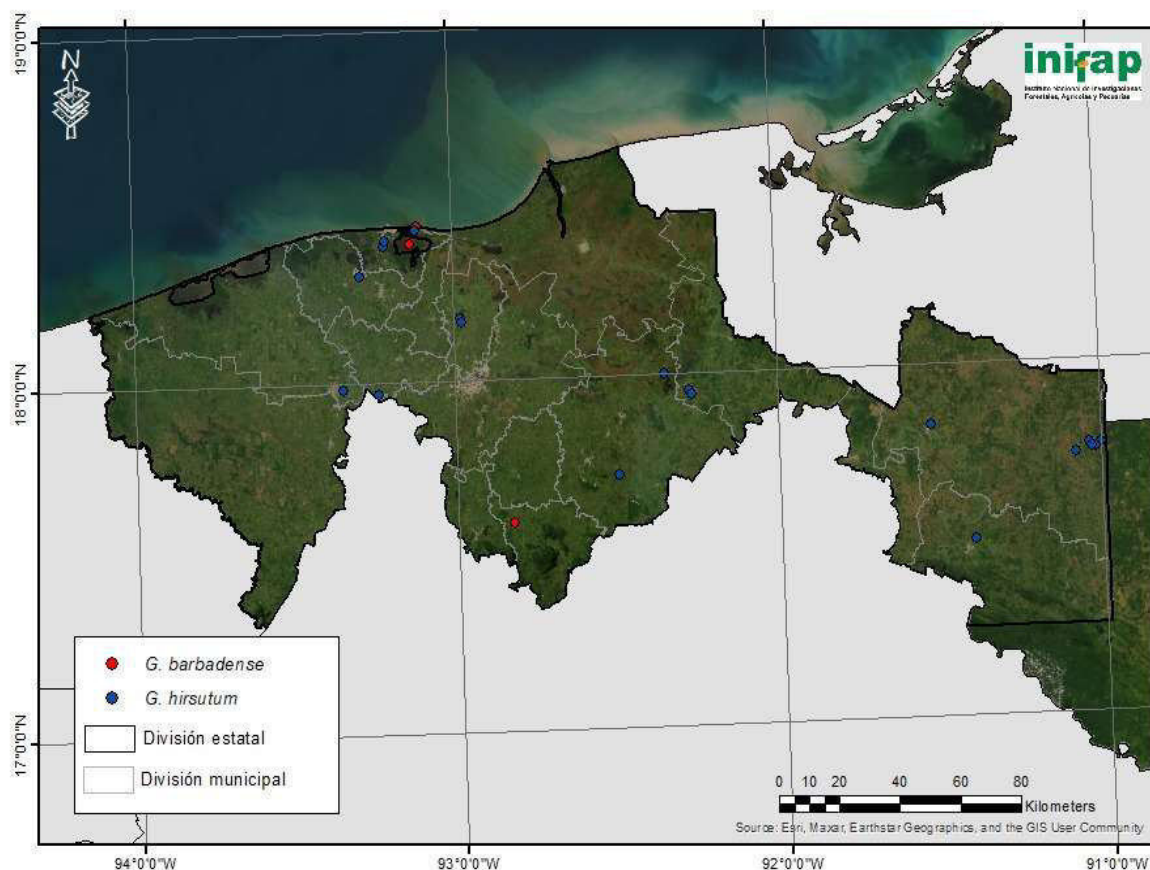


Figura 1. Municipios del Estado de Tabasco en donde se han recolectado germoplasma de algodón, durante el periodo de 1947 a 1988.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Recolección de Germoplasma. Como resultado de la expedición realizada en este estudio, resalta la ubicación de plantas de algodón específicamente, en los municipios de Balancán y Paraíso, Tabasco. En esos municipios se presenta el mayor número de colectas y se recolectaron seis accesiones de algodón a una altitud entre 6 y 16 msnm, de éstas 33.3% pertenecen a *G. barbadense* y 66.7% a *G. hirsutum*. Algunas de las características climáticas de esos municipios son: temperatura media anual entre 21 a 26°C y precipitación media anual alrededor de 1700 a 2000 mm anuales, humedad relativa anual promedio de 80% característico de climas cálido húmedo con lluvias en verano. Es importante mencionar que en los sitios en donde se realizó la recolección no se identificaron otras especies del género *Gossypium*.

Cabe señalar que la mayoría de las muestras recolectadas de las especies *G. hirsutum* y *G. barbadense* se encontraron a la orilla del camino, del río o del manglar que esta cerca de la desembocadura del mar también, se localizaron como cercos perimetrales y de ornato en los patios de los agricultores, pero sin cuidado alguno y con un alto riesgo de extinción.

A continuación, se hace breve mención de algunas características morfológicas de estas especies:

***Gossypium hirsutum* L.** Arbusto anual, de 1.5 a 2.0 m alto, los tallos usualmente son ramificados, con ramas vegetativas y reproductiva, tallos estrellado-pubescentes (Figura 2). Las hojas miden de 4.0 a 10.0 cm largo, alternas, cordatas, 3.5 lobadas, lóbulos anchamente triangulares hasta ovados, agudos o acuminados, densamente pubescentes a glabros; pecíolos 0.5 a 1 veces el largo de la lámina; estípulas 0.5 a 1.5 cm largo, subuladas o falcadas. Flores en inflorescencias, pedicelos 2.0 a 4.0 cm largo, con 3 nectarios en la cima; brácteas del cálculo 2.0 a 4.5 cm largo, cordato-ovadas, 3 a 19 laciniadas; cáliz 5.0 a 6.0 mm largo, truncado o 5-dentado; pétalos 2.0-5.0 cm largo; columna estaminal 1.5 cm largo, con más de 100 estambres; ovario súpero, 3 a 5 carpelos. Los pétalos blanco amarillentos, con o sin máculas de color morado en la base. En el segundo día de floración, los pétalos se tornan rosado-rojizos y después de la polinización y son caedizos (CONABIO, 2025).



Figura 2. Morfología de la especie *Gossypium hirsutum*.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Las cápsulas de la especie *Gossypium hirsutum* miden de 4.0 a 6.0 cm de largo, anchamente ovoides o subglobosas, glabras. Las cápsulas presentan dehiscencia loculicida y las semillas miden aproximadamente, 10.0 mm de largo, 4.0 mm de ancho, de forma ovoide y testa finamente punteada (CONABIO, 2025).

***Gossypium barbadense* L.** Es un arbusto anual, con una altura de 1.0 a 2.0 m alto, con tallos ramificados, glabriúsculos esparcidamente a, estrellado-pubescentes, pubescencia punteada-glandular, glándulas generalmente oscuras pigmentadas. Las hojas miden entre 7.0 y 13.0 cm largo, estípulas frecuentemente prominentes, 1 a 5 cm de largo, subuladas a falcadas, largamente pecioladas, láminas 3 a 7 lobadas, igual de largo como ancho, de 5.0 a 15.0 cm largo, aceriformes, cordadas en la base, lóbulos ovados, agudos a lanceolados, o escasamente pubescentes (Fryxell, 1992).

Esta especie presenta flores solitarias o en inflorescencias; pedicelos 1 a 4 cm largo; brácteas de los cálculos 4.0 a 5.0 cm largo, anchamente ovadas, foliáceas, 5-17 laciniadas; cáliz 0.7 a 1.0 cm largo, truncado; pétalos 5.5 a 8.0 cm largo; estambres numerosos; ovario súpero, carpelos 3. Los pétalos generalmente son amarillentos con máculas rojo-oscuras a marrón en la base, después de la fecundación los pétalos se tornan de rosa a púrpura (Fryxell, 1992).

La cápsula de *Gossypium barbadense* mide de 3 a 5.0 cm largo, 3-locular, generalmente estrechamente elongadas, glabras, prominentemente foveolada, las cápsulas presentan dehiscencia loculicida. Las semillas miden 10.0 mm largo, 4.0 mm ancho, es de forma ovoide, libres fusionadas, lanadas, las fibras generalmente son blancas (Figura 3; Fryxell, 1992).



Figura 3 Morfología de la especie *Gossypium barbadense*.

Es importante mencionar, que las dependencias de gobierno encargadas de salvaguardar los recursos naturales de México, deberían de establecer mecanismos que incentiven a los agricultores a conservar las especies de algodón, de tal manera que se logre conservar esas especies en el estado de Tabasco.

Conclusiones

En acuerdo al estudio realizado se concluye lo siguiente:

1. Existen colectas realizadas en el estado de Tabasco durante el periodo de 1947 a 1988 dando un total 29 accesiones de algodón de las especies *G. barbadense* y *G. hirsutum*.
2. Se recolectaron seis accesiones de algodón de las cuales 33.7% pertenecen a *G. barbadense* y 66.7% a *G. hirsutum*. No se localizaron otras especies de algodón en el estado de Tabasco.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

3. Es recomendable que las dependencias de gobierno encargadas de salvaguardar los recursos naturales del país, puedan establecer mecanismos que incentiven a los agricultores a conservar las especies de algodón, de tal manera que se logre conservar y resguardar estas especies nativas del estado de Tabasco.

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y a la Secretaría de Agricultura (SADER) que a través del entonces Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI)-SNICS otorgaron el apoyo económico para la recolección del germoplasma de algodón nativo de México.

Referencias Bibliográficas

- Brubaker, C.L. and Wendel J. F. 1994. Reevaluating the origin of domesticated cotton (*Gossypium hirsutum*; Malvaceae) using nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs). *American journal of botany*, 81(10), 1309-1326.
- Brubaker, C.L., F. M. Bourland y J.F. Wendel. 1999. The Origin and Domestication of Cotton. *In: Cotton. Origin, History, Technology and Production*. United States of America. Wiley Series in Crop Science. 850 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. [En línea]. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20839_especie.pdf (Revisado el 28 de julio de 2025).
- Fryxell PA 1992. Una interpretación taxonómica revisada de *Gossypium* L. (Malvaceae). *Rheedea* 2(2): 108–165.
- Lépiz, I. R. y E. Rodríguez G. 2006. Los recursos fitogenéticos de México. *In: Informe Nacional 2006. Recursos Fitogenéticos en México para la Alimentación y la Agricultura. Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación, Sociedad Mexicana de Fitogenética, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas*. pp: 2-17.
- Ulloa, M. James McD. Stewart, García, C.E.A., Godoy, A. S., Gaytán, M. A. and Acosta N.S. 2006. Cotton genetic resources in the western states of Mexico: *in situ* conservation status and germplasm collection for *ex situ* preservation. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53: 653-668.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

DIAGNÓSTICO INICIAL PARA LA ESTIMACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL QUE BRINDA EL ARBOLADO URBANO A TRAVÉS DE SU SOMBRA COMO MITIGADOR DE TEMPERATURAS EXTREMAS EN LA CIUDAD DE ARRIAGA, CHIAPAS.

Eileen, Salinas-Cruz^{1*}, Itzel Castro- Mendoza¹, Isidro Fernández- Gonzalez¹, Osias Ruiz-Alvarez¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1Campo Experimental Centro de Chiapas

* Autor de correspondencia: salinas.eileen@inifap.gob.mx

Palabras clave: ola de calor, salud, bienestar

Introducción

Para México se prevé que las temperaturas aumenten en los próximos 30 años 4 °C en el norte y entre 2.5° y 3° C en el resto del país (Riojas-Rodríguez et al., 2018), según datos del servicio de salud en los últimos 100 años el incremento de temperatura ha sido de 0.85 °C, presentándose olas de calor con mayor frecuencia y afectación en la salud de los habitantes, creando se incluso en algunos países refugios en temporadas con mayor calor. El incremento de temperatura no solo repercute en la salud (presencia de infecciones respiratorias, diarreas, afectación al sueño, etc.); si no se suma la afectación a la economía, agricultura debido a sequías e inundaciones.

Para el caso del estado de Chiapas no existe una diferencia ante el cambio climático, ya que las temperaturas han aumentado y se presentan sequías prolongadas incluso en regiones consideradas con alta precipitaciones. El municipio de Arriaga ubicado en la región Istmo – Costa es considerado como uno de los municipios con mayores temperaturas extremas; cuenta con una población de 41135 habitantes, distribuidos en 250 localidades (INEGI, 2020), sin embargo, el 96 por ciento de esta población se centra en 22 localidades siendo la cabecera municipal, el centro de población con el mayor número de habitantes (25 366).

La finalidad este trabajo es la de obtener datos que proporcionen información sobre la percepción de los pobladores del beneficio o perjuicio del árbol en sus viviendas con respecto a temperaturas extremas en el municipio de Arriaga.

Materiales y métodos

Se capacitaron a seis encuestadores para el manejo del instrumento, el vaciado de la información y el procesamiento de esta. Posteriormente, se inició el levantamiento de encuestas socioeconómicas (n=180) en las calles de la ciudad de Arriaga, sobre 5ta poniente – oriente y 6ta sur a norte, dichas calles cruzan las zonas más calientes de la ciudad (fig. 6). Se buscó un balance entre las casas que tienen techo de lámina, de teja, de losa y que la fachada de sus casas esté orientada al norte, sur, este y oeste; además de tener o no un árbol frente a ellas.

La encuesta se estructuró en 8 apartados con un total de 42 preguntas con la finalidad de obtener datos que proporcionen información sobre la percepción de los pobladores del beneficio o perjuicio del árbol en sus viviendas con respecto a temperaturas extremas en el municipio de Arriaga, además de las características de la estructura de la casa (tipo de pared, techo, piso y ventana); número de personas viviendo en la casa, horario de estadía dentro de la casa, además del tiempo estimado del uso de energía eléctrica, número de electrodomésticos, tarifa eléctrica. Las preguntas consistieron en dos aspectos importantes: por un lado, la parte del gasto económico que erogan los pobladores en sus viviendas por el uso de energía y sumado a el costo erogado por el impacto en la salud de los habitantes por la presencia de temperaturas altas (Figura 1).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

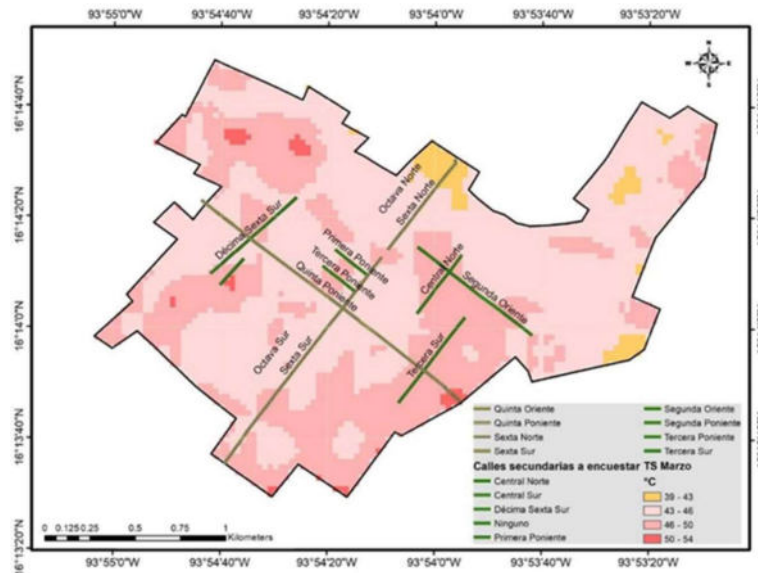


Figura 1. Croquis de logística para el levantamiento de encuestas en la ciudad de Arriaga, Chiapas.

Resultados y discusión

Para la obtención de la información se consideró el número de viviendas en la cabecera Municipal en donde se desarrolló el proyecto, obteniendo una muestra de 180 viviendas de los cuales el 61% de los encuestados fueron del género femenino y 39% del masculino. Con un promedio de 41 años viviendo en el municipio y un promedio de 3 habitantes por vivienda. El horario de permanecía dentro del hogar es entre las 15:00 horas de la tarde hasta las 07:00 de la mañana, siendo los horarios de las 18:00 pm a las 00:00 am las horas con más frecuencia en donde los habitantes entran a sus hogares. En el horario de 6:00 a 8:00 am, los habitantes salen de sus hogares para realizar las diferentes actividades cotidianas como son trabajos diversos, estudios, ventas, entre otros.

Las viviendas están constituidas principalmente por paredes de block repellado (83.33%) y adobe solo un 1.67%, piso de loseta (53.89%), Techo de concreto (68.89%) y ventanas de marco de aluminio o metal con vidrio (46.67%). La variación en la estructura principalmente en pisos es de un 44.4% de cemento; y en algunos hogares sus techos pueden ser de Lámina (12%) o teja (16%).

La distribución dentro de los hogares referente a los espacios destinados a habitaciones u otras áreas como cocina (95%), sala (88%), patio (60%), recámara principal (94%), área de lavado (75%), corredor (50%) y garaje (26%), es de 2 cuartos en promedio que son ocupados como dormitorios.

En cuanto a los servicios con los que cuenta las viviendas, el 99% tiene electricidad, el 88% con agua entubada, 97% drenaje y 28% con pozo, de los servicios de recolección de basura el 99% cuenta con ello. El uso de aire acondicionado o ventiladores de techo es limitado en los hogares encuestados, ya que solo el 31% cuenta con alguno de ellos o ambos. Estos están ubicados principalmente en áreas como sala o habitaciones ocupadas para dormitorio. Las viviendas cuentan con ventiladores de pie que son móviles para cualquier área de la casa (61%).

En cuanto al uso de electrodomésticos se consideraron hasta 25 tipos diferentes de ellos dentro del hogar, el uso más frecuente son aquellos electrodomésticos de uso continuo como son el refrigerador (77%), licuadora (68%), Pantalla (20-39") (33%) o de 40-45" (56%), lavadora (58%) y en un 41% el uso de computadoras portátiles o asistentes virtuales, o videojuegos (X-box).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Situación de los hogares y la distribución de árboles

De acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta la distribución de los árboles está relacionada con la posición de la casa, es decir si se encuentra al norte o sur, o hacia el poniente u oriente. Existen 5 diferentes especies de árboles de los cuales los más comunes son el Neem (*Azadirachta indica*) (45%), Almendro (*Terminalia catappa*) (38%), y árboles frutales principalmente el mango (*Mangifera indica*) (29%), la Benjamina (*Ficus benjamina*) (18%). El número de árboles varía de uno hasta 6 individuos en cada casa. De los beneficios que los habitantes perciben al tener árboles es la disminución de temperatura (60.56%) o la mejora en la calidad de aire (56.67%), el 23% indica que el beneficio es de la sombra; un menor porcentaje (11.67%) mencionan el beneficio de mayor cantidad de agua, o al tener frutales se obtienen productos que pueden consumir o vender; en menor porcentaje se menciona la belleza del paisaje que muestran la presencia de árboles.

De los aspectos desfavorables con respecto a la presencia de árboles en las viviendas, se destaca que el 43% considera a la hojarasca como basura. Por lo cual al preguntar que uso le da, el 79% menciona que lo desecha, solo un 10% realiza composta y el resto no le da ningún uso en específico. El 40.56% comentó que, al tener árboles en su vivienda, este no genera algún perjuicio al tenerlos como parte de su paisaje.

Datos de percepción de temperatura y el arbolado

Se considera que la percepción de la temperatura en los seres humanos primero se relaciona directamente con el funcionamiento de un individuo y la temperatura puede variar por su actividad física, género, edad, raza, y el entorno donde habita. De acuerdo con la estructura de las encuestas se consideró la percepción de los habitantes de Arriaga de las temperaturas que perciben a través del año (mes, estaciones, temporada de estiaje o épocas de lluvias).

Los habitantes mencionaron que la habitación con mayor sensación térmica es el área ocupada para la cocina (54.4%). Esto se debe a que es el lugar donde se realiza la cocción de los alimentos y el uso de aparatos eléctricos o de combustión de gas ocasiona el aumento de temperatura dentro de esta habitación. El 14% menciona que la sala es otro de los lugares más calientes y el 12% considera que son las habitaciones. Esto coincide con el dato de donde se instala el aire acondicionado o ventiladores de techo dentro de la vivienda (Áreas con mayor sensación de calor).

Otro factor importante que se considera es el tipo de tarifa de energía eléctrica. El servicio de tarifa de las viviendas del municipio es la denominada 1F y el 69% cuenta con este servicio. De acuerdo con la CFE es una tarifa que se considera para servicio doméstico en localidades con temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados; otras tarifas según la nomenclatura de CFE, un 21% utiliza la tarifa 1C, el 7% 1, 3% la DAC y menos del 1% la tarifa 1D; todas de uso doméstico.

Además de percibir la sensación térmica dentro de las viviendas, se consideran los meses con mayor calor. Siendo mayo (78%) el más caluroso y los meses de marzo (59%), abril (71%) y junio (30%) con mayor mención dentro de los meses más calurosos (Figura 2).

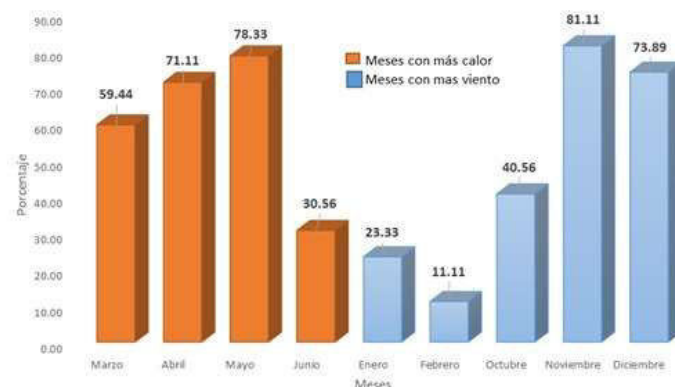


Figura 2. Meses considerados por los habitantes de Arriaga como los más calurosos y con mayor viento.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Los meses con mayor ráfaga de viento dentro de la ciudad de Arriaga es dentro de las temporadas de otoño e invierno entre los meses de enero, febrero y de octubre a diciembre, siendo noviembre (81%) y diciembre (74%) donde se presentan las mayores ráfagas de viento.

Debido a las altas temperaturas, el servicio de agua a los hogares disminuye principalmente en los meses de mayor calor o sensación térmica, ya que el 67% de los encuestados menciona que no cuenta con servicio de agua potable para uso doméstico y el 73% realiza compra de agua principalmente de marzo a julio; La compra de agua se realiza principalmente en recipientes llamados tinacos (1100 litros) por \$200 y la frecuencia de compra promedio es de 5 veces al mes (Figura 3)

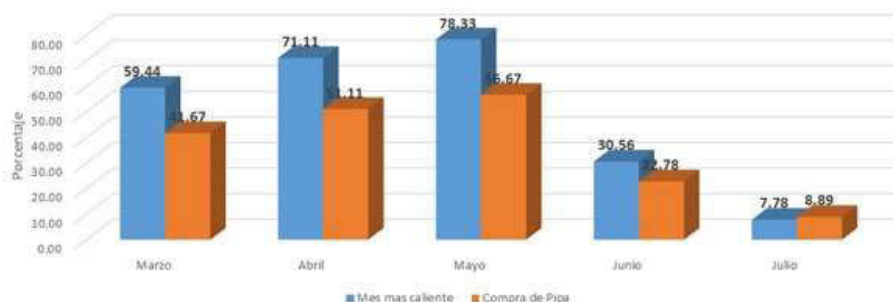


Figura 3. Meses de calor versus compra de agua para uso doméstico en Arriaga, Chiapas.

El aumento de temperaturas se observa directamente relacionado con el aumento de consumo de agua. Para una familia promedio (3 habitantes por vivienda) el consumo mensual es de 4 tinacos.

Salud de los hogares versus meses con mayor presencia de calor

Algunos expertos en salud humana refieren que el cuerpo humano ha desarrollado mecanismos de control y de regulación que mantiene el equilibrio y corrigen trastornos como la pérdida de electrolitos. Sin embargo, estos cambios son paulatinos en periodos de semanas o meses para adecuarse, por ejemplo, al aumento de temperaturas altas. Por lo cual, a través de la encuesta aplicada se recabo información sobre los aspectos de la afectación de la salud en habitantes de Arriaga, donde refirieron que la principal afectación son los golpes de calor (23%), los trastornos de sueño (14%) y en menos medida padecimientos como irritabilidad (9.60%), enfermedades gastrointestinales (8%), de la piel (6%), alergias (5%), entre otras; el 26% refiere que no existen alguna condición sobre la salud condicionadas por el calor extremo (Figura 4).

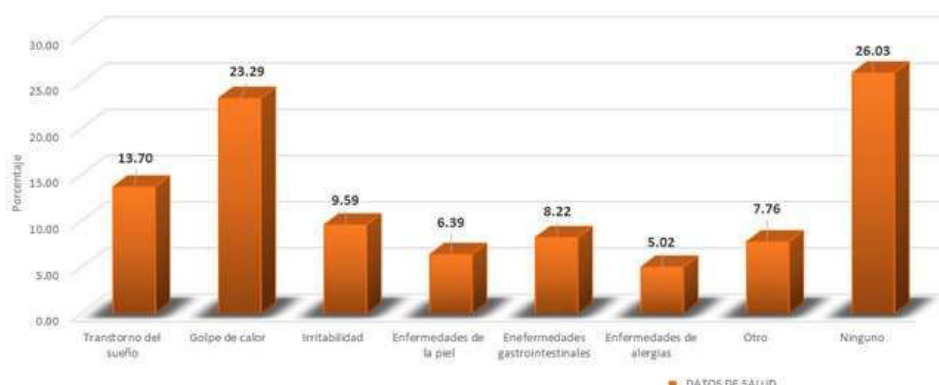


Figura 4. Afectación de la salud por aumento de temperatura ambiental en los habitantes de Arriaga.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Los servicios médicos en donde los habitantes del municipio son atendidos por algún padecimiento o enfermedad asociadas con altas temperaturas o bien que se presenta en los meses de mayor calor, son IMSS (33%), medico particular (29%), o ISSSTECH (11%), también existe un porcentaje de la población (17%) que considera que su afección o padecimiento no es tan severo por lo que no acude a algún centro de atención medica de forma particular o de un servicio público; solo un 11% de la población encuestada realiza un gasto asociado a los padecimientos ocasionados por las altas temperaturas este costo en promedio es de \$933 a \$1,255 pesos. Se consideran personas en riesgo a mujeres, ancianos y niños, en condiciones de obesidad, enfermedades crónicas, con medicación o usen drogas. Aun mayor en ciudades donde el efecto de isla de calor es mayor que en áreas rurales.

Las temperaturas más altas en el municipio de Arriaga se presentan en los meses de marzo a mayo la época más calurosa con temperaturas promedio de 36°C, mayo se considera el mes más cálido. Las afectaciones por temperaturas altas en la salud según un informe de la Secretaria de Salud (SSA) en el 2024, ocasionan principalmente enfermedades diarreicas en adultos mayores y niños, y al igual que en el municipio de Arriaga temperaturas mayores a los 35°C ocasionan deshidratación, golpe de calor entre otras en los mismos grupos de edades.

Conclusiones

La percepción del beneficio del arbolado en los hogares de los habitantes del municipio de Arriaga es que existe una disminución de la temperatura con la existencia de árboles, para ello se realizaron análisis que permitirán establecer estos beneficios.

Los meses de mayor calor son de marzo a julio en donde los habitantes de Arriaga carecen del servicio de agua potable, además que la afectación de la salud se presenta mayormente en el trastorno del sueño y golpes de calor.

Literatura citada

- CENAPREDE (Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades). 2024. "Temporada de Calor" Daños pro calor y enfermedades diarreicas Agudas, 2024. Carpeta Técnica. Secretaria de Salud. P 11.
- Dirección General de Epidemiología. 2020. Manuel de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de daños a la salud por temperaturas naturales extremas (SVEDSTNE). Secretaria de Salud. P 31.
- INEGI. 2020. Censo de Población y vivienda 2020, Chiapas. Consultado en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#datos_abiertos.
- Kassambara A. 2019. Practical Statistics in R II - Comparing Groups: Numerical Variables. 1ra edition. Published by Datanovia, Montpellier, Francia.
- Riojas-Rodríguez, H., Quezada-Jiménez, M. L., Zúñiga-Bello, P., & Hurtado-Díaz, M. (2018). Climate change and potential health effects in Mexican children. *Annals of Global Health*, 84(2), 281–284. <https://doi.org/10.29024/aogh.915>
- Wickham H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. Isbn:978-3-319-24277-4. <https://ggplot2.tidyverse.org>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

FORMAS DEL TERRENO Y CLASES DE TIERRAS CAMPESINAS EN LA REGIÓN DEL PLAN CHONTALPA, TABASCO

Nidia Yesenia Hernández-Méndez¹; Joel Zavala-Cruz¹; Julián Pérez-Flores¹; Yves Jean Baptiste¹;
Antonio López-Castañeda^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

*Autor para correspondencia: tonolc@colpos.mx

Introducción

El suelo es un recurso natural vital para el crecimiento y desarrollo de cultivos destinados al consumo humano y animal (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2024). Por esta razón la FAO designó el 2015 como "Año Internacional de los Suelos". Una metodología efectiva para evaluar el uso sustentable del suelo es el enfoque geopedológico. Este enfoque delimita y clasifica las geoformas a distintas escalas que la pedología luego configura como unidades de suelo (López-Castañeda *et al.*, 2022). Según Zinck (2012), La geopedología facilita el conocimiento de la distribución espacial y la taxonómica de los suelos y al combinarse con métodos cartográficos, permite obtener datos detallados de manera rápida y precisa (Brindis-Santos *et al.*, 2020).

En las últimas décadas el rescate del conocimiento local campesino ha dado origen a la etnoedafología o cartografía de tierras campesinas; esta disciplina surge de la interacción entre el campesino, la tierra y el ambiente. Tanto el enfoque geopedológico como la etnoedafología permiten generar cartografía detallada de tierras y suelos en zonas con uso agropecuario y forestal. La presente investigación busca generar conocimiento sobre las formas del terreno y las clases de tierras campesinas con uso agropecuario en los Poblados C-31, C-32, C-40 y C-41 del Plan Chontalpa, Huimanguillo, Tabasco.

Palabras clave: Suelos, cartografía detallada, geoforma.

Materiales y métodos

El área de estudio abarcó los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurría (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Con una extensión de 5,741.5 ha, en esta área se presenta un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am). La temperatura media anual es de 26.2°C y la precipitación media anual alcanza los 2,290.3 mm (SEMARNAT, 2010). Geomorfologicamente, la zona está situada sobre una Llanura Aluvial de la Planicie Costera del Golfo, caracterizada por ser un área plana con sedimentos profundos del Cuaternario Reciente (Palma-López *et al.*, 2007).

Para este estudio, se empleó el enfoque geopedológico (Zinck, 2012), se definió la geoestructura según la metodología de García y Lugo (2003) utilizando un Modelo de Elevación Digital (MDE) Lidar, se generaron mapas de curvas de nivel a intervalos de 20 cm, adecuados para la topografía plana de la zona. Además, se derivaron atributos morfométricos como la altura relativa y la pendiente del relieve, junto con atributos morfográficos que incluyen la topografía (perfil topográfico) y la planimetría (configuración, diseño de contornos y patrón de drenaje) (Zinck, 2012). La digitalización de las formas del terreno se realizó a escala 1:10,000 sobre el MDE Lidar del área de estudio, utilizando el software SIG (Quantum GIS, versión 3.14). La caracterización de unidades geopedológicas se basó en el mapa de formas del terreno, el mapa de suelos y la base de datos de suelos por unidad geopedológica (forma del terreno + unidad de suelo) y como información adicional se trazó un transecto topográfico, de esta forma se visualizan las geoformas y su distribución.

La caracterización del grupo de suelo fue acorde a la clasificación WRB 2022. Finalmente, las unidades geopedológicas fueron asociadas a la información de tierras campesinas que fue proporcionada por los productores mediante entrevistas realizadas con las siguientes preguntas: ¿Qué características tiene la tierra? ¿Qué cultivos crece en cada tierra? ¿La tierra sufre inundación? ¿Tiempo de inundación?



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Resultados y discusión

Formas del terreno

Se identificaron siete formas de terreno ubicadas en un paisaje geomorfológico de Planicie Fluvial (Zavala-Cruz *et al.*, 2016), con pendientes menores al 2% con un desnivel de 14 a 18 msnm. En la Figura 3, se muestra la identificación y distribución de las Formas de Terreno (FT) y en el Cuadro 5 se muestra las superficies en hectáreas y porcentajes de cada una de ellas. A continuación, se describen cada una de las formas de terreno: **Cauce colmatado** de fondo arenoso y arcilloso, se ubica al centro y norte, tiene una dirección sureste-noroeste, se inunda en la época de lluvias; en medio del cauce existen **islas de aluvi3n** con material arenoso y limoso. A los lados del cauce colmatado se localizan **albardones de r3os altos y bajos** ocupan un 42.3% de superficie en la posici3n topogr3fica m3s alta en la planicie, son porciones de tierras que se encuentran en ambos lados de los r3os, su funci3n principal es formar barreras que detengan a los cauces; son de forma ligeramente convexa y estrecha lo cual beneficia al drenaje superficial; es decir, no presenta inundaciones; adem3s presenta textura con componente arenoso dominante (areno-francoso, franco-arenoso, a veces franco-arcillo-arenoso); los sedimentos limosos y arcillosos y su forma ligeramente convexa, favorecen el drenaje superficial del agua. Datos similares reporta Brindis-Santos *et al.* (2020) en una planicie aluvial al sur del estado de Tabasco. L3pez-Casta3eda *et al.* (2022) mencionan que en la planicie aluvial predominan las napas de desborde; seguido de los albardones. Las **Napas de desborde** (33.6 %) presentan una pendiente casi plana, su textura es alta en arcilla, lo cual ocasiona inundaciones por varios d3as al a3o (Brindis-Santos *et al.*, 2020; L3pez Casta3eda *et al.*, 2022).

Cauce activo se identifica como porci3n inferior de un valle fluvial ocupada por la corriente, pueden presentar caracter3sticas rectil3neas, alargadas y sinuosas y los **Bancos de material**, son perforaciones realizadas con maquinaria para extraer material arenoso, en la actualidad se tienen para acumular agua (Lugo, 2011) (Figura 2).

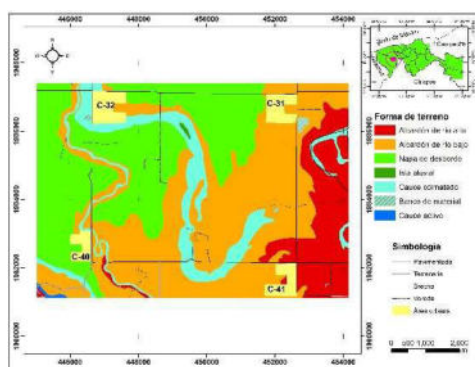


Figura 16. Mapa de Formas del Terreno en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurr3a (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Cuadro 5. Superficie, en hect3reas y porcentaje, de las formas del terreno en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurr3a (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Forma del terreno	Napa de desborde	Albard3n de r3o bajo	Albard3n de r3o alto	Cauce colmatado	Isla aluvial	Banco de material	Cauce activo	Total ha
Superficie (ha)	1929.9	2430.8	735.2	617.3	5.4	14.3	8.6	5741.5
%	33.6	42.3	12.8	10.8	0.1	0.2	0.1	100

En la **Figura 17** se muestra un perfil transversal mostrando la distribuci3n espacial de las formas del terreno descritos en el 3rea de estudio, donde la altura en msnm var3a entre 14 y 18.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

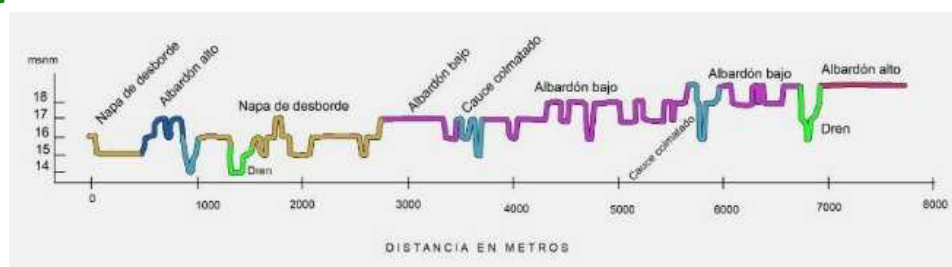


Figura 17. Transecto de formas del terreno en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurriá (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Unidades geopedológicas

La caracterización de unidades geopedológicas se basó en el mapa de Formas de Terreno y en el mapa de suelos. Para identificar unidades de suelos se realizó un muestreo mediante barrenación por cada FT. En la **Figura 18**; se observa los sitios de barrenación y la distribución de suelos de acuerdo a las geoformas.

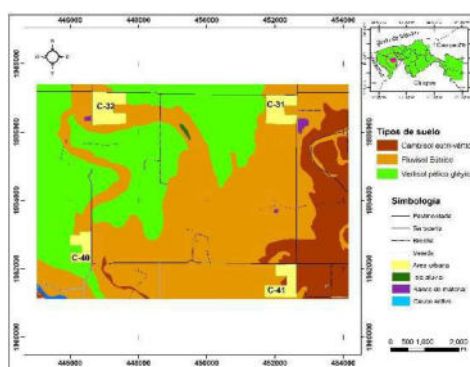


Figura 18. Ubicación de barrenaciones y tipos de suelo en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurriá (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

En el cuadro 2 se muestra la superficie de cada tipo de suelo; el suelo que predomina con un 65.1% del área total es el tipo Fluvisol éutrico. Las características de los suelos fueron corroboradas con perfiles heredados realizados en estudios previos o aledaños al sitio.

Cuadro 6. Tipo de suelos asociados a las Formas del Terreno en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurriá (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Tipo de suelo	Vertisol pélico gléyico	Fluvisol éutrico	Cambisol eutri-vértico	Isla aluvial	Banco de material	Cauce activo	Total
Superficie (ha)	1929.9	3738.3	45.2	5.4	14.3	8.6	5741.7
%	33.6	65.1	0.8	0.1	0.2	0.1	100



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

De acuerdo a la clasificación de la WRB 2022 y las barrenaciones realizadas en campo, los suelos se caracterizan de la siguiente forma:

Vertisol pélico gléyico (VRpegI): Los suelos vertisoles presentan limitaciones para el crecimiento de raíces, condiciones alternas de sequía y humedad, los minerales de arcilla se expanden y se retraen; a este tipo de suelos se asoció los calificadores pélico y gléyico; el primero hace referencia a que el suelo tiene una gran cantidad de arcillas finas, lo que contribuye a su plasticidad y pegajosidad cuando está húmedo; además, es característico únicamente de los Vertisoles.

Gléyico es proveniente de la palabra popular rusa gley; está caracterizada por arcilla húmeda azulada estas propiedades mencionan saturación de agua subterránea que fluye o se mueve hacia arriba; de acuerdo a las barrenaciones realizadas en todos los horizontes presentan arcilla; en los primeros 35 cm predominan los colores pardos grisáceos muy oscuros y las motas pardo fuertes.

En los siguientes 25 cm predomina el color pardo amarillento oscuro con motas grises oscuras; este tipo de suelos cada año en tiempo de seca desarrolla grietas anchas y de un metro de profundidad y en temporadas de lluvias puede presentar encharcamientos por varios días; este tipo de suelos coincidió con las napas de desborde.

Fluvisol éutrico (FLeu): El material flúvico se refiere a sedimentos fluviales que reciben material reciente o los han recibido en el pasado (aluviones recientes). Tienen estratificación obvia en el 25% o más del volumen del suelo, o contenidos de carbono orgánico (CO) de 0.2% o más, y un contenido de CO mayor o igual a 25% (relativo) y mayor o igual a 0.2% (absoluto) más alto que la capa suprayacente; de acuerdo a las barrenaciones presenta texturas arcillosas; en los primeros 28 cm tienen un color pardo grisáceo muy oscuro y motas amarillentas; en los siguientes 14 cm de la barrenación presentó un color gris oscuro y pardos y en lo últimos 17 cm de barrenación un gris oscuro y motas pardo amarillentas; cabe mencionar que su permeabilidad es lenta. Brindis-Santos *et al.* (2020), mencionan que los suelos fluvisoles se caracterizan por buena producción en los cultivos; y de acuerdo a las formas del terreno y las visitas en campo se notó que son las áreas donde predomina el cultivo de cacao.

Cambisol éutri-vértico (CMeuvr): Poseen un horizonte cámbico (Bw) que comienza a 50 cm o menos de la superficie del suelo y presenta alteración edafogenética débil a relativamente fuerte. La transformación del horizonte Bw respecto al material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla, o remoción de carbonatos.

De acuerdo a los datos obtenidos en las barrenaciones, en los primeros 13 cm se presenta un color pardo oscuro con pocas motas tenues pardas; en los siguientes 16 cm el color es grisáceo muy oscuro presentando pocas motas de color pardo fuerte y algunas grises verdes oscuras y en los últimos 30 cm de barrenación el color se tornó a pardo oscuro con motas pardo fuerte y algunas Gley, gris verdoso oscuro; en este espacio prevalecían cultivos de caña de azúcar.

En los tres tipos de suelos se observó el cultivo de cacao tal como lo menciona (Francisco-Santiago *et al.*, 2023); expresando que los Sistemas Agroforestales de *Theobroma cacao* en Tabasco están plantados en suelos de origen aluvial como Fluvisoles, Cambisoles y Vertisoles; sin embargo, donde hay mayor prevalencia es en el suelo Fluvisol éutrico.

Tierras campesinas

En las entrevistas los campesinos señalaron dos clases de tierras (**Figura 19**). La **barrosa**, asociada a tierras de áreas bajas, la describen como “chiclosa” y es más apta para caña de azúcar; respecto a las formas del terreno tiene asociación a las napas de desborde con suelo Vertisol pélico gléyico. La tierra **arenillosa**, asociada a las partes altas, es la “mejor tierra”, puesto que cualquier cultivo que establezcan prolifera; está asociada al cultivo de cacao; con respecto a las formas del terreno corresponde al albardón de río alto y bajo con suelos Fluvisol éutrico. En el **Cuadro 7**, se observa el porcentaje de tierras campesinas identificadas.

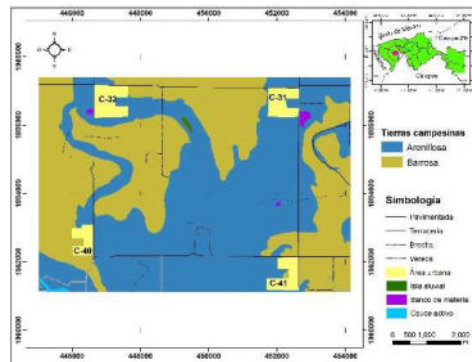


Figura 19. Mapa de tierras campesinas en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurriá (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Cuadro 7. Superficie de tierras campesinas en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurriá (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

Tierra Campesina	Barrosa	Arenillosa	Isla aluvial	Banco de material	Cauce activo	Total
Superficie (ha)	1929.9	3783.5	5.4	14.3	8.6	5741.7
%	33.6	65.9	0.1	0.2	0.1	100

En el cuadro 4 se presenta las formas del terreno asociadas a los tipos de suelos y clase de tierra campesina

Cuadro 8. Asociación de formas del terreno a los tipos de suelos y clase de tierra campesina en los Poblados Licenciado Francisco Trujillo Gurriá (C-32), Ernesto Aguirre Colorado (C-40) y Carlos A. Madrazo (C-41) del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

ID	Forma del terreno	Suelo	Clase de tierra campesina
1	Napa de desborde	Vertisol pélico gléyico	Barrosa
2	Cauce colmatado	Fluvisol éutrico	Arenillosa
3	Albardón de río bajo	Fluvisol éutrico	Arenillosa
4	Albardón de río alto	Cambisol eutri-vértico	Barrosa

Conclusiones

Con el enfoque geopedológico se identificó un paisaje geomorfológico con siete formas de terreno, de las cuales sobresalieron cuatro. Esto permitió la elaboración de mapas de suelos que indican la relación entre formas de terrenos y tierras campesinas, en un área de 5741.7 ha. De esta área, el 42.3% correspondió a la forma de terreno albardón de río bajo y 65.1% al tipo de suelo Fluvisol éutrico. Los suelos identificados coinciden con texturas arcillosas, con las limitantes de permeabilidad y textura. Además, los datos de coloración coinciden con los datos de perfiles identificados y la descripción por los campesinos. Se deduce que la experiencia de los campesinos es exacta en la identificación de la aptitud agrícola de cada una de sus tierras. Se sugiere continuar las actividades relacionadas al conocimiento de tierras campesinas, puesto



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

que esto representa el conocimiento local asociado a la ciencia y cada campesino conoce la ubicación y características de las tierras.

Referencias bibliográficas

- Brindis-Santos AI; Palma-López DJ; Zavala-Cruz J; Mata-Zayas AE; López-Bustamante YI (2020). Paisajes geomorfológicos relacionados con la clasificación de los suelos en planicies y terrazas de Tabasco, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana – UNAM. 72 (1).
- Francisco-Santiago SP; Palma-López DJ; Sánchez-Hernández R; Obrador-Olán JJ; García-Alamilla P (2023). Fertilidad edáfica y nutrición en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres suelos de Tabasco, México. Terra Latinoamericana. 41.
- López-Castañeda A, Zavala-Cruz J, Palma-López DJ, Bautista-Zúñiga F, Rincón-Ramírez JA. (2022). Formas del terreno a escala detallada en planicies aluviales y lomeríos de llanura costera tropical utilizando el enfoque geopedológico (Huimanguillo, Tabasco). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 74 (2). A100122.
- WRB. IUSS Working Group WRB. 2022. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. 4ª edición. Unión Internacional de las Ciencias del Suelo (IUSS), Viena, Austria.
- Zavala-Cruz, J., Jiménez, R., Palma-López, D. J., Bautista, F., y Gavi, F. (2016). Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 3(8), 161-171.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

SISTEMA INTEGRAL PARA LA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN EXCEL®

José Germán Flores-Garnica^{1*}, Gabriela Ramírez-Ojeda¹ Ana Graciela Flores-Rodríguez¹

¹CIRPAC- Campo Experimental Centro Altos, INIFAP

*Autor para correspondencia: fgabramirezo@gmail.com

Palabras clave: incendios forestales, modelos de combustibles, automatización

Introducción

Los incendios son un factor que puede detonar cambios dentro de los ecosistemas forestales, sin embargo, el grado de impacto depende de varios factores, como la frecuencia y la severidad de fuego. Esto, a su vez, condiciona la capacidad de resiliencia de los ecosistemas impactados por el fuego, lo cual puede ser evaluado a través de la respuesta de la regeneración natural (Aquino *et al.*, 2024). De esta forma, si se pudiera conocer con antelación el comportamiento del fuego, se podría estimar los posibles impactos. Con esta información se podría apoyar a los técnicos encargados del manejo del fuego a definir, por ejemplo, las actividades de manejo de combustibles, quemas controladas, combate de incendios. Además, también se podría simular el posible impacto del fuego y, de esta forma, apoyar la toma de decisiones en cuanto a la ubicación y delimitación de áreas prioritarias para el establecimiento de estrategias preventivas o, en su caso, de restauración del ecosistema. Más aun, en los ecosistemas forestales el fuego, de incendios forestales, juega un importante papel ya que, entre otras cosas, pueden determinar el establecimiento de la regeneración y mantenimiento de la biodiversidad (Juan *et al.*, 2023). No obstante, los efectos de los incendios (benéficos o negativos) están condicionados al comportamiento del fuego, el cual define su nivel de severidad (grado de impacto). Esto implica que el nivel de severidad potencial del fuego puede clasificarse en: a) bajo, cuando el fuego no tiene efecto en el estrato arbóreo y solo avanzan de manera superficial; b) medio, se registra una ligera mortalidad del arbolado, aunque no afecta a la estructura del ecosistema, y la regeneración del arbolado se puede dar mediante rebrotes o semillas; y c) alto, puede provocar la muerte de la mayor parte de los árboles, propiciando el reinicio, o el redireccionamiento, del ciclo de desarrollo del ecosistema. De acuerdo con lo anterior, un comportamiento del fuego moderado, que resulte en una severidad media, puede favorecer, en un bosque de pino, el establecimiento de la regeneración natural (Aquino *et al.*, 2024). Mientras que en un ecosistema donde prevalecen especies de encino, un incendio de severidad alta puede favorecer la ocurrencia de rebrotes de encino.

En México, poco se ha trabajado sobre la evaluación de comportamiento del fuego, y aún menos sobre estrategias de simulación, para lo cual se deben considerar varios factores, como lo son la pendiente, la vegetación, el clima, entre otros. Como una alternativa a esta carencia, pueden alguno de los modelos de simulación que actualmente existen, tales como, por ejemplo, FARSITE o BEHAVE (Andrews, 2014), los cuales están basados en un grupo de 13 modelos de combustibles asociados a cierta dispersión del fuego. Sin embargo, su uso requiere de un alto grado de capacitación y de contar con el equipo de cómputo adecuado. En México se ha implementado esfuerzos para integrar herramientas como el Sistema de Predicción de Incendios Forestales (SPIF-Mex), que adapta principios del Fire Danger Rating System canadiense, incorporando variables meteorológicas, topográficas y de combustibles. No obstante, su aplicación en campo todavía presenta limitaciones por la falta de series de datos locales suficientemente amplias y representativas, así como por la carencia de estaciones meteorológicas con cobertura adecuada en zonas críticas (Vega-Nieva *et al.*, 2018).

Materiales y métodos

En este trabajo se creó un sistema que facilite las estimaciones del comportamiento del fuego, tomando en cuenta los modelos de combustibles propuestos por Anderson (1982), incorporando cuatro condiciones de ecosistemas: 1) dominados por arbolado, 2) dominados por arbustos; 3) dominados por pastos; y 4) con



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

residuos de aprovechamiento forestal. Esta simulación corresponde a un incendio forestal superficial, con base al cual se pueden estimar diferentes parámetros del comportamiento del fuego de un incendio, como la velocidad de propagación, longitud de llama, altura de llama, entre otros. Como datos de entrada (insumos) se debe proporcionar valores correspondientes a varios factores, como son las cargas de combustibles (ton/ha), la pendiente del terreno (%), humedad de los combustibles, entre otros. facilitando al usuario el manejo de datos, la interpretación de resultados y la toma de decisiones. Con el propósito de que su uso y difusión sea sencillo, para el usuario final, el sistema se desarrolló como una interface dentro del ambiente de Microsoft Excel®, que agiliza la introducción de datos y generan información numérica y gráfica de fácil interpretación. La simulación corresponde a un incendio forestal superficial, y cada una de las interfaces se desarrollaron con base a una serie de macros (programas internos para Excel®), las cuales trabajan considerando los siguientes factores:

Modelos de combustibles. Pastos (Pastizal bajo, que se refiere a pastos menores de 30 cm; Arbolado con pastizal; y Pastizal alto, donde se tienen pastos mayores a 30 cm.), arbustos (Chaparral; Arbustos; Arbustos y hojosas; y Arbustos y Coníferas), arbolado (Bosque cerrado; Encinares; y Sotobosque), ecosistemas bajo aprovechamiento (Aprovechamiento ligero; Aprovechamiento medio; Aprovechamiento intenso) (Anderson, 1982).

Dirección del fuego. Debido a que el comportamiento del fuego puede variar de acuerdo a la dirección, en relación a la pendiente, en la que avance. La interface considera si el fuego va a favor de la pendiente, es decir de abajo hacia arriba o en contra de la pendiente, avanzando desde arriba hacia abajo.

Factor de reducción por viento. El comportamiento del fuego se puede ver influenciado por la velocidad del viento por lo cual la interface toma como valor de 1 que no hay alteración del efecto del viento; <1, reducción del efecto del viento (p.e. 0.80 se reduce en 20%); y >1, incremento del efecto del fuego (p.e. 1.20 se incrementa en 20%).

Factor de corrección. En campo se puede determinar el comportamiento del fuego estableciendo sistemáticamente señalamientos que indiquen la distancia recorrida por el fuego, en un tiempo determinado. Con base a esto, se considera un factor de corrección del sistema, donde si los resultados coinciden con el comportamiento del fuego en campo, no es necesario modificarlo, por lo que su valor sería 1 (equivalente al 100%). Pero, si se considera que el sistema sobrestima, o subestima, se podrán hacer los ajustes correspondientes.

Combustibles forestales. Gran parte del comportamiento del fuego depende de las cargas (t/ha) de las diferentes clases de combustibles forestales que se encuentre en el área, ya que es el material que se consumirá por el fuego. Por lo tanto, el sistema considera estas cargas de combustibles dependiendo de su tiempo de retardo (tiempo que tardan para llegar a un estado de equilibrio entre su contenido de humedad y la humedad ambiental). Con base a esto, se tienen las siguientes clases: 1 hora (Ramilla < 0.6 cm), 10 horas (Ramillas y/o ramas entre 0.61 y 2.5 cm), 100 horas (Ramas entre 2.51 y 7.6 cm) y 1000 horas (Troncos >7.61 cm) (Brown, 1971).

Velocidad del viento. El sistema considera la velocidad del viento en kilómetros por hora (km/ha).

Pendiente. El sistema considera el porcentaje de pendiente que se tenga en el área donde se quiera estimar el comportamiento del fuego.

Resultados y discusión

Se desarrolló un sistema de simulación del comportamiento del fuego general desarrollado en el programa Excel® y se presenta al usuario en cuatro interfaces, una para cada grupo de condiciones forestales (pastizales, arbustivos, arbolados y con aprovechamiento (Figura 1). De esta manera el usuario puede capturar de forma sencilla los datos requeridos por el sistema descrito en el partido de metodología (Modelos de combustibles, Dirección del fuego, Factor de reducción por viento, Factor de corrección,



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Combustibles forestales, Velocidad del viento y Pendiente.) Con toda esta información el sistema genera los siguientes resultados del comportamiento del fuego:

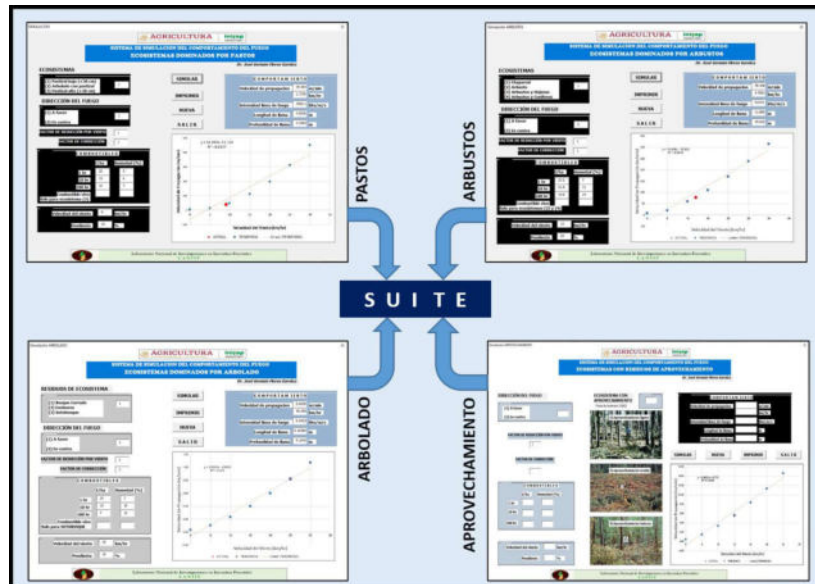


Figura 1. Grupo de programas que componen el sistema para la estimación del comportamiento del fuego bajo diferentes condiciones forestales.

Velocidad de propagación. La velocidad de propagación del fuego estimada se reporta en dos versiones: a) en metros por minuto (m/min); y b) en kilómetros por hora (km/hr).

Intensidad de la línea de fuego. La energía que se libera en un incendio forestal depende del tipo, cantidad y condiciones de los combustibles, lo cual se ve influenciado por las condiciones ambientales. La intensidad de la línea de fuego es la cantidad de calor liberado durante la combustión por unidad de longitud (metros) del frente de llamas por unidad de tiempo. Esta intensidad representa el calor que un combatiente sentiría en el frente de las llamas del incendio. El sistema genera este valor en unidades térmicas británicas (BTU), por metro, por segundo (BTU/m/s).

Longitud de llama. La longitud de la llama es un parámetro que se relaciona con la intensidad del incendio, por lo que puede usarse como un indicador del grado de impacto potencial del fuego (Anderson, 1982). Como regla general se tiene que, a mayor longitud de llama, mayor intensidad del fuego. Este parámetro se reporta en el sistema en metros.

Profundidad de llama. La profundidad de llama se refiere a la distancia entre la punta de la llama y el punto a la mitad de su espesor (grosor), lo cual se ve influenciado por la velocidad del viento y la pendiente del terreno. Este parámetro se reporta en el sistema en metros.

Correlación de la velocidad de propagación y la velocidad del viento. Debido a que en un incendio ocurren variaciones de la velocidad del viento, es importante tener una idea de cómo esta tendencia puede afectar la velocidad de propagación del fuego. De esta forma, el usuario podrá determinar que tanto variará la velocidad de propagación si el viento aumenta, o, por el contrario, que se esperaría si el viento disminuye. Para esto el sistema, simula el comportamiento del fuego variando la velocidad del viento en rangos de 5 km/hr, desde 0 hasta 30 km/hr. Con base a esto, el sistema genera: a) una gráfica de correlación lineal; b)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

la línea de tendencia que se genera por la variación del viento (0-30 km/ha); c) el modelo correspondiente; y d) el coeficiente de determinación (Figura 2).

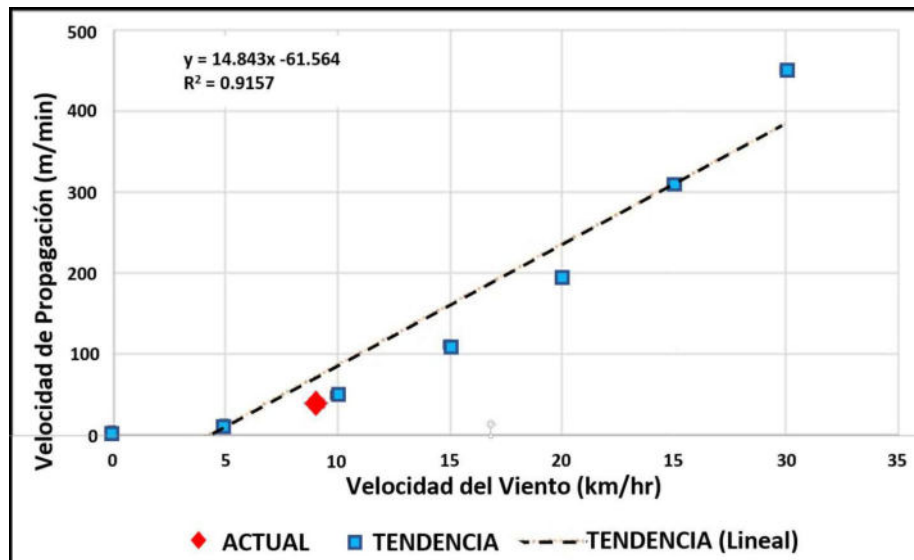


Figura 2. Ejemplo de reporte de la tendencia de la velocidad de propagación del fuego, en relación a variaciones de la velocidad del viento. Rombo rojo corresponde al valor de velocidad de viento indicado por el usuario.

Es importante resaltar, que la simulación del comportamiento del fuego se hace en forma puntual, es decir, considerando solamente una serie de condiciones de simulación a la vez. En posteriores versiones, se busca que el usuario pueda realizar varias simulaciones, bajo diferentes escenarios de comportamiento del fuego.

Conclusiones

Se creó un sistema estructurado, que mediante datos de entrada tomados en campo en cierta área de interés como: modelos de combustibles, dirección del fuego, factor de corrección, cargas de combustibles, velocidad del viento y pendiente del terreno. Como resultado, se genera un informe de predicción del comportamiento del fuego, el cual se conforma de la siguientes variables como: velocidad de propagación, intensidad de la línea de fuego, longitud de llama, profundidad de llama y correlación propagación / viento. Esto es muy útil debido a que, en el estudio y desarrollo de sistemas de predicción del comportamiento del fuego en México, se tiene que enfrentar una amplia cantidad de escenarios forestales, lo que a su vez implica la necesidad de contar con modelos de combustibles específicos para cada uno de estos escenarios. A diferencia de países como Estados Unidos, Canadá o Australia, donde existen modelos de combustibles consolidados, se han creado diferentes sistemas de simulación (p.e. BehavePlus, FARSITE o PROMETHEUS), sin embargo requiere de una alta capacitación técnica. Por lo que el presente sistema de simulación, es una herramienta práctica para la estimación del comportamiento del fuego, bajo diferentes ecosistemas forestales de México, sin necesidad de que el usuario sea un experto en manejo del fuego. La información generada podrá usarse como apoyo a la toma de decisiones en el manejo del fuego.

No obstante, es impórtate considerar que aún se tienen muchos retos que considerar en cuanto a la implantación de sistemas de predicción de comportamiento del fuego en México, como lo es el cambio climático, condiciones de sequía extrema, falta de datos continuos de estaciones meteorológicas, falta de



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

información de cargas de combustibles, entre otros. Además debe considerarse la implementación de sistemas de información geográfica (SIG) y plataformas satelitales, vinculados a la predicción del comportamiento del fuego, con el propósito de clasificar áreas de por riesgo y peligro de incendio. Más aún, es importante fortalecer e impulsar investigaciones interdisciplinarias y la generación de bases de datos nacionales, para mejorar la precisión y aplicabilidad de este sistema como apoyo a la gestión integral del manejo del fuego.

Fuente financiera

La información de este trabajo son resultados del proyecto de investigación "Determinación de áreas prioritarias para implementar estrategias de restauración en ecosistemas impactados por incendios forestales (Número de Proyecto: 9333136459)" del INIFAP.

Referencias bibliográficas

- Anderson, H. E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. General Technical Report INT-122, USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Odgen, UT. 22 p.
- Andrews, P. L. 2014. Current status and future needs of the BehavePlus fire modeling system. International Journal of Wildland Fire, 23: 21-33.
- Aquino L., R., Castañeda H., E., Rodríguez O., G., Santiago M., G.M., Bustamante G., Á., Lozano T., S. 2024. Análisis de la regeneración y piso forestal dos años después en rodal incendiado del sur de México. Bosque, 45(1): 43-53.
- Brown, J. K. 1971. A planar intersects method for sampling fuel volume and surface area. Forest Science, 17(1): 96-102.
- Juan B., I.B., Martínez G., C., Jardel P., E.J. 2023. Efecto de la severidad de incendio en la estructura y regeneración del bosque tropical de pino-implicaciones para su restauración. Botanical Sciences, 102 (2): 346-368.
- Vega N., D.J., Briseño R., J., Nava M., M.G., Calleros F., E., López S., P.M., Corral R., J.J., Montiel A., E., Cruz L., M.I., Cuahutle, M., Ressler, R., Alvarado C., E.; González C., A., Jiménez, E., Álvarez G., J.G., Ruiz G., A.D., Burgan, R.E., Preisler, H.K. 2018. Developing models to predict the number of fire hotspots from an accumulated fuel dryness index by vegetation type and region in Mexico. Forests, 9(4): 1-18.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

CRECIMIENTO Y DINÁMICA MICROBIANA EN LA RIZOSFERA DE *LEERSIA HEXANDRA* SW. EN SUELOS IMPACTADOS POR PETRÓLEO METEORIZADO

José Alberto Orocio-Carrillo^{1*}, María del Carmen Rivera-Cruz¹, Antonio Trujillo-Narcía², Karla Chávez-Alvarez¹.

¹Laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Km 2.5 Periférico Carlos A. Molina, CP 86570 H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Universidad Popular de la Chontalpa, Cuerpo Académico Energía y Medioambiente. Chontalpa, Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 2, Ra. Paso y Playa, H. Cárdenas, CP 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: orocio.alberto@colpos.mx

Palabras clave: Rizosfera, *Azospirillum* spp., *Azotobacter* spp,

Introducción

En zonas petroleras del mundo y en México existen sistemas de producción forrajeros establecidos en suelos impactados por hidrocarburos del petróleo, los cuales superan los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA-1-2012 (DOF, 2013). Durante el periodo 2018 a 2024, petróleos mexicanos reportó 270 derrames de hidrocarburos en México, siendo Tabasco y Veracruz las entidades más afectadas, con 70 y 62 casos respectivamente (Ramírez, 2025). La contaminación del suelo por hidrocarburos totales del petróleo (HTP), constituye un problema ambiental global debido a la presencia de compuestos como resinas, asfaltenos, benceno e hidrocarburos aromáticos policíclicos (Gab-Allah *et al.*, 2021) los cuales son altamente tóxicos, mutagénicos y carcinogénicos (Ullah *et al.* 2021) que provocan la degradación de los recursos bióticos del suelo. Este tipo de contaminación altera las propiedades fisicoquímicas del suelo y reduce la disponibilidad de oxígeno, agua y nutrientes, lo que limita el crecimiento y desarrollo vegetal (Correa *et al.*, 2022) debido a la alteración de las especies reactivas de oxígeno que inducen estrés oxidativo en las plantas. Asimismo, los hidrocarburos afectan la microbiota edáfica, en particular las poblaciones de bacterias promotoras del crecimiento vegetal como *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp., cuya dinámica poblacional puede incluso incrementarse bajo condiciones de contaminación (Arias-Trinidad *et al.*, 2017). No obstante, existen plantas que presentan mecanismo de tolerancia y adaptación al estrés generado por el petróleo. Tal es el caso de *Leersia hexandra*, una gramínea forrajera nativa de regiones tropicales húmedas, que ha mostrado capacidad de adaptación a suelos contaminados con hidrocarburos (González-MoscOSO *et al.*, 2017). En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los hidrocarburos totales del petróleo sobre el crecimiento de *L. hexandra* y la dinámica de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal en cinco zonas de una finca contaminada con petróleo meteorizado.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una finca de 2.43 ha, ubicada en el ejido José Narciso Rovirosa, municipio de Huimanguillo, Tabasco, en el sureste de México. El sitio se localiza en las siguientes coordenadas UTM en la zona 15Q: longitud 389,515 y longitud 1, 998, 987, dentro de una llanura costera de humedales caracterizada por suelos gleizados que presentan inundaciones estacionales de hasta 0.9 m de profundidad. En el área existen ductos subterráneos que transportan petróleo crudo y gas natural hacia el Complejo Petroquímico de La Venta, además de un pozo sellado (Rivera-Cruz *et al.*, 2016). Este suelo ha estado expuesto durante más de 50 años a contaminación crónica, derivada de frecuentes derrames de petróleo crudo (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2016).

Colecta de suelo

Se realizó un estudio en cinco zonas (Z), cada zona consistió en un área de 9 m² (3 x 3 m) (Figura 1). Dentro de cada zona se realizó el corte manual de las plantas y se extrajo la biomasa vegetal, luego se removió y homogeneizó el suelo. Posteriormente, se recolectó de manera aleatoria suelo para evaluar la concentración inicial de petróleo meteorizado total mediante extracción durante 8 h en equipo Soxhlet con diclorometano grado analítico (USEPA 1996) y cuantificación gravimétrica (DOF, 2006). La Z1 contenía 1867 ± 249 mg de HTP, la Z2 con 20925 ± 377 mg, la Z3 con 25536 ± 227 mg de HTP, la Z4 con 30330 ± 592 mg y finalmente la Z5 con 45625 ± 792 mg de HTP. El contenido de HTP en la Z1 fue menor que el límite máximo permisible para suelos agrícolas (bajo nivel de hidrocarburos); mientras que Z2, Z3, Z4 y Z5



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

presentaron concentraciones de petróleo meteorizado superiores a lo permitido para los organismos vivos, de acuerdo con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 (SEMARNAT, 2013).

Especie vegetal utilizada en el estudio y establecimiento del experimento

La especie seleccionada para este estudio fue *L. hexandra*, una gramínea forrajera perenne presente de forma natural en el sitio experimental, reconocida por su capacidad de adaptación a condiciones de anegamiento y tolerancia al estrés generado por la contaminación con petróleo crudo (Rivera-Cruz *et al.*, 2016; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2016).

En cada zona experimental se delimitó un área de 4 m² (Figura 1) ubicada en el centro de cada Z, donde se trasplantaron con brotes de *L. hexandra* (altura promedio de 40.3 ± 5.5 cm) colectadas de áreas adyacentes no contaminadas. La siembra se realizó en un marco real de 0.20 × 0.20 m, con el objetivo de asegurar una distribución uniforme y óptimo desarrollo de las plantas. Para proteger las zonas experimentales del ingreso de ganado durante el periodo de evaluación, cada zona fue delimitada con postes de 2 m de altura y cercada con malla de alambre galvanizado de 1.5 m (Figura 1).



Figura 1. Delimitación de las zonas experimentales con malla de alambre galvanizado.

Variables de crecimiento

Al día 60 se midió la altura de la planta, número de hijuelos en el macollo y número de entrenudos. La altura de la planta se midió con una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja central de la planta. El número de hijuelos se realizó contando directamente la cantidad de plantas que emergen del macollo de la planta principal. El número de entrenudos se contó del tallo principal del pasto desde el primer nudo basal visible hasta el último nudo donde emerge la hoja apical.

Densidad de rizobacterias

El conteo de bacterias *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp. se realizó en 10 g de muestra fresca colectada en la zona de estudio, con el método de dilución seriada y determinación de cuenta viable en cajas Petri en medio de cultivo específico (Madigan *et al.* 2021). El medio de cultivo para bacterias *Azospirillum* spp. fue agar rojo congo (Döbereiner *et al.*, 1966) y para *Azotobacter* spp. en agar Asby (Döbereiner *et al.*, 1966). Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 72 h. Se contaron las colonias bacterianas y se expresaron como UFC por gramo de suelo.

Análisis estadísticos

Para cada variable evaluada se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el uso del programa estadístico SAS v.9.4 (SAS, 2005).

Resultados y discusión

El crecimiento en la altura, número de hijuelos en el macollo y entrenudos de *L. hexandra* mostró diferencias estadísticas (Tukey, $P \leq 0.05$) debido al efecto del HTP contenido en el suelo de las cinco zonas (Cuadro 1). La altura del pasto se incrementó significativamente en las zonas con mayor contenido de petróleo meteorizado (30330 mg/kg), alcanzando 324.8 cm, en comparación a la zona de bajo nivel de contaminación (1866 mg/kg). En contraste, el número de hijuelos mostró una fuerte reducción conforme al aumento de HTP en el suelo. En el suelo con bajo nivel se obtuvieron 21 hijuelos, mientras que en el suelo de las zonas con alto nivel de HTP (≥ 20000 mg/kg) la producción se redujo entre 66.7 y 76.2%. Respecto



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

al número de entrenudos, los valores más altos se registraron en las zonas de mayor contaminación (14-15 entrenudos), duplicando lo observado en el nivel bajo (7 entrenudos).

El efecto del suelo de las zonas con mayor contenido de petróleo meteorizado en la estimulación de la altura (49.4%) y número de entrenudos (41.6%) fue evidente respecto a la zona de bajo nivel de hidrocarburos. Sin embargo, disminuye un 66.7% el número de hijuelos en el macollo. Estos resultados sugieren que *L. hexandra* presenta una estrategia adaptativa dual: bajo condiciones de baja contaminación promueve la propagación vegetativa mediante macollos, mientras que en ambientes altamente contaminados prioriza el crecimiento en altura y elongación del tallo, posiblemente como mecanismo de supervivencia.

Cuadro 1. Efecto de los hidrocarburos totales del petróleo en el suelo sobre la altura, numero de hijuelos en el macollo y numero de entrenudos de *L. hexandra* después de 60 días de exposición.

Zona/HTP (mg/kg)	Altura (cm)	%	Hijuelos en el macollo	%	Entrenudos	%
1:1866	101.9±7.9d		21±4.5a		7±0.5c	
2:20925	203.5±3.8b	+49.9	5±1.3c	-76.2	14±0.9ab	+50
3:25536	120.7±26.3d	+15.6	12±3.6b	-42.9	8±2.0c	+12.5
4:30330	324.8±27.1a	+68.6	5±0.8c	-76.2	15±2.0a	+53.3
5:45625	157±13.5c	+35.1	7±1.5c	-66.7	12±1.3b	+41.7
Global						
Hidrocarburos de bajo nivel	101.9b		21a*		7b	
Petróleo meteorizado	201.5a*	+49.4	7b	-66.7	12a*	+41.6

El símbolo % (+) representa un aumento y % (-) una disminución de altura, número de hijuelos en el macollo y entrenudos, respecto de los valores del tratamiento de bajo nivel de hidrocarburos (1866 g/kg) de HTP). Dentro de cada columna letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $P \leq 0.05$).

*Estadísticamente mayor.

Las poblaciones de microorganismos diazotróficos en la rizosfera de *L. hexandra* mostraron diferencias estadísticas en cada una de las cinco zonas evaluadas (Tukey ≤ 0.05) (Figura 2). En particular, *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp. presentaron mayor abundancia en zonas con mayor nivel de contaminación de hidrocarburos (≥ 20000 mg/kg). La mayor población de *Azospirillum* fue en la zona 2 (78×10^3 UFC) y menor en la zona 1 de bajo nivel de hidrocarburos (36×10^3 UFC) una diferencia de 116.7% (Figura 2a). Así mismo, la mayor población de *Azotobacter* spp. fue en la zona 3 (51×10^2 UFC) y la menor en la zona 1 (3×10^2 UFC), siendo 17 veces mayor (Figura 2b). Considerando que estos grupos microbianos están vinculados a la promoción del crecimiento vegetal mediante producción de fitohormonas y fijación de nitrógeno (Giri *et al.*, 2025), su incremento en zonas específicas sugiere una respuesta adaptativa que podría favorecer la tolerancia y establecimiento de *L. hexandra* en suelos contaminación por petróleo. Este efecto positivo sobre la estimulación de las rizobacterias promotoras del crecimiento bajo niveles altos de HTP en el suelo es similar con lo reportado por Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2016) y Rivera-Cruz *et al.* (2016) quienes observaron un incremento en las poblaciones de bacterias heterotróficas, fijadoras de nitrógeno, así como bacterias solubilizadoras de fosforo y potasio en la rizosfera de *L. hexandra* expuesta a petróleo meteorizado.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

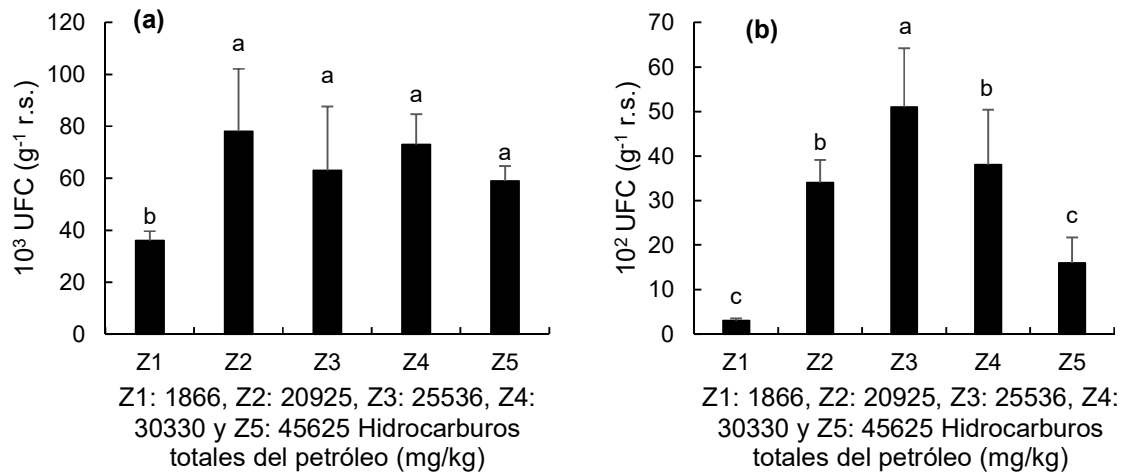


Figura 2. Cambios en *Azospirillum* spp. (a) y *Azotobacter* spp. (b) en la rizosfera de *L. hexandra* en las diferentes zonas de la finca. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey p ≤ 0.05).

Conclusiones

Los resultados evidenciaron que en las zonas con bajo nivel de HTP se favoreció la propagación vegetativa de *L. hexandra* (mayor número de hijuelos), mientras que en suelo altos niveles de hidrocarburos (≥20000 mg/kg) se estimuló el crecimiento en altura y formación de entrenudos, lo que refleja una estrategia adaptativa que le permite persistir en condiciones de estrés. Así mismo, en estas zonas con alto nivel de contaminación se observó un incremento significativo en las poblaciones rizosféricas de *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp. lo que indica una respuesta adaptativa de la microbiota asociado al pasto. En conjunto, los resultados confirman que *L. hexandra*, en asociación con comunidades bacterianas tolerantes, constituye una especie prometedora para implementar estrategias de fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos meteorizados.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico y científico para la realización de esta investigación.

Fuente Financiadora

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)

Referencias bibliográficas

- DOF. 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos En Suelos y Lineamientos Para El Muestreo En La Caracterización y Especificaciones Para La Remediación. Segunda Sección. México, D.F. 10 Septiembre 2013. 16 p.
- Giri, B.R., Chattaraj, S., Rath, S., Pattnaik, M.M., Mitra, D. y Thatoi, H. 2025. Unveiling the Molecular Mechanism of *Azospirillum* in Plant Growth Promotion. *Bacteria*. 4(3): 36. <https://doi.org/10.3390/bacteria4030036>
- Rivera-Cruz, M.C., Trujillo-Narcía, A., Trujillo-Rivera, E. A., Arias-Trinidad, A., y Mendoza-López, M.R. 2016. Natural attenuation of weathered oil using aquatic plants in a farm in Southeast Mexico. *Int. J. Phytoremediation*. 18(9): 8773884. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1156632>
- Rodríguez-Rodríguez, N., Rivera-Cruz, M.C., Trujillo-Narcía, A., Almaráz-Suárez, J.J., y Salgado-García, S. 2016. Spatial Distribution of Oil and Biostimulation Through the Rhizosphere of *Leersia hexandra* in Degraded Soil. *Water Air Soil Poll.* 227(9): 319. <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3030-9>
- Madigan, M.T., Bender, K.S., Buckley, D.H., Sattley, W.M., y Stahl, D. A. 2021. *Biology of Microorganisms* (16th ed.). S.A. Madrid (Spain): Pearson Education.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN SEDIMENTOS DE LA PRESA LA VEGA EN TEUCHITLÁN, JALISCO

Celia de la Mora-Orozco¹, Edgardo Martínez-Orozco^{2*}, Laura Izascum Pérez-Valencia²

1 CIRPAC- C.E. Centro Altos de Jalisco, INIFAP; 2 Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y
Henríquez, Unidad Académica Arandas

*Autor para correspondencia: edgardo.martinez@arandas.tecmm.edu.mx

Palabras clave: Contaminación, embalses, toxicidad

Introducción

Las actividades agrícolas juegan un papel importante en la calidad del agua de los cuerpos de agua, ya que el exceso de la aplicación de insecticidas y herbicidas son acarreados por las corrientes de los escurrimientos generados durante la estación lluviosa (López-López, Paulo-Maya, 2001). Otro problema que se origina en la estación lluviosa es la erosión hídrica del suelo, que se define como el proceso de desprendimiento, transporte y depósito de partículas por agentes erosivos, como las gotas de lluvia, el escurrimiento superficial o el viento. El impacto de las gotas de lluvia en el suelo eventualmente ocasiona la saturación de la capa superficial y en consecuencia las partículas del suelo son removidas (Figuerola *et al.*, 1991). Cuando se presenta el flujo superficial se tiene la capacidad de remover las partículas del suelo, y una vez que el sedimento entra al flujo superficial como partículas primarias o agregados, una proporción de éstas se deposita en el terreno o el canal y estarán expuestas nuevamente a los procesos de remoción y transporte (Rose P.B., 1992, y Hairsine C.W., 1992).

Los sedimentos que la lluvia acarrea con el escurrimiento degradan la calidad del agua para el consumo humano y las diversas actividades que se llevan a cabo en los cuerpos de agua. Para la vida silvestre y para el suelo cercano a los arroyos, el agua contaminada con sedimentos se torna turbia, por la concentración de sólidos disueltos que también impide el crecimiento de vegetación natural en el agua. Los sólidos disueltos totales (SDT) están formados por partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación que es la unión de varias partículas (Miller *et al.*, 2002). Las partículas en suspensión atrapan contaminantes presentes en la columna de agua, y cuando finalmente sedimentan depositan en el fondo de los cuerpos de agua una gran cantidad de contaminantes (de la Mora *et al.*, 2013). Este proceso es de gran importancia ya que, existen organismos en el fondo de los cuerpos de agua (Bentos) que se alimentan de la materia presente en el sedimento. Dentro de la cadena trófica el bentos es ingerido por los peces. Y los peces a su vez son ingeridos por los humanos con la consecuente acumulación de contaminantes.

En el caso específico de la presa La Vega localizada en Teuchitlán, Jalisco, el uso del suelo en el Municipio de Teuchitlán en su mayoría es agrícola, pecuario y forestal, además de otros usos como la pesca comercial y el turismo, donde todas estas actividades dependen de la presencia de agua (Ramsar, 2009).

La caracterización de los contaminantes en los sedimentos de la presa La Vega (según la NOM-021-RECNAT-2000 la cual tiene una denominación actual que es la NOM-021-SEMARNAT-2000), son de vital importancia, ya que existe un aproximado de 105 familias de las comunidades cercanas cuya principal actividad es la pesca. En este sentido, es importante realizar un diagnóstico de la composición química de los sedimentos de la presa La Vega para apoyar en la toma de decisiones y en la implementación de medidas preventivas para reducir la cantidad de fuentes contaminantes al embalse contribuyendo al mejoramiento del ambiente y la salud humana.

Considerando los resultados de estudios previos de calidad del agua en la presa La Vega, se considera relevante la determinación de los elementos químicos presentes en los sedimentos ya que el embalse ha



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

tenido una vida útil de 45 años aproximadamente. El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización de elementos contaminantes en los sedimentos superficiales de la presa La Vega, a través del análisis químico.

Materiales y métodos

Área de estudio. Dentro de las regiones hidrológicas del estado de Jalisco, se encuentra la región-Ameca dentro de la cual se encuentra la presa La Vega-Cocula, el río Ameca-Atenguillo y el río Ameca-Ixtapa (Figura 5), con una cobertura de la superficie estatal mostrada en el Cuadro 12, el área de influencia de la presa La Vega abarca los siguientes municipios: Ameca, San Martín Hidalgo, Cocula, Tala, Teuchitlán, Ahualulco de Mercado, Villa Corona, Zapopan, el Arenal, Tequila, Magdalena, San Juanito de Escobedo, Etzatlán, Tecolotlán, Atemajac de Brizuela y Zacoalco de Torres. La Presa La Vega fue construida con fines de riego y control de avenidas entre 1952 y 1956. Se abastece de los ríos Teuchitlán y Salado, formadores del río Ameca. La capacidad total del vaso es de 44 mm³ que puede llegar a una capacidad máxima de 55 mm³ contando con un perímetro de 32, 296 m que aumenta para la Presa, el área correspondiente del embalse es de 1950 hectáreas (CEA Jalisco, 2011) con capacidad para desalojar hasta 250 m³/s. El agua superficial es utilizada en la zona de riego del Valle de Ameca en aproximadamente 10,000 hectáreas cultivadas principalmente con caña de azúcar, así como para los usos recreativo, turístico y pesquero (Comité Técnico para el Manejo Integral De La Presa La Vega, 2010).

Selección de sitios de muestreo. Para la selección de sitios de muestreo se utilizó la imagen satelital de la presa La Vega, se dividió en cuadrantes de 1 km² utilizando el software Google earth™. Los cuadrantes fueron enumerados y por medio del paquete estadístico Minitab se seleccionaron aleatoriamente los sitios, en total se recolectaron 8 muestras compuestas (24 submuestras) de sedimento, cada sitio de muestreo presentó diferente profundidad, ya que en la parte norte de la presa la profundidad máxima fue de 1.5 metros y 6 metros en la cortina del embalse, se recolectaron aproximadamente 4 kilos de muestra en cada sitio. Se utilizó una lancha dentro de la presa, y por medio de GPS (Etrex Marca Garmin®), se localizaron los sitios previamente seleccionados con los cuadrantes (Figura 1).



Figura 1. Sitios de muestreo seleccionados en la Presa La Vega

Los sitios seleccionados para el muestreo de sedimentos, son sitios identificados en trabajos anteriores, los cuales fueron establecidos de manera aleatoria, sin embargo, también se consideró la cercanía a los



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

diversos afluentes a la presa. También es importante comentar que en el área de influencia de la presa se llevan a cabo una serie de actividades como; ganadera, la agricultura y el turismo.

Los parámetros analizados son los siguientes: pH, Conductividad eléctrica, Nitrógeno total, Fósforo-Bray, Fósforo-Olsen, Sulfatos, Nitratos, Zinc, Boro, Calcio, Cobre, Fierro, Potasio, Magnesio, Manganeseo, Sodio y Materia orgánica, basados en la NOM-021-SEMARNAT-2010.

La recolección de muestras se realizó conforme a los lineamientos técnicos establecidos en la Norma Oficial mexicana NOM-AA-14-1980 "Cuerpos receptores, muestreo" (Anexo C) publicado en el Diario Oficial de la federación el viernes 27 de agosto de 1980. Se utilizó draga para la extracción de muestras en el sedimento, así como material de muestreo con las condiciones específicas de material y volumen requerido, se llevó a cabo el registro con datos como; fecha, hora y coordenadas específicas de cada sitio. Las muestras se colocaron en una hielera con las condiciones específicas de preservación para su traslado al Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, localizado en Tepatitlán de Morelos.

Análisis de muestras

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos, que se localiza en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla, en Nayarit. Por la naturaleza de las muestras, estas fueron sometidas a tratamiento previo a su análisis, el cual consistió en secado a temperatura ambiente, utilizando charolas de aluminio y tamizado con apertura de 0.5 mm. Las muestras se analizaron utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica para la determinación de micro y macronutrientes presentes. La determinación de nitrógeno total en el sedimento se realizó con el analizador elemental FLASH 2000. Se analizó Materia Orgánica con el método de Walkley y Black. La Conductividad eléctrica (C.E.) y el pH se analizaron utilizando conductímetro.

Análisis de resultados

Se realizó estadística (media y desviación estándar) entre los sitios de muestreo.

También se calculó el Relación de Adsorción de Sodio (RAS) en los sedimentos, utilizando la siguiente formula: $SAR = [Na^+] / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0.5}$, con las concentraciones de cationes en meq/L.

Resultados y discusión

Se observó un pH neutro (6.76) a ligeramente alcalino (7.53), los sedimentos presentan características de disponibilidad de nutrientes. Por C.E. (2.10 ± 0.52), pueden contribuir a la salinidad de los suelos y disminuir el rendimiento en los cultivos, como ocurre con caña de azúcar y maíz a C.E. > 2 o en algunas hortalizas a C.E. > 1 (Ruíz *et al.*, 2013). La M.O. $\geq 7\%$ fue muy alta, por lo que puede aportar abundantes nutrientes. No obstante, el N-NO₃ presentó concentración baja ($2 \pm 1.46 \text{ mg kg}^{-1}$), que es lo esperado, ya que por su alta movilidad y el ambiente húmedo en que se encuentra, no se acumula en los sedimentos.

Respecto al P, la concentración fue muy variable ($27.10 \pm 10.98 \text{ mg kg}^{-1}$), desde alta a moderadamente baja, lo cual posiblemente se relacione con la variación del pH, pues como lo indican Castellanos *et al.* (2000), en condiciones ligeramente alcalinas, como las que se registraron en algunas muestras de sedimentos, el P se vuelve insoluble. Estas variaciones también pueden tener relación con que, en la parte sureste de la presa, el río Salado, principal fuente de contaminación a la presa La Vega, desemboca en el embalse al (de la Mora *et al.*, 2013). Con relación al K, la concentración ($731.58 \pm 168.50 \text{ mg kg}^{-1}$), fluctuó de mediana a moderadamente alta, la cual pudiera no encontrarse en suficiencia para la mayoría de los cultivos, ya que los requerimientos de este elemento en las plantas son tan o más altos que el nitrógeno. Respecto a Ca ($3221.48 \pm 597.90 \text{ mg kg}^{-1}$) y Mg ($757.23 \pm 309.59 \text{ mg kg}^{-1}$), se encontraron en rangos que favorecen el intercambio de iones, además, el valor de su relación Ca/Mg sugiere un balance entre ambos, que beneficia la productividad del cultivo (Castellanos *et al.*, 2000).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Referente al RAS que define la sodicidad en términos de la concentración relativa de sodio (Na) en comparación con la suma de los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), de acuerdo a los resultados obtenidos estos iones no representan un problema en los sedimentos (Baccaro *et al.*, 2006). En cuanto a $S-SO_4$ ($333.13 \pm 124.73 \text{ mg kg}^{-1}$), aunque los niveles obtenidos se categorizan como muy altos a altos, se encuentran dentro de los contenidos esperados en la solución del suelo de zonas templadas, ya que Castellanos *et al.* (2000) reportan que, bajo condiciones similares, este ion puede variar desde 10 hasta 500 ppm. Por otro lado, estos autores Op. Cit. mencionan que, aun cuando los sulfatos son fácilmente lavados, el humus generado por los altos contenidos de MO, como ocurrió en las muestras de sedimentos, fija el azufre y lo protege de pérdidas por lavado. Mientras que el Fe ($279.00 \pm 77.03 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn ($7.57 \pm 3.72 \text{ mg kg}^{-1}$), Mn ($121.26 \pm 72.18 \text{ mg kg}^{-1}$), Cu ($6.01 \pm 3.34 \text{ mg kg}^{-1}$) y B ($25.11 \pm 4.65 \text{ mg kg}^{-1}$) también se determinaron en concentraciones “muy altas” que como lo indican Linnik y Zubenko (2000) sobrepasan los requerimientos de nutrientes de los cultivos, en caso de que los sedimentos se utilicen en suelos agrícolas se sugiere se realice con reserva. En particular los valores de los elementos mencionados se encuentran muy por encima de los límites superiores esperados, de manera que constituyen un riesgo de toxicidad para el ambiente y los cultivos, además de que pueden estar ocasionando efectos antagónicos con otros elementos (Tisdale *et al.*, 1993 citado por Castellanos *et al.*, 2000). Los resultados anteriores concuerdan con las concentraciones encontradas de estos elementos en el agua, en trabajos previos (de la Mora *et al.*, 2013), lo cual sugiere un proceso acumulativo de los diversos elementos, durante aproximadamente 45 años de existencia del embalse. Por otro lado, los resultados obtenidos no representan un riesgo para el desarrollo de especies como Tilapia, carpa, bagre y Trucha Arco-iris.

Conclusiones

De los elementos analizados que corresponden a los micro y macro nutrientes requeridos por los cultivos, se encuentran dentro de los rangos aceptable. Sin embargo, en el caso del Fe, Zn, Mn, Cu y B se encontraron en concentraciones elevadas, las cuales de acuerdo a Castellanos *et al.* (2002) se encuentran por encima de los rangos requeridos por los diferentes cultivos. Por otro lado, de acuerdo los CE-CCA-001/89, que establece los Límites Máximos Permisibles para la protección de la vida acuática y organismos de agua dulce el Fe, Zn, Mn, Cu y B en sedimentos pueden ser tóxicas. Se sugiere la determinación de metales pesados como el Hg, Cd, As y Cr, para establecer límites en el uso del recurso y evitar el riesgo de alteraciones al ambiente y a la salud humana.

Es importante mencionar que en el área de influencia de la presa La Vega, se llevan a cabo una serie de actividades, agrícolas, recreativas e industriales, que contribuyen a las condiciones de calidad del agua de la presa, y por lo tanto a los sedimentos. Sin embargo, de acuerdo a estudios previos de calidad del agua del embalse y su área de influencia, el río El Salado como principal aporte de agua a la presa contribuye en gran medida al aporte de contaminantes mismos que se han identificado como de origen geológico natural.

Fuente financiadora

Esta investigación fue financiada por el INIFAP y el Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Arandas.

Referencias bibliográficas

Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., Andreoli, Y. 2006. Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola del Mar de la Plata. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 35, núm. 3, diciembre, 2006, pp. 95-110. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina.

Castellanos, J.Z., Uvalle, B.J.X., Agular, S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. 2ª. ed. Colección Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA). San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 226 p



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

CEA Jalisco. 2011. Resumen ejecutivo, plan de manejo de la presa La Vega. Comisión Estatal del Agua de Jalisco, 29.

Comité Técnico para el Manejo Integral De La Presa La Vega. 2010. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Presa La Vega. siga.jalisco.gob.mx, 33.

Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89», Diario Oficial de la Federación, Miércoles 13 de diciembre de 1989.

de la Mora, O.C.; Flores, L.H.E., Chávez, D.A.A. 2013. Calidad del agua del embalse de la presa la vega y su impacto en las tierras agrícolas bajo riego.

López-López, J. Paulo-Maya. 2001. Changes in the fish assemblages in the upper río Ameca, México. *Journal of Freshwater Ecology*, 179-187.

Ficha Informativa Humedales Ramsar, 2. 2009. Ficha informativa humedales Ramsar Presa La Vega. CEA.

Figueroa, S., Amante, O.B., Cortés, T.H.G. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. S.L.P., México.: SARH-Colegio de Postgraduados.

Linnik, P.A. 2000. "Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy metal compounds" *Lakes and Reservoir: Research and Management*.

Miller, K.R. 2002. Groundwater and surface water quality, herbicide transport and irrigation practices Greenfields aquifer, Montana (pág. 125). Open-File Report 463.

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

Rose, P.B., Hairsine, C.W. 1992. Modeling water erosion due to overland flow using physical principles: 1. Sheet flow. En P. Hairsine, & C. Rose, *Modeling water erosion due to overland flow using physical principles: 1. Sheet flow* (págs. 237-243). *Water Resour. Res.*

Ruíz, C.J.A., García, G. González, A.I.J., Flores, L.H.E. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. En G. M. Ruiz C., *Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3*. Tepatitlán de Morelos, Jal, Méx: INIFAP.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria
Tabasco

PLANTACIONES Y FORESTALES



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

INTEGRACIÓN DE DATOS SENTINEL-2 Y MACHINE LEARNING PARA EL MONITOREO DEL RENDIMIENTO EN CAÑA DE AZÚCAR

Sergio Salgado-Velázquez^{1*}, Hilario Becerril-Hernández², Lorenzo Armando Aceves-Navarro², Joaquín Alberto Rincón-Ramírez², Samuel Córdova-Sánchez³.

¹Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP; ²Colegio de Postgraduado Campus Tabasco; ³Universidad Popular de la Chontalpa³.

*Autor para correspondencia: Salgado.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: agricultura de precisión, sensores remotos, modelos de regresión.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es uno de los cultivos económicos más importantes del mundo. Es un cultivo tropical utilizado para la extracción de azúcar, especialmente en México. En la Región de la Chontalpa, Tabasco, México; se encuentra el Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ), es el de mayor importancia en el estado; cuenta con una superficie cultivada de 27, 295 hectáreas y con un rendimiento promedio de 43.3 t ha⁻¹, inferior a la media nacional de 58.9 t ha⁻¹ (CONADESUCA, 2024). La información sobre el rendimiento de la caña de azúcar es el punto de partida para la aplicación de estrategias de agricultura de precisión (AP) al manejo de los campos cañeros. Lograr costos mínimos para maximizar el rendimiento de los cultivos con un agroecosistema saludable es el objetivo principal de la AP. Mas aun, ante las cambiantes condiciones climáticas y las fluctuaciones de temperatura y precipitación pronosticados en el futuro cercano. Los mapas de rendimiento de la caña de azúcar a partir de datos de imágenes pueden ser económicos y más fáciles de producir; sin embargo, su precisión limitada puede resultar problemática. Por otro lado, los avances actuales en los métodos de aprendizaje automático (machine learning, ML) podrían ayudar a obtener datos de rendimiento de alta precisión de forma automática y a un menor costo. El método ML implica un proceso de aprendizaje para aprender de un conjunto de ejemplos (datos de entrenamiento) para realizar una tarea y validarlo en datos no conocidos por el modelo (datos de prueba) para medir su desempeño. No obstante, en la región de la Chontalpa, Tabasco, México; es incipiente el uso de herramientas para monitorear el rendimiento y no existen estudios que hayan explorado la integración de imágenes espectrales de Sentinel 2 y técnicas de modelamiento de machine learning para predecir y mapear la biomasa de la caña de azúcar durante su crecimiento.

Objetivo

Desarrollar un modelo predictivo del rendimiento de la caña de azúcar mediante el uso de imágenes espectrales del satélite Sentinel-2 y algoritmos de machine learning, con el fin de generar mapas de rendimiento que sirvan como herramienta para la agricultura de precisión y la toma de decisiones agronómicas en condiciones tropicales.

Métodos

Área de estudio. El campo de estudio utilizado para monitorear y muestrear los parámetros de la biomasa seca en caña de azúcar se ubicó dentro de los campos comerciales de la empresa "Impulsora agrícola, Ganadera y Comercial" la cual se encuentra localizada geográficamente entre los 18.204722° de latitud norte y a los -93.533718° de latitud oeste dentro de la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ) en la Chontalpa, Tabasco, México. El ciclo fue una resaca de la zafra 2022/2023. Las variedades en estudio fueron la Méx 58-821 y la Méx 79-431 con una superficie de 60.2 y 80.4 ha, respectivamente.

Descarga de imágenes satelitales Sentinel-2. Se adquirieron imágenes multiespectrales del satélite de la misión Sentinel-2 que consiste en dos satélites: el Sentinel-2A y 2B. Los datos del Sentinel-2 (nivel 1C) vienen incluidas con correcciones radiométricas y geométricas que incluyen orto-rectificación y registro espacial de reflectancia en la parte superior de la atmósfera (TOA, siglas en inglés). Para la región de estudio se descargaron desde el servidor Copernicus Open de la Agencia Espacial Europea (ESA). Portal de Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), con una cobertura de nubes menor al 20% y se ubicaron temporalmente las fechas de los meses de junio, septiembre, diciembre del 2022 y, febrero del 2023. Coincidente con los 3, 6, 9 y 12 meses de edad del cultivo, respectivamente.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Procesamiento de imágenes satelitales de Sentinel-2. Las imágenes espectrales capturadas por la misión Sentinel-2 se procesaron usando el software Quantum GIS (QGIS). Este procesamiento incluyó el recorte de las bandas espectrales a la zona de estudio, la creación de una composición de imágenes en RGB (rojo, verde y azul) y la corrección atmosférica. Esto se hizo con el propósito de eliminar píxeles de sombra o datos incorrectos (píxeles que difieren notablemente de los circundantes, posiblemente debido a nubes, sombras de nubes u otros efectos atmosféricos) en las áreas de cultivo de caña de azúcar en estudio (Zhu *et al.*, 2023).

Cálculo de índices de vegetación (IVs). Los IVs fueron determinados en la calculadora Raster del software Quantum Gis para generar los mapas del área de estudio en donde se mostraron los valores de los índices de vegetación de las parcelas cañeras. Se utilizaron las bandas espectrales del Sentinel 2 para el cálculo de los IVs.

Muestreo para determinar la biomasa seca de tallo (kg/ha). Se recolectaron muestras en intervalos de 3, 6, 9 y 11 meses de edad del cultivo en tramos de 2 metros lineales por parcela. Por cada muestreo, se colectaron 20 puntos de 2 metros lineales en cada parcela. La biomasa total fue pesada utilizando una balanza digital con capacidad máxima de 200 kg. Posteriormente, se separaron las hojas y las puntas de los tallos, registrando el peso fresco de los tallos.

Datos meteorológicos. Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación climatológica Wacht Dog 2900 ET más próxima a cada ubicación, donde se recopilaron los datos de temperatura del aire (°C), precipitación (mm), evaporación (mm), humedad relativa (%) y radiación solar (MJ/m²). Todos fueron mediciones mensuales.

Procesamiento estadístico. Se realizó el análisis exploratorio de los datos con el enfoque de la estadística clásica para BT (kg/ha) y se determinaron las medidas de tendencia central y dispersión. Todos los procedimientos se realizaron en R.

Calibración de los modelos de machine learning. Se utilizaron algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) para estimar parámetros de biomasa seca de tallos (BT), de follaje (BF) y total (BT) de caña de azúcar. El conjunto de datos se dividió en 70% para datos de entrenamiento (train data) y 30% para el conjunto de prueba (test data). Los modelos fueron de bosques aleatorios (RF, siglas en inglés), máquina de vector de soporte (SVM, siglas en inglés) y regresión lineal múltiple (MLR, siglas en inglés). El modelo de RF fue necesario ajustarlo en el número de árboles (ntree) en 200, el número de variables aleatorias en cada división (mtry) en 6 y el número de nodos (nodezise) en 20 en la librería randomForest de R. El modelo de SVM se ajustó los parámetros de la longitud de búsqueda del grid (tuneLength) en 3 y la función del kernel como radial (svmRadial) en la librería e1071 de R. El modelo de MRL se ajustó como lm en la librería caret de R. El modelo de MLR se utilizó como modelo de comparación para los modelos de machine learning. Para todos los modelos se estableció un control para generar la validación cruzada por el método de K-Folds con 10 bloques. Para analizar el rendimiento de los modelos de regresión, se utilizaron métricas de precisión de los modelos de regresión. Estos son: error cuadrático medio (RMSE, siglas en inglés) y coeficiente de determinación (R²) de la validación cruzada (Som-ard, *et al.*, 2024).

Resultados y discusión

Datos meteorológicos. Los valores acumulados totales de precipitación y evaporación fueron de 2498 mm y 3143 mm, respectivamente, durante el ciclo 2022/2023. La temperatura promedio fue de 26.2 °C (Figura 1).

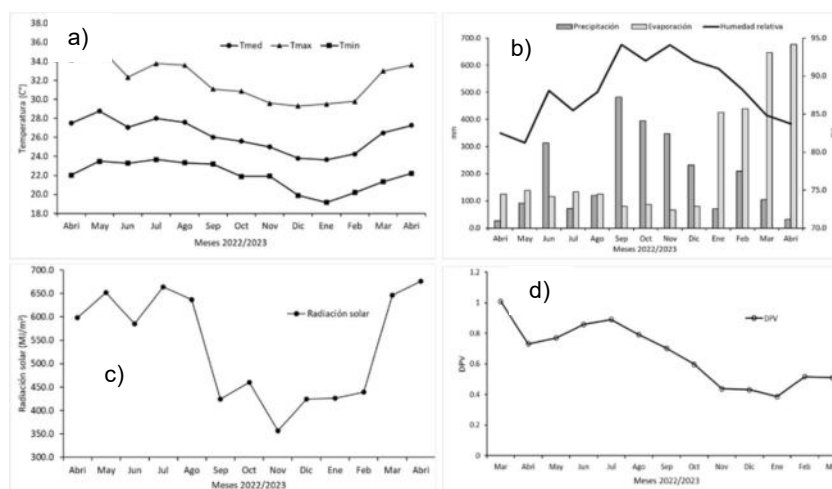


Figura 1. Variables climatológicas obtenidas de la estación meteorológica Wacht Dog 2900 ET en la zona de estudio. a) Temperaturas (°C), b) Precipitación (mm), evaporación (mm) y humedad relativa (%), c) radiación solar (MJ/m²) y d) Déficit de presión de vapor (VPD).

Análisis exploratorio de los datos En el Cuadro 1, se presentan las medidas de tendencia central y dispersión de la biomasa de tallos (BT, kg/ha) en estudio. Se puede observar que BT presentó distribuciones donde la media y mediana eran similares. Los coeficientes de variación se consideran bajos para la mayoría de los meses (14-25 %). La normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro-Wilk (SW), mostró que todos los meses se distribuyen normalmente. Estos comportamientos se han reportado previamente en el rendimiento y datos de biomasa de la caña de azúcar en condiciones tropicales del sureste mexicano (Sánchez-Jiménez *et al.*, 2024). Asimismo, se observa que la variedad Mex 79-431 presentó valores más altos de biomasa que la Mex-58-21 durante los 3, 6, 9 y 12 meses de edad del cultivo.

Cuadro 1. Valores de tendencia central y dispersión de la biomasa seca de tallos (BT, kg/ha) en diferentes momentos de muestreo durante la zafra 2022/2023 en la región de la Chontalpa, Tabasco, México.

Mes	Variedad	Variable	Valor mín.	Valor máx.	1er. Q	Me	M	3er. Q	DS	CV (%)	SW
3	Mex 58-821	BT	1566	5290	2723	3348	3367	3739	810	24	0.55
	Mex 79-431	BT	3386	6952	4603	5445	5272	5755	874	16	0.70
6	Mex 58-821	BT	9338	21928	14718	15812	16342	18416	3125	18	0.33
	Mex 79-431	BT	12638	33883	19298	21490	21871	24959	4507	21	0.94
9	Mex 58-821	BT	16931	36061	21011	26970	26712	31841	5930	22	0.23
	Mex 79-431	BT	28145	45886	30351	33781	34261	37155	4631	20	0.38
12	Mex 58-821	BT	47097	75192	54133	61408	61125	68239	8643	14	0.08
	Mex 79-431	BT	46182	87423	58202	69261	68545	79214	12120	18	0.07

*Me = mediana, M = media, Var = varianza, DS = desviación estándar, CV = coeficiente de variación y SW = prueba de Shapiro-Wilk al 0.05. BT = biomasa seca de tallos (kg/ha).

En la Figura 2, se visualiza la variación temporal de los valores de los diferentes índices de vegetación (IVs) en estudio. Un hallazgo importante de este estudio fue determinar el comportamiento temporal de los IVs durante el crecimiento y desarrollo de caña de azúcar en condiciones tropicales; encontrándose



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

diferencias entre variedades (Canata *et al.*, 2024). Se deduce que, Mex 79-431 comienza con mayores valores en los IVs a los 3 meses de edad que Mex 58-821, se presenta un pico máximo registrado para Mex 79-431 a los 6 meses de edad del cultivo que fue descendiendo hasta la cosecha (12 meses de edad); y Mex 58-821 tiende alcanzar su pico máximo a los 9 meses de edad de cultivo para estabilizar su curva y bajar más tenuemente hasta la cosecha. De igual forma, el descenso a final de temporada es debido al inicio del proceso de maduración, que se asocia a una caída del contenido de clorofila y senescencia de las hojas.

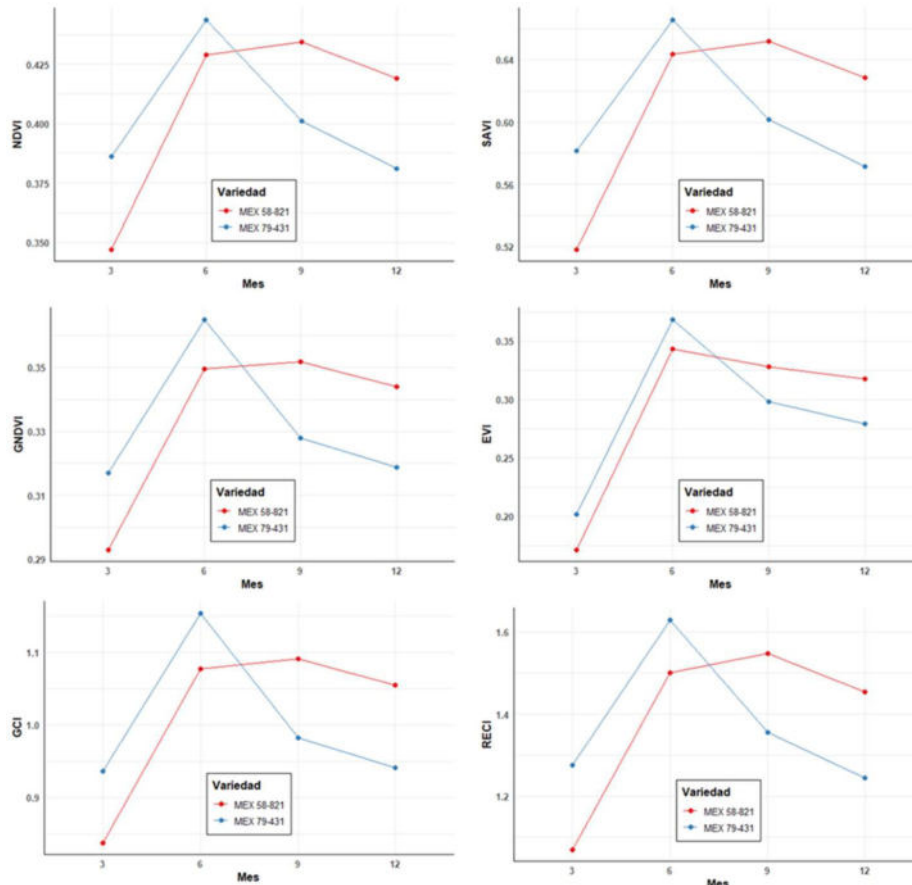


Figura 2. Gráficos de línea de los índices de vegetación (IVs) en estudio.

En la Figura 3, se muestra las predicciones de biomasa seca de tallos (BT, kg/ha) realizada con los tres modelos de ML. Se observa que los modelos fueron capaces de detectar los patrones de crecimiento reportados en el Cuadro 1, donde al comienzo de la temporada de crecimiento se obtiene los menores valores de BT y conforme avanza el crecimiento aumentan hasta la cosecha. Asimismo, ese aumento de la BT viene acompañada de un decremento de los IVs (Figura 2). El modelo RF fue el mejor en predecir la BT y los valores son similares a lo reportado en el Cuadro 1. Es la primera vez, que se obtiene resultados sobresalientes en el desempeño de los modelos para predecir el rendimiento en condiciones tropicales de la Chontalpa, Tabasco, México; con el uso de Sentinel 2 y machine learning. Los resultados de este estudio son de interés potencial para múltiples partes interesadas en toda la cadena de valor agrícola, en comprender y predecir la oferta en el mercado de la caña de azúcar a nivel de parcela, área de ingenio y región, ya que las predicciones de rendimiento de caña de nuestros modelos son factibles a un momento en el que las decisiones de gestión todavía son posibles (Figura 3) (Shendryk *et al.*, 2021). En general, las predicciones a nivel de campo podrían usarse para informar la aplicación de fertilizantes (por ejemplo, una aplicación de fondo a mitad de ciclo), la programación de la cosecha y las decisiones de marketing, bien



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

podrían inicializarse y revisarse entre enero y mayo (9 meses de edad de cultivo) de cada ciclo de crecimiento en condiciones del trópico húmedo de Tabasco, México.

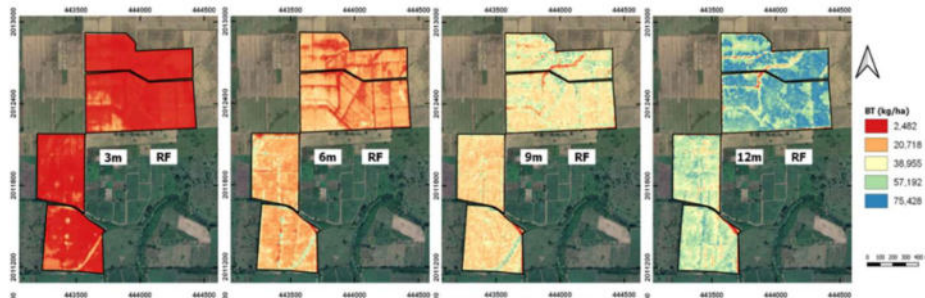


Figura 3. Mapas de predicciones de biomasa seca de tallos (BT, kg/ha) por medio del modelo de random forest (RF, siglas en inglés).

Conclusiones

La integración de datos de imágenes multitemporales de Sentinel-2 y el enfoque de machine learning con el algoritmo de RF permitió el desarrollo de modelos predictivos del rendimiento para campos comerciales de caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco, México.

Agradecimientos

El primer autor agradece a la empresa “Impulsora agrícola, Ganadera y Comercial” por proveer los campos de estudio, las facilidades prestadas en los muestreos y el apoyo económico para la culminación de este proyecto. Por último, al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, por las instalaciones para procesar las muestras y la infraestructura, y apoyo técnico.

Referencias bibliográficas

- Canata, T. F., Júnior, M. R. B., de Oliveira, R. P., Furlani, C. E. A., and da Silva, R. P. 2024. AI-Driven Prediction of Sugarcane Quality Attributes Using Satellite Imagery. *Sugar Tech* 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-024-01399-9>
- CONADESUCA. 2024. Informe de avance de la zafra 2023-2024. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. <https://www.gob.mx/conadesuca>
- Sánchez-Jiménez, M., Lagunes-Espinoza, L., Palma-López, D. J., Córdova-Sánchez, S., Acosta-Pech, R., y Salgado-Velázquez, S. 2024. Producción de biomasa e índices fisiológicos de cultivares de caña de azúcar en diferentes subunidades de suelos: Sugarcane on different soils. *Acta Agrícola y Pecuaria* 10: e0101007. DOI: <https://doi.org/10.30973/aap/2024.10.0101007>
- Shendryk, Y., Davy, R., and Thorburn, P. 2021. Integrating satellite imagery and environmental data to predict field-level cane and sugar yields in Australia using machine learning. *Field Crops Research* 260: 107984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107984>
- Som-Ard, J., Atzberger, C., Izquierdo-Verdiguier, E., Vuolo, F., and Immitzer, M. 2021. Remote sensing applications in sugarcane cultivation: A review. *Remote sensing* 13(20): 4040. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13204040>
- Zhu, L., Liu, X., Wang, Z., and Tian, L. 2023. High-precision sugarcane yield prediction by integrating 10-m Sentinel-1 VOD and Sentinel-2 GRVI indexes. *European Journal of Agronomy* 149: 126889. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126889>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

FUNCIONES COMPATIBLES DE AHUSAMIENTO Y VOLUMEN COMERCIAL PARA *Swietenia macrophylla* King EN QUINTANA ROO

Secundino Torres-Lamas^{1*}, Xavier García-Cuevas¹, Jonathan Hernández-Ramos², Guadalupe Geraldine García-Espinoza³, Ramiro Puc-Kauil⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Chetumal

²INIFAP. Campo Experimental Bajío.

³Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

⁴Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza.

*Autor para correspondencia: torres.secundino@inifap.gob.mx

Palabras clave. Ahusamiento, caoba, distribución de productos.

INTRODUCCIÓN

El volumen es una variable más relevante que se obtiene de datos tomados en los inventarios forestales de plantaciones forestales, ya que su estimación precisa y confiable es fundamental para la planificación, evaluación y formulación de programas de manejo forestal. La predicción del volumen total y comercial depende, en gran medida, de la forma del fuste, la cual está determinada por la reducción gradual del diámetro desde la base hasta la copa, fenómeno conocido como ahusamiento. Las ecuaciones tradicionales de volumen, que se basan únicamente en el diámetro y la altura total del árbol, no consideran esta variación morfológica del fuste. Esta limitación puede derivar en sobrestimaciones del volumen comercial, lo que a su vez puede propiciar un aprovechamiento no sostenible del recurso y ocasionar pérdidas económicas, al no calcularse con precisión los subproductos generados durante la cosecha.

Las funciones de ahusamiento son herramientas matemáticas que permiten estimar el diámetro a cualquier altura del fuste, o bien determinar la altura correspondiente a un diámetro dado (Kozak, 2004). Esta flexibilidad es fundamental para calcular con mayor precisión el volumen comercial en distintas secciones del árbol, así como para proyectar la distribución de productos maderables obtenidos a partir de árboles en pie. Estas estimaciones facilitan la proyección de ingresos por plantación, unidad de manejo o a nivel predial, en función de la calidad y cantidad de productos derivados.

En el estado de Quintana Roo se han desarrollado ecuaciones de ahusamiento-volumen para individuos de *Swietenia macrophylla* King provenientes de bosques naturales (Hernández-Ramos et al., 2018). Sin embargo, el volumen del árbol, el factor de forma y la distribución de productos son afectados por las condiciones ambientales del rodal, por lo que las ecuaciones ajustadas con datos de bosques naturales podrían no ser precisas para árboles que crecen en plantaciones forestales comerciales. Esto puede conducir a estimaciones erróneas del volumen y de la distribución de productos, afectando la toma de decisiones en el manejo y aprovechamiento forestal. El objetivo del trabajo fue modelar el ahusamiento y volumen comercial de *Swietenia macrophylla* King en individuos provenientes de plantaciones forestales comerciales de Quintana Roo.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron datos de 69 individuos de *Swietenia macrophylla*, provenientes de plantaciones forestales comerciales (PFC) de seis localidades del municipio de Bacalar y dos del municipio de Othón P. Blanco. Los muestreos se hicieron en sitios de 400 m², con edades entre siete y 43 años. En cada sitio de muestreo las mediciones de diámetro se realizaron a alturas de 0.3, 0.6, 1.3, 2.5 metros y, posteriormente, a intervalos de dos metros hasta alcanzar la altura total del árbol. Hasta el diámetro de 2.5 m, se utilizó una cinta diamétrica, mientras que en los segmentos superiores se usó un dendrómetro Critérium RD 1000. En total, se registraron 606 pares de datos de diámetro y altura. El volumen total del árbol se estimó mediante la suma de los volúmenes de las secciones definidas a lo largo del fuste; el volumen por sección se calculó con la fórmula de Smalian, mientras que el volumen de la punta se calculó considerándola como forma de un cono. Previo al ajuste de las funciones, se realizó un análisis gráfico de las alturas sobre el fuste con el



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

volumen acumulado y los diámetros a distintas alturas con la finalidad de detectar valores atípicos, lo cual permitió auditar y corregir la base de datos (Figura 1).

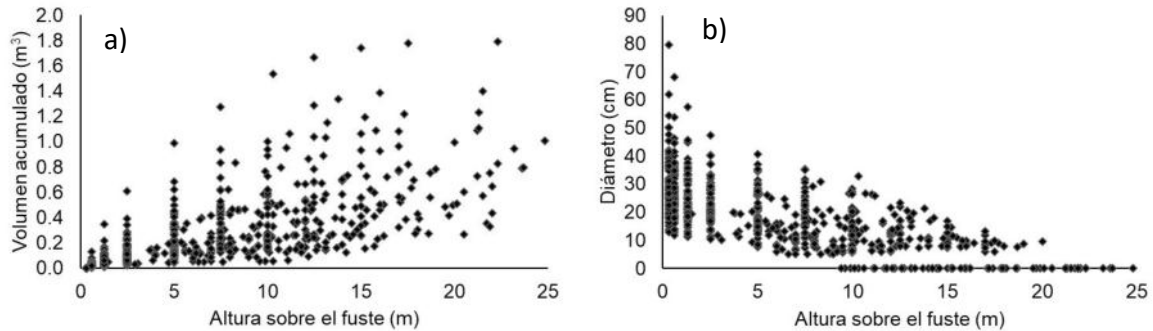


Figura 1. Datos observados de distribución del volumen acumulado (a) y del diámetro a diferentes alturas del fuste (b).

Para el ajuste se emplearon los modelos propuestos por Fang y Bailey (1999) caso I-a, Lenhart y Clutter (1971) y Piennar y Rehenev (1988) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Funciones de ahusamiento y volumen comercial para *Swietenia macrophylla* en Quintana Roo.

Modelo	Función de ahusamiento	Función de volumen comercial
Fang y Bailey (1999) caso I-a	$d = \sqrt{\frac{\alpha_0}{\beta_0}} D^{\alpha_1} H^{\alpha_2 - \frac{k}{\beta_0}} h_t^{(k - \beta_0)/\beta_0}$	$V_c = e^{\alpha_0} D^{\alpha_1} H^{\alpha_2} - \beta_0 d^2 h_t$
Lenhart y Clutter (1971)	$d = \left[D \left(\frac{H - h}{H - 1.3} \right) \right]^{\frac{1}{\beta_1 - 2}}$	$V_c = e^{\alpha_0} D^{\alpha_1} H^{\alpha_2} - \beta_0 \frac{d^{\beta_1}}{D^{\beta_1 - 2}} (H - 1.3)$
Piennar y Rehenev (1988)	$d = D \left(\frac{H - h}{H - 1.3} \right)^{\frac{1}{\beta_1 - 2}}$	$V_c = \alpha_0 D^{\alpha_1} H^{\alpha_2} - \beta_0 \frac{d^{\beta_1}}{D^{\beta_1 - 2}} (H - 1.3)$

D= diámetro normal (cm); d= diámetro a diferentes alturas del árbol (cm); H= altura total de los árboles (m); h= altura a distintas secciones en el fuste (m); α_i y β_i = parámetros a ser estimados.

Se realizaron ajustes por separado y simultáneos utilizando el software SAS 9.4, mediante el procedimiento MODEL y la técnica Máxima Verosimilitud con Información Completa (FIML) (SAS Institute Inc., 2013), la cual permite obtener estimaciones robustas al minimizar los errores presentes en ambas ecuaciones del sistema (Fang et al., 2000). Para evitar problemas de convergencia cuando la altura parcial coincide con la altura total del árbol (D= 0), se utilizó un valor de corrección (delta= 0.001), así como una variable indicadora para identificar la punta del árbol (Fang et al., 2000). Posteriormente, los modelos ajustados fueron evaluados y comparados con base en el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{Adj}), que expresa la proporción de la variabilidad explicada por el modelo; la suma de cuadrados del error (SCE), que representa la acumulación de las diferencias cuadráticas entre valores observados y estimados, la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y la significancia de los parámetros con respecto a un nivel de confiabilidad preestablecido $\alpha < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tres modelos evaluados mostraron coeficientes significativos ($\alpha < 0.05$), lo que indica un buen ajuste de las variables independientes al volumen comercial y a la forma del fuste (Cuadro 2). El modelo de Fang y Bailey (1999) caso I-a mostró un ajuste robusto tanto para el volumen comercial ($R^2_{Adj} = 0.9130$; SCE = 5.2022; RCME = 0.0886) como para el ahusamiento ($R^2_{Adj} = 0.9527$; SCE = 4265.5; RCME = 2.5384). Su ajuste simultáneo presentó un R^2_{Adj} ligeramente menor (0.8672), aunque mantuvo estimaciones estables y significativas en todos los parámetros (Cuadro 2).



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Cuadro 2. Estimación de parámetros y bondad de ajuste de los modelos compatibles evaluados.

Modelo	Tipo	Parms	Estimador	se	Pr > t	SCE	RCME	R ² _{Adj}
Fang y Bailey (1999) caso I-a	Volumen Comercial	α_0	0.000035	5.088E-6	<.0001	5.2022	0.0886	0.9130
		α_1	1.797878	0.0267	<.0001			
		α_2	1.158724	0.0545	<.0001			
		β_0	0.00002	3.368E-7	<.0001			
	Ahusamiento	α_0	0.000041	4.889E-6	<.0001	4265.5	2.5384	0.9527
		α_1	1.802317	0.0392	<.0001			
		α_2	1.165224	0.0535	<.0001			
		β_0	0.000026	2.925E-7	<.0001			
	Ajuste Simultaneo	α_0	0.000063	4.123E-6	<.0001	7.9590	0.1095	0.8672
		α_1	1.774719	0.0146	<.0001			
		α_2	1.030389	0.0270	<.0001			
		β_0	0.000026	1.704E-7	<.0001			
Lenhart y Clutter (1971)	Volumen Comercial	α_0	-10.1448	0.1273	<.0001	5.3190	0.0897	0.9109
		α_1	1.780439	0.0233	<.0001			
		α_2	1.191894	0.0477	<.0001			
		β_0	0.000025	6.195E-7	<.0001			
		β_1	1.54239	0.0612	<.0001			
	Ahusamiento	β_1	2.986943	0.00138	<.0001	4582.5	2.6251	0.9494
	Ajuste Simultaneo	α_0	-9.85265	0.1336	<.0001	9.8758	0.1222	0.8346
		α_1	1.950401	0.0150	<.0001			
		α_2	0.851805	0.0440	<.0001			
		β_0	0.000018	1.103E-7	<.0001			
		β_1	2.978664	0.00118	<.0001			
Piennar y Reheney (1988)	Volumen Comercial	α_0	0.000039	5.002E-6	<.0001	5.3190	0.0897	0.9109
		α_1	1.780425	0.0233	<.0001			
		α_2	1.191919	0.0478	<.0001			
		β_0	0.000024	6.194E-7	<.0001			
		β_1	1.543313	0.0612	<.0001			
	Ahusamiento	β_1	3.082603	0.0187	<.0001	4992.0	2.7399	0.9449
	Ajuste Simultaneo	α_0	0.000024	3.464E-6	<.0001	11.2189	0.1302	0.8122
		α_1	2.00765	0.0183	<.0001			
		α_2	1.016889	0.0507	<.0001			
		β_0	0.000019	1.444E-7	<.0001			
		β_1	2.950976	0.0117	<.0001			

Parms= parámetros, se= error estándar, Pr>t= nivel de significancia de los estimadores, SCE=suma de cuadrados del error, RCME= raíz del cuadrado medio del error, R²_{Adj}=coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros.

El modelo de Lenhart y Clutter (1971) también presentó un buen desempeño, especialmente en el ajuste individual del ahusamiento (R²_{Adj} = 0.9494), mientras que su ajuste simultáneo tuvo un R²_{Adj} de 0.8346. Por su parte, el modelo de Piennar y Reheney (1988) mostró resultados similares a los de Lenhart y Clutter (1971), con un ajuste individual al volumen comercial con R²_{Adj} de 0.9109 y al ahusamiento de 0.9449. Su ajuste simultáneo, sin embargo, fue el más bajo entre los modelos evaluados, con un R²_{Adj} de 0.8122 y una RCME de 0.1302.

En la predicción del volumen comercial y diámetros a diferentes alturas (Figuras 2), el modelo de Fang y Bailey (1999) caso I-a predijo de mejor forma el volumen acumulado, con un R²_{Adj} de 0.9611 (Figura 2a) y 0.9516 (Figura 2d) para el ahusamiento, los cuales fueron superiores comparado con el modelo de Lenhart



XXXVI

y Clutter (1971) (Figuras 2b y 2e) y Piennar y Reheney (1988) (Figuras 2c y 2f). Con el modelo de Lenhart y Clutter (1971) se observó una ligera dispersión en las estimaciones de volumen (Figura 2b) y cierta sobrestimación en los diámetros intermedios del fuste (Figura 2e). Por su parte, el modelo de Pienaar y Reheney (1988) mostró un comportamiento similar al de Lenhart y Clutter (1971), con una alta correlación en la predicción del volumen comercial (Figura 2c), pero con una mayor tendencia a la subestimación en diámetros mayores (Figura 2f).

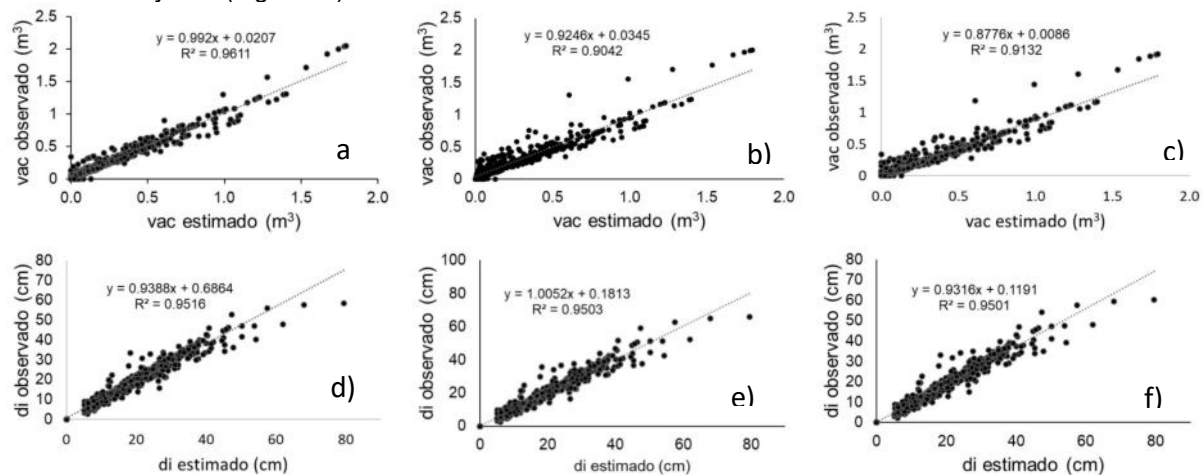


Figura 2. Volumen y diámetros estimados versus observados para los modelos de Fang y Bailey (1999) caso I-a (a y d), Lenhart y Clutter (1971) (b y e) y Piennar y Reheney (1988) (c y f).

CONCLUSIONES

Los modelos de Fang y Bailey (1999) caso I-a, Lenhart y Clutter (1971) y Piennar y Reheney (1988) mostraron ajustes significativos ($Pr < 0.001$) en todos sus parámetros, lo que confirma su validez estadística para modelar el volumen comercial y el ahusamiento del fuste de *Swietenia macrophylla* en plantaciones forestales comerciales en Quintana Roo. El modelo de Fang y Bailey (1999) caso I-a es el más adecuado para estimar de manera conjunta el volumen comercial y el ahusamiento en árboles de *Swietenia macrophylla* en plantaciones forestales, lo que lo convierte en una herramienta confiable para aplicaciones en manejo forestal y estimación de productos maderables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Fang, Z., & Bailey, R. L. (1999). Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in southern China. *Forest Science*, 45(1), 85-100.
- Fang, Z., Borders, B. E., & Bailey, R. L. (2000). Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. *Forest Science*, 46, 1-12. doi: 10.1093/forestscience/46.1.1.
- Hernández Ramos, J., Hernández Ramos, A., García Cuevas, X., Martínez Ángel, L., Tamarit Urías, J. C., & García Espinoza, G. G. (2018). Sistema compatible de ahusamiento-volumen comercial para *Swietenia macrophylla* King (caoba) en Quintana Roo, México. *Madera y Bosques*, 24(3), e2431441.
- Kozak, A. (2004). My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle*, 80(4), 507-515. doi: 10.5558/tfc80507-4.
- Lenhart, J. D., & Clutter, J. L. (1971). Cubic-foot yield tables for old-field loblolly pine plantations in the Georgia Piedmont (Report 22, Georgia Forest Research Council [12 pp.]). Georgia: Georgia Forest Research Council.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nicholson CON FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN VIVERO.

Francisco Rojas-Pérez^{1*}; José J. Obrador-Olán¹; Yesenia García-Estrada¹; David J. Palma-López¹; Julián Pérez-Flores¹; Eustolia García-López¹; Eugenio Carrillo-Ávila²;

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México, 86500. ²Colegio de Postgraduados Campus Campeche, Champotón, Campeche, México, 24450.

*Autor para correspondencia: rojasfrancisco2.0@gmail.com

Introducción

Actualmente el guayacán encuentra principalmente en zonas urbanas debido a su belleza arquitectónica, sus individuos son escasos en ambientes naturales debido a que su ecosistema natural ha presentado disturbios a causa de la agricultura y ganadería (Gómez *et al.*, 2010), en este punto la reforestación cobra una alta relevancia (Wishnie *et al.* 2007). El conocimiento del requerimiento nutricional de la especie es indispensable para incrementar las tasas de crecimiento y desarrollo radical, altura de planta, diámetro del tallo basal, biomasa de la planta, reducción de la tasa de mortandad de los árboles plantados en ambientes urbanos, áreas para reforestación o plantaciones forestales (Hoyos *et al.*, 2007; Herrera, 2009). Por lo que el objetivo de esta investigación fue conocer las características de crecimiento, desarrollo y estado nutricional de esta especie para producir plantas de calidad con el uso de fertilizantes de liberación controlada.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio: El estudio se llevó a cabo en el área del Recinto del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, ubicado en Periférico Carlos A. Molina s/n, localizado en el km 3.5 de la carretera Cárdenas-Huimanguillo, Tabasco. De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima que predomina en la región es Am(g)w" característico de trópico húmedo. Se registra una precipitación total anual de 2,324 mm, con meses secos como marzo y abril donde caen menos de 50 mm mensuales, y otros lluviosos como septiembre y octubre donde la precipitación es cercana a los 400 mm mensuales. La temperatura media anual es de 26 °C registrándose la más baja en los meses de invierno y las mayores en el verano (Palma-López *et al.*, 2007).

Diseño experimental, tratamientos y variables de estudio: Las semillas fueron colectadas y puestas a germinar en una cama de siembra de 1.0 m por 0.5 m con una altura de 3 cm, compuesta con una mezcla de sustrato de suelo, peat moss y agrolita (2:1:1). Se mantuvo una humedad constante a lo largo toda la etapa germinativa dentro de la cama de siembra, cuando las plántulas presentaron una altura de 5 cm, se trasplantaron a bolsas para vivero de dimensiones base de 5 x 6 x 22 cm de altura, con una capacidad aproximada de 500 g de sustrato por bolsa. El diseño utilizado en esta investigación fue un completamente al azar con siete tratamientos y 50 repeticiones, donde seis tratamientos estuvieron conformados de sustrato con diferentes dosis de dos Fertilizantes de Liberación Controlada (FLC): Multicote™ Agri 8 (11.22.09 + 4MgO + 0.1 Boro) y Basacote® Plus 9M (16-8-12), a tres concentraciones cada una: 4, 5 y 6 kg m⁻³ más un Testigo (sin fertilización). Después del trasplante a bolsa de vivero éstas se colocaron bajo malla-sombra (75 %) para favorecer la aclimatación de las plántulas, esto duraran tres meses. Las plántulas fueron evaluadas mensualmente en un lapso de tres meses, las variables a medir fueron:

- Altura de planta (cm), se usó una regla en cm (0.1 cm), desde la base del tallo hasta el ápice.
- Diámetro basal del tallo (mm) se midió con un calibrador digital vernier serie QL-V de 0-150 mm/0-6 in, (resolución 0.01 mm, exactitud ± 0.02 mm).
- Peso de 100 semillas: Se separaron de forma aleatoria cuatro repeticiones de 100 semillas, cada repetición se pesó en una balanza analítica (Ohaus® AR0640) con una precisión de 0.001 g. El resultado final es el promedio de cada una de las cuatro repeticiones.

Bajo las recomendaciones de Willan, (1991) y Rueda-Sánchez *et al.* (2014). Se desecharon las semillas con daño físico, se aplicó una prueba de flotación para aumentar los porcentajes de semillas viables y desechar las semillas vanas (Mulawarman *et al.* 2003)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Estimación de porcentaje de germinación: Una vez sembradas las semillas en las bolsas de vivero o camas de germinación dependiendo de la especie, se estimó el porcentaje de germinación 30 días después de la siembra (DDS), mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{Total de semillas germinadas} \times 100}{\text{Total de semillas sembradas}}$$

Índices de calidad: A los tres meses de edad se seleccionaron al azar cuatro plantas de cada tratamiento para realizar un muestreo destructivo, el sistema radical de cada planta se lavó con agua para eliminar las partículas de sustrato, dejándolo libre de impurezas, se tomó una muestra compuesta por cada especie, en la que se determinaron las siguientes variables (Sáenz et al. 2010; Rueda et al. 2012):

- Altura de planta (cm), con regla graduada (cm), desde la base del tallo hasta el ápice.
- Diámetro del cuello de la raíz (mm), con calibrador digital vernier serie QL-V.
- Peso seco y peso fresco de biomasa aérea de hojas y tallos (g).
- Peso seco y peso fresco de biomasa radicular (g).

Cada parte de la biomasa, aérea y radical, se colocó en una bolsa de papel para secarse en un horno Shel®Mod. CE5F de circulación forzada a 70 °C por 72 h; posteriormente se pesó cada parte en una balanza analítica (Ohaus® AR0640) con una precisión de 0.001 g. Con los datos de estas variables se calcularon los índices de calidad de las plantas (Dickson et al. 1960; Prieto et al. 2003):

Relación altura/diámetro del cuello de la raíz o índice de robustez (IR);

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}$$

Relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz (BSA/BSR);

$$R \text{ BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}$$

Índice de calidad de Dickson (ICD);

$$ICD = \frac{\frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\text{Altura (cm)}}}{\frac{\text{Diámetro cuello de la raíz (mm)}}{\text{Biomasa seca aérea (g)}} + \frac{\text{Biomasa seca radical (g)}}{\text{Biomasa seca radical (g)}}}$$

Los resultados obtenidos fueron evaluados como se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 9. Valores que califican la calidad de planta con crecimiento normal en vivero forestal.

Variable	Tipo de planta	Calidad		
		Baja	Media	Alta
Altura (cm)	Latifoliada	< 12.0	12.0-14.9	≥15.0
Diámetro (mm)	Latifoliada	< 2.5	2.5- 4.9	≥ 5.0
Índice de Robustez (IR)	Latifoliada	≥ 8.0	6.0- 8.0	< 6.0
R BSA/BSR	Todas	≥ 2.5	2.0- 2.4	< 2.0
Índice de Dickson (ICD)	Todas	< 0.2	0.2- 0.4	≥ 0.5

*R BSA/BSR = Relación biomasa seca aérea y biomasa seca radical. Fuente: Rueda et al. (2012) y Sáenz et al. (2010) con aportaciones de Santiago et al. (2007), CONAFOR (2009) y Escamilla-Hernández et al. (2015).

Características nutrimentales: Al finalizar la etapa de vivero se seleccionaron, de forma aleatoria cuatro plantas por repetición, de cada uno de los siete tratamientos, se realizó un muestreo destructivo, se separó



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

en biomasa aérea (hojas y tallos) y biomasa radical, con la finalidad de cuantificar los nutrientes Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Cada una de las muestras obtenidas fueron guardadas en bolsas de papel y secadas en un horno a una temperatura de 75° C por 72 horas, se trituraron en un molino con criba (Yinda®-YDGS-200) con una malla de 1.0 mm de diámetro y se obtuvo una muestra compuesta de cuatro plantas por cada una de las cinco especies, a las que se realizaron los análisis usando los siguientes métodos: el contenido de nitrógeno se obtuvo mediante el método Semimicro-Kjeldahl (Bremer, 1965), para fósforo y potasio se utilizó el método descrito por Alcántar y Sandoval (1999), finalmente los extractos se cuantificaron en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) (Perkin Elmer 400). Para comparar las concentraciones de nutrientes de la biomasa seca y radical, se utilizaron los intervalos recomendados por Drechsel y Zech (1991); Jacobs y Landis (2014), para plantas sanas de especies tropicales; Macronutrientes: (N = 1.50-3.50 %, P = 0.10-0.25 y K = 0.60-1.80 %, Ca = 0.50-2.5 %); Micronutrientes: (Mg = 35–250 ppm).

Análisis estadísticos: Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y se hicieron comparaciones de grupos de medias por el método de Tukey ($p < 0.05$), con el software estadístico R Studio 3.4.3. para Windows 11 de Microsoft Corporation (2024). Se elaboraron cuadros y gráficas para la visualización y explicación de la información.

Resultados y Discusión

Peso (g) de 100 semillas de guayacán: Se presentó un promedio de 105,320 semillas por kilogramo.

Germinación y siembra de las semillas de guayacán: La germinación inició siete días después de la siembra y terminó hasta los 19 días. Se realizaron cuatro repeticiones 100 semillas, observándose una germinación promedio del 98 % para la primera colecta y 99 % en la segunda. Una vez que las plántulas alcanzaron la altura de 5 cm éstas fueron trasplantadas a bolsas de poliuretano de 22 cm de altura.

Crecimiento y desarrollo de las plántulas de guayacán en vivero: Se evaluó el crecimiento y desarrollo del guayacán en un lapso de tres meses en etapa de vivero, obteniéndose los siguientes resultados: en el primer mes solo se encontró diferencia en la altura de la planta, siendo el Basacote 9M (6 kg m⁻³) el que presentó la mayor altura con 11.80 cm, pero fue estadísticamente igual a los demás tratamientos, con excepción del Testigo (sin fertilización) con 6.92 cm. En cuanto al diámetro de tallo basal no se presentaron diferencias significativas. En el segundo mes las plantas del tratamiento Basacote 9M (6 kg m⁻³) mostraron mayor crecimiento de la planta con 20.20 cm, con respecto al testigo con solo 9.96 cm; el tratamiento Basacote 9M (4 kg m⁻³) mostró ser estadísticamente diferente al tratamiento Basacote 9M (6 kg m⁻³). Con respecto al diámetro del tallo basal no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos a pesar de observarse un coeficiente de variación del 35.92 %, la media general fue 1.66 mm, solo los tratamientos Multicote 8M (5 kg m⁻³), Multicote 8M (6 kg m⁻³) y Basacote 9M (5 kg m⁻³) estuvieron por encima de ésta, lo que evidenció el mayor diámetro de tallo basal con 2.33 mm. La etapa de vivero finalizó al tercer mes de edad de las plantas, Rueda-Sánchez et al. (2012) mencionan que la calidad alta corresponde a plantas que están por encima de los 15 cm de altura. Todos los tratamientos con uso de FLC pertenecen a esta calidad con alturas que van desde los 18.33 cm del tratamiento Basacote 9M (4 kg m⁻³) a los 28.37 cm del tratamiento Multicote 8M (5 kg m⁻³). El tratamiento testigo (sin fertilización) con una altura de 13.25 cm y calidad media, fue el tratamiento de menor crecimiento de esta investigación. Vázquez-Luna et al. (2020) probaron diferentes tratamientos, donde el uso FLC generó una altura promedio de 10 cm a los 70 días. Herrera et al. (2014) encontraron alturas de planta que oscilaron entre 10 cm y 17 cm en etapa de vivero, a una edad de tres meses, estos valores fueron menores a los presentados en el Cuadro 2. El diámetro del tallo basal mostro diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento Basacote 9M (5 kg m⁻³) el de mayor diámetro con 4.43 mm, seguido de Multicote 8M (6 kg m⁻³) con 3.92 mm, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí y con Multicote 8M (4 kg m⁻³), Multicote 8M (5 kg m⁻³) y Basacote 9M (6 kg m⁻³), solo los tratamientos Basacote 9M (4 kg m⁻³) (calidad media), Basacote 9M (6 kg m⁻³) y Testigo (Sin fertilización) (calidad baja) estuvieron por debajo de la media general de 3.41 mm.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Cuadro 2. Crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) NicholsonNicholson en etapa vivero en un lapso de 3 meses.

Tratamiento (kg m ⁻³)		Altura de la planta (cm)			Diámetro del tallo basal (mm)		
		1.° mes	2.° mes	3.° mes	1.° mes	2.° mes	3.° mes
Multicote 8M	4	7.21 ab	15.32 ab	22.62 ab	1.11 a	1.55 a	3.65 abc
	5	9.25 ab	17.65 ab	28.37 a	0.77 a	1.62 a	3.72 abc
	6	9.55 ab	17.95 ab	25.25 ab	1.00 a	1.82 a	3.92 ab
Basocote 9M	4	9.63 ab	11.03 bc	18.33 bc	1.04 a	1.45 a	2.35 bc
	5	10.30 ab	18.70 ab	26.00 ab	1.13 a	2.33 a	4.43 a
	6	11.80 a	20.20 a	27.50 a	1.02 a	1.51 a	3.30 abc
Testigo	0	6.92 b	9.95 c	13.25 c	1.10 a	1.3 a	2.22 c
	Media	9.23	15.41	23.22	1.02	1.66	3.41
	CV	37.61127	23.42	15.77	46.85	35.92	20.89
Pr(>F)		<.01	<.0001	<.0001	NS	NS	<.0001

*CV= Coeficiente de Variación.; Pr(>F) = Valor de Significancia; NS= No hay Significancia; <.0001= Altamente Significativo, Tukey p≤ 0.05.

Los demás, con excepción de Basacote 9M (4 kg m⁻³) y Testigo (sin fertilización) tuvieron calidad media de planta, según lo reportado por Rueda et al. (2012), quienes encontraron una variabilidad mayor de diámetro de tallo basal, con valores que oscilaron entre 0.20 mm y 0.50 mm para guayacán, lo que indica que esta especie puede generar afectaciones positivas o negativas dependiendo del tipo y forma de fertilización aplicada en vivero.

Índices de Calidad de plántulas de guayacán

Esta especie mostró diferente calidad en la variable de índice de robustez (IR) donde los tratamientos Multicote 8M (5 kg m⁻³) y testigo exhibieron una calidad alta, seguidos de Multicote 8M (4 kg m⁻³) con calidad media y Multicote 8M (5 kg m⁻³), Basacote 9M (4 kg m⁻³) y Basacote 9M (6 kg m⁻³) con calidad baja (Cuadro 3). En la relación biomasa seca aérea y biomasa seca radical solo el tratamiento Basacote 9M (6 kg m⁻³) tuvo calidad alta en esta relación, seguido de los tratamientos Multicote 8M (5 kg m⁻³), Multicote 8M (6 kg m⁻³), y Basacote 9M (5 kg m⁻³) con calidad media, por ultimo los tratamientos con calidad baja fueron Multicote 8M (4 kg m⁻³), Basacote 9M (4 kg m⁻³) y Testigo (sin fertilización) (Cuadro 19). Todos los tratamientos con FLC presentaron calidad media en el índice de Calidad de Dickson (ICD), solo el Testigo (sin fertilización) tuvo calidad baja. Este último tratamiento presentó el menor peso fresco y seco, variables usadas en la estimación de ICD (Cuadro 3). Esta variabilidad de calidad de índices con respecto a cada uno de los tratamientos mostrados en esta investigación (Cuadro 3) coinciden con los obtenidos por Herrera et al. (2014) para esta misma especie *T. chrysantha*.

Cuadro 3. Índices de Calidad presentados por *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) NicholsonNicholson

Tratamiento (kg m ⁻³)		<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.)					
		IR	Calidad	R BSA.BSR	Calidad	ICD	Calidad
Multicote 8M	4	6.09 bc	Media	2.65 a	Baja	0.35 a	Media
	5	8.72 ab	Baja	2.00 a	Media	0.25 a	Media
	6	5.87 bc	Alta	2.20 a	Media	0.47 a	Media
Basocote 9M	4	8.45 abc	Baja	2.73 a	Baja	0.43 a	Media
	5	5.84 bc	Alta	2.32 a	Media	0.40 a	Media
	6	9.29 a	Baja	1.17 a	Alta	0.25 a	Media
Testigo	0	5.76 c	Alta	3.00 a	Baja	0.12 a	Baja
	Media	7.05		2.3		0.31	
	CV	18.26		57.44		60.2	
Pr(>F)		<.0001		NS		NS	



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

* IR = Índices de Robustez; R BSA/BSR = Relación Biomasa Seca Aérea y Biomasa Seca Radical; ICD = Índice de Calidad de Dickson; CV= Coeficiente de Variación.; Pr(>F) = Valor de Significancia; NS= No hay Significancia; <.0001= Altamente Significativo, Tukey $p \leq 0.05$.

Valores nutricionales de plántulas de guayacán:

Las concentraciones óptimas de N en planta oscilan entre un 1.50 % y 3.50 %, estos criterios se cumplieron en biomasa aérea de todos los tratamientos de esta investigación, en el caso para biomasa radical, los valores se encontraron por debajo de lo óptimo, siendo el tratamiento testigo el de menor concentración. Herrera *et al.* (2014) mencionan que, N es el elemento con mayor incidencia de crecimiento y desarrollo en las plantas de esta especie. Óptimas concentraciones de nutrientes en la planta favorecen el crecimiento y desarrollo, siendo factores que favorecen la resistencia a plagas y enfermedades, así como el aumento significativo de la tasa de supervivencia en vivero y campo (Rueda-Sánchez *et al.*, 2012). El P se mostró más equilibrado en biomasa aérea y biomasa radical de guayacán, todos los resultados concuerdan con los valores óptimos (0.10 % - 0.25 %) expresados por Rueda-Sánchez *et al.* (2014), cabe mencionar que las concentraciones de P encontradas en el testigo se encuentran en el límite inferior de lo óptimo. Esta misma tendencia se encontró en los contenidos de Potasio (K) en todos los tratamientos. El calcio (Ca) sobrepasa lo establecido como óptimo por Rueda-Sánchez *et al.* (2012) con un intervalo de concentración de 0.5 % a 2.5 %, los valores encontrados en guayacán oscilaron entre 7.75 % y 10.18 % para biomasa aérea, esta última concentración perteneciente al tratamiento Basacote 9M (4 kg m⁻³). Para biomasa radical el rango de concentración determinada para fue de 5.18 % a 8.53 %.

Cuadro 4. Valores nutricionales de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nicholson

Tratamiento	(kg m ⁻³)	Biomasa	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Multicote 8M	4	Aérea	2.99	0.24	1.39	9.39	0.6
	5	Aérea	3.26	0.28	1.59	9.29	0.52
	6	Aérea	3.09	0.29	1.53	10.16	0.58
Basacote 9M	4	Aérea	3.01	0.3	1.46	10.18	0.62
	5	Aérea	3.08	0.36	0.98	8.44	0.59
	6	Aérea	2.86	0.34	1.48	7.75	0.63
Testigo	0	Aérea	2.46	0.16	1.32	9.05	0.55
Multicote 8M	4	Radical	0.96	0.24	0.98	5.46	0.67
	5	Radical	1.43	0.26	0.9	8.53	0.79
	6	Radical	1.47	0.24	1.04	6.89	0.71
Basacote 9M	4	Radical	1.23	0.25	0.62	5.32	0.76
	5	Radical	1.18	0.32	0.72	5.25	0.74
	6	Radical	1.12	0.4	0.83	5.18	0.73
Testigo	0	Radical	0.66	0.17	0.87	5.83	0.71

Conclusión

Multicote™ Agri 8 (11.22.09 + 4 MgO + 0.1 Boro) y Basacote® Plus 9M (16-8-12) en concentración de 5 kg m⁻³ fueron las mejores alternativas para el crecimiento y desarrollo del guayacán en etapa de vivero.

Referencias Bibliográficas

Herrera Ramírez, David Andrés, León Peláez, Juan Diego, Ruiz Rendón, Mónica, Osorio Vega, Nelson Walter, Correa Londoño, Guillermo, Ricardo, Ricardo Esteban, & Uribe Bravo, Ángela. 2014. EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN VIVERO DE ESPECIES TROPICALES EMPLEADAS EN SILVICULTURA URBANA. *Revista EIA*, (21), 41-54. Recuperado el 18 de junio de 2025 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372014000100004&lng=en&tlng=es.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

- Jacobs, D. F. and T. D. Landis. 2014. Plant nutrition and fertilization. In: Wilkinson, K. M., T. D. Landis, D. L. Haase, B. F. Daley and R. K. Dumroese. (Eds.). Tropical Nursery Manual. A guide to starting and operating a nursery for native and traditional plants. Agriculture Handbook 732. United States Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC., USA. pp. 233-250.
- Rueda Sánchez, Agustín, Benavides Solorio, Juan de Dios, Prieto-Ruiz, J. Ángel, Sáenz Reytez, J. Trinidad, Orozco-Gutiérrez, Gabriela, & Molina Castañeda, Alicia. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(14), 69-82. Recuperado en 18 de junio de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000600006&lng=es&tlng=es.
- Rueda-Sánchez, Agustín, Benavides-Solorio, Juan de Dios, Saenz-Reyez, J. Trinidad, Muñoz Flores, Hipólito Jesús, Prieto-Ruiz, J. Ángel, & Orozco Gutiérrez, Gabriela. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 58-73. Recuperado en 18 de junio de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000200005&lng=es&tlng=es.
- Sáenz R., J. T., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S. y J. Á. Prieto R. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. 50 p.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO PARA CONTROLAR EL ABORTO DE FRUTOS EN VAINILLA.

Juan Hernández Hernández^{1*}, Sergio Alberto Curti Díaz¹, Oscar Pérez Hernández² ¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

²Northwest Missouri State University. Maryville, Missouri

*Autor por correspondencia. hernandezh.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: retención de frutos, auxinas, citocininas

Introducción.

La vainilla (*Vanilla planifolia* G. Jacks) es una especie originaria de la región mesoamericana, que abarca México y Centroamérica. Su uso se remonta a la época prehispánica, siendo un cultivo emblemático que forma parte fundamental de la cultura totonaca en los estados de Veracruz y Puebla. Además de su relevancia cultural, la vainilla tiene una gran importancia a nivel industrial a escala mundial, ya que se emplea como saborizante y aromatizante, en diversas industrias como la alimentaria, de bebidas, perfumería y cosméticos.

Una de las principales limitantes en la producción de vainilla en México son las condiciones climáticas extremas. En 2024, se estima que se perdió hasta un 70% de la producción por unidad de superficie debido a la combinación de sequías prolongadas y olas de calor intensas ocurridas durante las etapas de floración y desarrollo del fruto. Estas condiciones favorecieron el estrés fisiológico en las plantas, lo que provocó un alto porcentaje de aborto de los frutos, así como una reducción significativa en el tamaño y peso de las vainas cosechadas.

El aborto de fruto en la vainilla se ha asociado al estrés fisiológico que sufre la planta ante condiciones ambientales adversas, particularmente cuando la temperatura supera los 32 °C y la humedad relativa desciende por debajo del 80% (Hernández *et al.*, 2019). Estas condiciones se han registrado en varios ciclos agrícolas, especialmente durante años con sequías prolongadas en el área productora de Veracruz, Puebla y San Luis Potosí. El estrés climático parece inducir un desbalance hormonal en la planta caracterizado por la reducción de fitohormonas que favorecen la fijación del fruto, como las auxinas, giberelinas y citocininas, y un aumento en la concentración de etileno y ácido abscísico, hormonas asociadas con la abscisión del fruto (Modise *et al.*, 2009; Khandaker *et al.*, 2016). Para contrarrestar esta alteración hormonal, se ha recurrido al uso de reguladores de crecimiento, principalmente auxinas sintéticas (Kundu *et al.*, 2013).

En 2023, Hernández *et al.*, determinaron que la aplicación de 2,4-D (32 ppm) y forclorfenurón (5 mL/ L de agua) en las primeras etapas de desarrollo del fruto: la primera a los 7 Días Después de la Polinización (DDP) y la segunda a los 14 DDP o a más tardar a los 28 DDP, redujo el aborto de frutos de vainilla en un 24% en comparación con las plantas testigo, sin afectar negativamente el tamaño de los frutos. No obstante, es necesario validar estos resultados bajo condiciones de campo para estar en condiciones de emitir recomendaciones técnicas a los productores de esta orquídea de alto valor industrial.

El objetivo del presente estudio fue validar la tecnología generada por el INIFAP, basada en el uso de reguladores de crecimiento comerciales: una mezcla de 2,4-D (auxina; 32 ppm) y Forclorfenurón (citocinina; 5 mL/ L de agua) para disminuir el aborto de frutos en el cultivar Mansa de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks).

Materiales y métodos

La validación de la tecnología se llevó a cabo durante 2024 en la localidad de Fuerte de Anaya, municipio de Tecolutla, Veracruz, (20°18'37" LN y 96°59'29" LO; a una altitud de 7 m). Para ello, se seleccionaron 100 matas de vainilla de una plantación que contaba con 300 matas (cada mata formada por 2 a 4 plantas de vainilla en un mismo árbol tutor), eligiéndose aquellas que presentaron mayor uniformidad en cuanto a sanidad, vigor, así como de la cantidad de los racimos de "frutos" por mata al inicio del experimento. Del total de matas seleccionadas, se tomó una muestra aleatoria de 50 matas, a las que se les aplicaron reguladores de crecimiento (RC) que corresponde a la tecnología a validar y las otras 50 se dejaron sin tratamiento, funcionando como testigo para fines comparativos. Los RC utilizados como fuente de auxinas



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

y citocininas fueron el 2,4-D a una concentración de 32 ppm y Forflorfenurón a razón de 5 mL/ L de agua, respectivamente. Ambos productos comerciales se mezclaron en una cubeta con 10 litros de agua y se aplicaron con un aspersor manual convencional, dirigiendo el tratamiento únicamente a los racimos de frutos. La primera aplicación se realizó a siete días después del término de la floración y la segunda se efectuó una semana después de la primera aplicación. Antes y después del aborto de frutos se registró el número de frutos existentes en las 100 matas seleccionadas, en el mes de mayo y junio. Por diferencia de número de frutos iniciales y finales, se obtuvo el número y porcentaje de frutos retenidos por mata.

Para comparar el porcentaje promedio de retención de frutos (o en su defecto, aborto de frutos) se aplicó una prueba de t para dos muestras independientes entre el grupo tratado con reguladores de crecimiento (grupo 1) y el grupo testigo sin tratamiento (grupo 2). Antes del análisis, se evaluaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para asegurar la validez del modelo estadístico. El nivel de significancia se fijó en $\alpha=0.05$. Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento PRO TTEST de SAS Studio.

Los frutos cosechados (diciembre) de las 50 matas con RC y sin RC, se pesaron por separado en una báscula convencional. Asimismo, se tomó una muestra para el registro de la longitud y diámetro de los frutos cosechados en 10 matas por cada tratamiento.

Como parte del estudio, se registraron datos de temperatura y humedad relativa diarias con intervalos de una hora con un sensor Data Logger HOB0 Pro v2, que se colocó en la plantación de abril a diciembre de 2024. Los datos obtenidos se utilizaron para caracterizar las condiciones climáticas ocurridas durante el ciclo agrícola en el periodo de estudio. Con esos datos también, se determinó el número de días y horas con temperaturas mayores a 32°C; así como la humedad relativa inferiores a 80%. También, se colocó en el mismo sitio un pluviómetro de lectura directa para registrar la precipitación pluvial.

Resultados y discusión

Retención de frutos. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Las plantas tratadas con la tecnología validada retuvieron un promedio de 233.9 frutos por mata, de los 303.8 registrados al inicio del estudio (77% de retención); mientras que las plantas testigo retuvieron solo 143.8 frutos de los 281.6 iniciales (49%), lo que significa, en términos porcentuales, que se retuvo un 26% más de frutos con la tecnología validada en comparación con la obtenida en las plantas testigo (Cuadro 1), resultados similares a los obtenidos experimentalmente en 2023 (Hernandez *et al.*, 2023).

Cuadro 1. Efecto de los reguladores de crecimiento en la retención de frutos en vainilla *Vanilla planifolia* Jacks. Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver. 2024.

Parámetro	Tecnología INIFAP (con RC)	Testigo del productor (sin RC)
No. promedio de frutos retenidos por mata	233.9 (77%)	143.8 (51%)
No. promedio de frutos abortados por mata	69.8 (23%)	137.8 (49%)
No. de frutos totales	303.8 (100%)	281.6 (100%)

Los resultados de la prueba estadística de los valores numéricos señalados en el Cuadro 2 indicaron una fuerte evidencia de una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos ($t(98) = -11.72$, $p < 0.0001$). Específicamente, el grupo 2 (plantas sin reguladores de crecimiento) presentó porcentajes de aborto significativamente mayores que el grupo 1 (plantas tratadas con reguladores).

Los resultados indican fuerte evidencia que la aplicación de auxinas sintéticas y citocininas en dos aplicaciones está asociada con un aumento sustancial en la tasa de retención del fruto en vainilla. Dicho de otra forma: que la aplicación de dichos reguladores está asociado a una disminución sustancial de la tasa de aborto de frutos en comparación con plantas de vainilla no tratadas. Con estos resultados de la validación de la tecnología se confirma la efectividad de los reguladores de crecimiento para controlar el aborto de frutos en vainilla.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Condiciones climáticas. En 2024, durante la polinización y crecimiento de frutos de la vainilla (mayo y junio) se registró una sequía prolongada por casi 60 días, así como olas de calor extremas con temperaturas máximas absolutas que variaron entre 33°C a 38°C y baja humedad relativa menor de 80% que fluctuó entre 56% a 76% (Figura 1) condiciones generalmente registradas entre las 10:00 y 19:00 horas, en la localidad de Fuerte de Anaya. Estas condiciones climáticas extremas estresaron a las plantas y, por ende, ocasionaron el aborto de los “frutos” (ovarios desarrollados, pero no maduros), que tenían una edad entre los 41 y 45 días; aunque ya habían alcanzado su tamaño máximo, todavía no tenían la semilla formada. A finales de junio las plantas dejaron de abortar sus frutos, una vez que iniciaron las lluvias con la cual las temperaturas disminuyeron, menores de 32°C y se incrementó la humedad relativa, mayor a 80%.

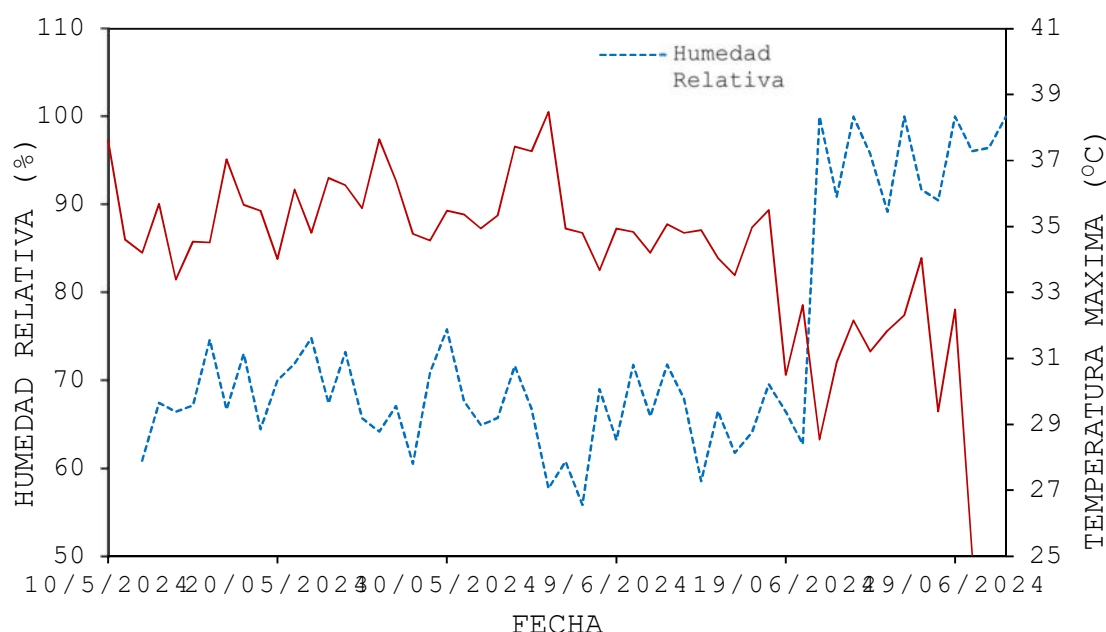


Figura 1. Temperatura máxima absoluta y humedad relativa absoluta diaria registrada durante el periodo de estudio en la localidad de Fuerte de Anaya, Tecolutla, Veracruz, México.

Rendimiento obtenido de vainilla verde. Existieron diferencias en el rendimiento y calidad de los frutos de vainilla como se muestran en el Cuadro 2. Las plantas tratadas con reguladores de crecimiento ya mencionados dieron un rendimiento de 1.207 kg por mata; mientras que con las plantas testigo, el rendimiento fue de 0.642 kg por mata, es decir que hubo un incremento del 88% de frutos con relación al tratamiento testigo. También, se obtuvo mayor longitud, diámetro y peso de los frutos en las plantas que fueron tratadas con la tecnología INIFAP, de 16 cm, 8.93 mm y 10 g, respectivamente, en comparación con el testigo, donde los frutos tuvieron una longitud de 14 cm, un diámetro de 8.45 mm y un peso de 7 g por fruto. Asimismo, con reguladores de crecimiento se obtuvo un 20% de frutos grandes, mientras con el testigo solo se logró un 1%.

Se esperaba obtener mayor longitud (18 cm) y peso de los frutos (16 g por fruto), pero por efecto de la sequía se obtuvieron frutos pequeños y flácidos; así como menor cantidad de semillas por fruto (50% menos de lo normal), lo que se reflejó en un menor rendimiento de frutos por mata y unidad de superficie principalmente en las plantas testigo.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 2. Rendimiento y calidad de frutos obtenidos de vainilla *Vanilla planifolia* Jacks con la tecnología INIFAP. Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver. 2024.

Parámetro	Tecnología INIFAP (con RC)	Testigo del productor (sin RC)
Rendimiento de vainilla verde por mata (Kg)	1.207	0.642
Longitud de frutos (cm)	16.01	13.56
Diámetro de frutos (mm)	8.93	8.45
Peso por fruto (g)	10.13	7.15
Frutos grandes, mayores de 18 cm (%)	20.1	1.16
Frutos medianos, de 15 a 18 cm (%)	42.4	29.07
Frutos pequeños, menores de 15 cm (%)	37.5	69.77

Relación costo/beneficio de la tecnología. La dosis que se aplica de los RC es mínima, principalmente del 2,4-D, pues en una hectárea se requieren 6 mL de 2,4-D y 500 mL de Forclorfenurón, ambos de productos comerciales disueltos en 100 litros de agua que alcanzan para asperjar 300 matas, sólo a los racimos, no en toda la planta. Por lo que, el costo de la tecnología es de aproximadamente 5 mil pesos, por hectárea incluyendo productos y la mano de obra por las dos aplicaciones.

Con base a los rendimientos de vainilla verde obtenido por mata, en una hectárea con 300 matas se esperaría obtener 362.1 kilos con la aplicación de los reguladores de crecimiento y de 192.6 kilos en el Testigo. La ganancia neta esperada, al restarle el costo de producción de un año/ha, sería de \$ 157,920 y \$ 44,270, respectivamente, con referencia al precio de \$ 700/kg de vainilla verde que se le pagó al productor en la cosecha 2024 (Cuadro 3). Estos resultados reflejan los beneficios de la tecnología generada y validada en 2024.

Cuadro 3. Análisis económico simple de la tecnología validada para retener frutos de la vainilla *Vanilla planifolia* Jacks. Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver. 2024.

Parámetro	Tecnología INIFAP (con RC)	Testigo del productor (sin RC)
Rendimiento de vainilla verde por ha (Kg)	362.1	192.6
Ingresos brutos por venta de vainilla verde por ha (\$)	253,470	134,820
Costo de producción de un año por ha (\$)	95,550	90,550
Ingresos netos por ha (\$)	157,920	44,270
Relación beneficio costo	2.65	1.48

Precio de vainilla verde/kg: \$ 700

Conclusiones

La aplicación en mezcla de 2,4-D (auxina; 32 ppm) y forclorfenurón (citocinina; 5 mL/ L de agua) a los 7 y 14 después de la polinización (DDP) tuvo un impacto positivo y significativo en la retención de frutos de vainilla y en su calidad, constituyéndose como una herramienta rentable y prometedora para mitigar el aborto de frutos en las zonas vainilleras donde este problema es recurrente.

Referencias bibliográficas

Hernández, H.J., S.A. Curti D. y A. Ríos U. 2019. Retención de frutos en *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews con reguladores de crecimiento. Agron. Mesoam. 30(3):695-704.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Hernández, H.J., S.A. Curti D. y A. Ríos U. 2023. Reguladores de crecimiento para controlar el aborto de frutos en *Vanilla planifolia* Jacks ex Andrews. Memoria de la Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2023.

Khandaker, M. M., N. Suhaida, I., S. Zuriani, I., A. Majrashi., A. Alebedi and N. Mat. 2016. Causes and prevention of fruit drop of *Syzygium samarangense* (Wax Apple): A Review. Adv. Environ. Biol. 10 (11): 112-123

Kundu, M., R. Joshi., P.N. Rai and L.D. Bist. 2013. Effect of plant bio-regulators on fruit growth, quality and productivity of pear [*Pyrus pyrifolia* (Brum.) Nakai] Cv Gola under Tarai condition. J. Appl. Hortic. 15(2): 106-109.

Modise, D.M., A. S. Likuku., M. Thuma and R. Phuti. 2009. The influence of exogenously applied 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on fruit drop and quality of navel oranges (*Citrus sinensis* L.). Afr. J. Biotechnol. 8 (10):2131-2137.

IMPACTO POTENCIAL DE TUZAS EN UNA ZONA PRODUCTORA DE PLÁTANO EN TABASCO

Pablo Ulises Hernández-Lara^{1*}, Diana Rubi Ramos-López² y Sergio Salgado-Velázquez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP- CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Km 1. Carretera Huimanguillo-Cárdenas, C.P. 86400, Huimanguillo Tabasco, México.

²Universidad Popular de la Chontalpa - División Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería. CA-QVyDS. Carretera Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco. CP. 86500.

*Autor para correspondencia: hernandez.ulises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Túneles, Montículos, Manejo Integrado

Introducción

Las tuzas (Geomyidae; *Orthogeomys*), son roedores y se consideran plagas en algunos países del centro y sur de América (Monge, 2010). A pesar de que se reconoce su impacto como una de las principales plagas de vertebrados en los cultivos, poco se sabe de su comportamiento y la magnitud de los daños que ocasionan. La zona donde se establece el cultivo de plátano y banano en la costa del Golfo de México coincide con el área en la que se localiza la tuza (*Orthogeomys hispidus*, J. L. Le Conte), una de las especies con más amplia distribución en México. En total, en México existen seis géneros y 21 especies de estos roedores, de las que 11 son endémicas (53%); cinco (24%) son consideradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059- SEMARNAT-2010; cuatro amenazadas (19%) y una en peligro de extinción (5%); además, una subespecie está bajo protección especial (Semarnat, 2010). Las tuzas están adaptadas a vivir en ambientes con disturbio, por causas naturales o por actividades humanas, lo cual les permite prosperar en estrecha cercanía al hombre; y dado que son organismos herbívoros y de hábitos subterráneos, la relación, por lo regular, resulta perjudicial para las actividades económicas de la población (Fernández *et al.*, 2014). Sin embargo, contribuyen de manera positiva a la aireación y remoción de los suelos, lo que constituye un importante servicio ambiental. En la actualidad, en México la tuza no es reconocida como plaga, aun cuando este mamífero afecta a diversos cultivos como lo son el plátano, banano, limón, caña de azúcar, cacao, entre otros. En la actividad agrícola, los daños se relacionan con el consumo de raíces, rizomas y cortezas de tallos, además, provocan pérdidas del recurso suelo por acción de la erosión, debido a que los montículos de suelo que forman quedan sueltos y expuestos en la superficie. Las tuzas son conocidas por los agricultores debido a los daños que producen en los cultivos, cercas vivas y jardines, además, por sus hábitos hipogeos, afectan los sistemas de riego, cañerías y cableado. Asimismo, roen o muerden las líneas de riego y líneas eléctricas. Los montículos pueden dañar el equipo de corte o afectar las prácticas de cultivo. Los túneles pueden desviar el agua de riego, aumentando la erosión y reduciendo la uniformidad del riego. La producción forestal es afectada por el daño de las raíces de árboles recién establecidos y en etapa productiva de cosecha de madera. Por su parte, la producción pecuaria puede afectarse por los daños que ocasiona a praderas y por los accidentes que sufre el ganado al introducir sus patas en los montículos o nidos provocando quebraduras (Monge, 2010). En Costa Rica, en donde se encuentra la especie *Orthogeomys cherriei* se han estimado pérdidas hasta del 80% en cultivos de plátano, banano, yuca, maíz y malanga (Fernández *et al.*, 2014), del 60 al 80% en cacao y del 50 al 60% en banano y yuca (Delgado, 1990). Las pérdidas en algunos cultivos son preocupantes y cuantiosas, ejemplo de ello, en zonas productoras de plátano en la región de San Rafael, Veracruz, se han calculado mermas de hasta un 30% en cultivos de plátano y banano, al igual que en los municipios de Nautla, Papantla, Atzacán y Tlapacoyán, pertenecientes a la misma entidad. Por otro lado, productores de plátano en la zona productora de Cucuyulapa, perteneciente al municipio de Cunduacán, Tabasco, reconocen que existen problemas ocasionados por tuzas que afectan las unidades de producción, lo



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

anterior se debe a un incremento poblacional en los últimos años y a la falta de alternativas de manejo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto potencial del daño ocasionado por tuzas en plantas de plátano macho c.v criollo en una zona productora de Tabasco.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio.

El estudio se realizó en el poblado Cucuyulapa, perteneciente al municipio de Cunduacán, Tabasco, México, en una huerta comercial de plátano macho c.v criollo de 1 hectárea intercalada con plátano dátil en el periodo del 15 de enero al 20 de abril del año 2025. El área se localiza en las coordenadas 17° 58', 23.2" N; 93°, 14', 32.2" W. Esta zona, como en la mayor parte del territorio tabasqueño (95%), presenta clima cálido húmedo con una temperatura promedio anual que varía de 25 a 27°C, prevaleciendo el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am). La temperatura máxima se registra antes de la estación lluviosa y del solsticio de verano (mayo) con valor medio de 35°C llegando a 42°C como el mes más caluroso y la temperatura mínima es de 18.5°C que se presenta en el mes de enero (García, 1973).

Recorridos de campo.

Se realizaron recorridos quincenales en el área de estudio con la finalidad de reconocer montículos y daños ocasionados a plantas. Se registró la actividad de las tuzas y se contabilizó el número de montículos frescos y viejos en el área de estudio subdividida en cuatro áreas y recorrida por transectos (Figura 1). Con flexómetro se midió el diámetro vertical y horizontal de la apertura de los túneles y la profundidad de los túneles, así mismo, se evaluó el daño a plantas.

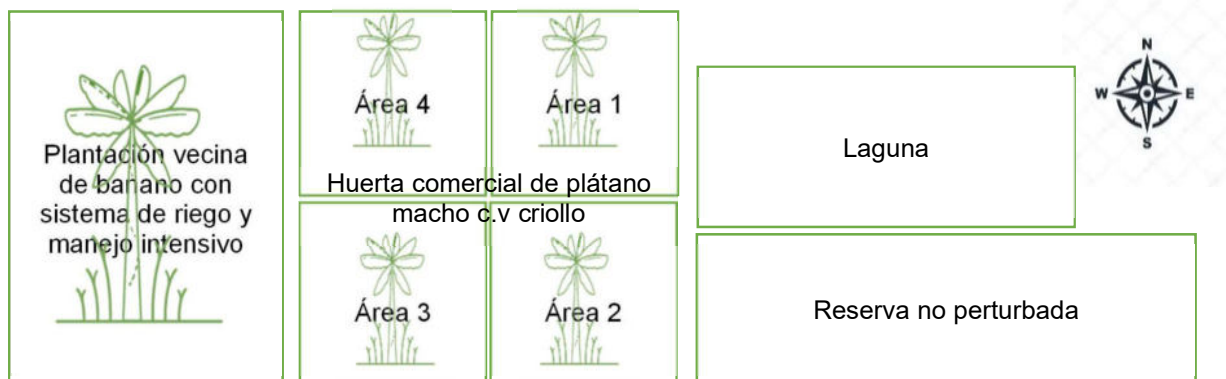


Figura 1. Croquis representativo de la huerta comercial de plátano macho c.v criollo subdividida en áreas.

Diseño y variables a evaluar.

Se usó un método indirecto para conocer la actividad promedio de tuzas (Chávez, 2017). Para lograrlo, se establecieron transectos de manera sistemática en la plantación de plátano macho c.v criollo siguiendo los pasos siguientes para estimar el número de montículos presentes en la huerta (Figura 2).

1. La longitud de cada transecto fue de 100 m, con una separación entre sí de 25 m.
2. Se estableció de manera aleatoria el inicio y el rumbo del transecto, que fue paralelo a los surcos de la plantación de plátano.
3. Se recorrió la plantación registrando los montículos frescos y viejos encontrados en el recorrido para cada una de las áreas delimitadas, así como los que se encontraban en ambos lados hasta una distancia perpendicular de 12.5 m.

Las variables que se registraron en el estudio fueron las siguientes: 1. Actividad de tuzas, 2. Estado de madurez, número de los montículos (frescos o viejos) y dimensiones de la boca del túnel y 3. Plantas volcadas o débiles.

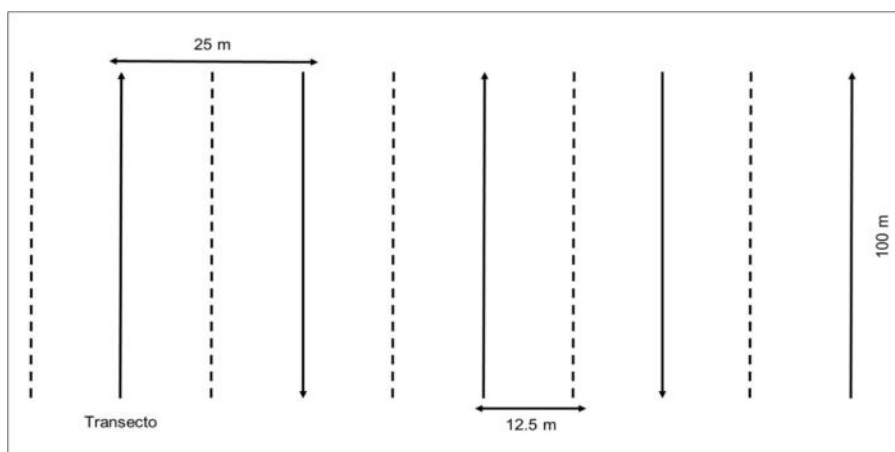


Figura 2. Diseño para el levantamiento de datos por transectos para estimar la cantidad de montículos, la actividad de tuzas y otras variables propias de los túneles.

Resultados y discusión

Actividad de tuzas.

Durante los recorridos de campo se observaron montículos con tierra suelta tanto frescos como viejos, evidenciando la presencia y actividad de tuzas en el área de estudio. De acuerdo con el "tuzero" el Sr. Francisco Custodio Flores y productores de plátano en la zona de estudio (comunicación personal), las tuzas se reproducen durante todo el año con dos picos de actividad reproductiva y de daño; el primero que va de los meses de marzo a junio y el segundo de los meses de septiembre a diciembre, así mismo, mencionaron que las tuzas muestran una mayor actividad en la formación de nuevos túneles y daño a plantas entre las 18:00 pm a las 6:00 am, lo cual coincide a lo reportado por Delgado, 1990; donde menciona que la mayor actividad ocurre entre las 16:00 pm a las 8:00 am. Los registros del número y estado de madurez de los montículos, dimensiones de la boca del túnel y el daño a plantas de plátano macho c.v criollo derivados de seis evaluaciones quincenales se señalan en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Número y estado de madurez de los montículos, dimensiones de la boca del túnel y daño a plantas registrados en una huerta comercial de plátano c.v criollo en Cucuyulapa, Cunduacán Tabasco en el periodo del 15 de enero al 20 de abril de 2025.

Área de estudio (1 hectárea)	Montículos			Dimensiones de la boca del túnel (montículos frescos) (cm)			Plantas volcadas
	Frescos	Viejos	Total	DV	DH	PROF	
Área 1	10	28	38	12.0	11.8	31.7	21
Área 2	18	108	126	11.1	10.9	33.8	36
Área 3	2	6	8	12.3	11.1	35.2	4
Área 4	4	15	19	12.0	12.1	30.0	6
				$\bar{x}=11.8$	$\bar{x}=11.4$	$\bar{x}=32.6$	

DV: Diámetro Vertical, DH: Diámetro Horizontal, PROF: Profundidad.

El número de plantas volcadas no necesariamente coincide con el total de montículos por área afectada, pero toda actividad de tuza puede ser capaz de provocar daño. El total de montículos registrados tanto frescos como viejos sin importar el estado de madurez en el que se encuentren, da una idea de que toda actividad de tuza representa un impacto potencial en el cultivo de plátano macho c.v criollo. El área 2



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

registró una mayor actividad de tuzas, lo anterior se atribuye a que existieron plantas de plátano dátil intercaladas con plátano macho c.v criollo, por lo que se puede suponer lo siguiente; las raíces de esta especie de plátano son más atractivas para las tuzas como fuente de alimento, o bien, la densidad de plantas en dicha área fue mayor, esto debido a la presencia de una mayor cantidad de plantas por superficie de suelo. Así mismo, a un costado del área en mención, existe una reserva no perturbada, la cual, sirve de criadero y fuente de alimento para estos animales. Caso contrario, el área 3 mostró una menor actividad de tuzas, una menor construcción de montículos y menor daño a plantas, esto atribuible a una baja densidad de población de plantas en dicha área, lo que provocó escases de alimento para las tuzas, así mismo, la menor actividad de los roedores se debe a que existió una mayor actividad de laborales en la plantación colindante con dicha área, sobre todo labores de aplicación de riego, lo que ahuyentó al roedor debido a la presencia de humedad y suavidad en el suelo, lo cual no permitió la construcción adecuada de túneles. Por su parte, las áreas 1 y 4 mostraron una actividad de tuzas moderadamente baja, probablemente a que a un costado de dichas áreas se encuentra un caminó principal. Es importante mencionar que la densidad de población de plantas, el tipo de especie de plátano, el estado de desarrollo del cultivo, el manejo del suelo, los cultivos vecinos y las labores del cultivo, se relacionan con la actividad de los roedores en determinados momentos.

Estado de los montículos.

En la mayoría de los casos los montículos registrados se localizaron cerca o a un costado de la fuente de alimento. De acuerdo a lo observado y a los comentarios vertidos por productores de la zona, existen dos tipos de túneles, los túneles primarios, que son utilizados para desplazarse y rastrear alimento, y los túneles secundarios, que se utilizan para sacar tierra hacia el exterior y en ocasiones para depositar sus excrementos. Delgado, 1990, menciona que los túneles primarios son para desplazamiento y conseguir alimento, mientras los túneles secundarios son solamente para sacar tierra excavada y que frecuentemente terminan en un terraplén o montículo a un lado de la fuente de alimento. En el presente estudio, los montículos registrados en las cuatro áreas tenían en promedio un diámetro vertical de la boca del túnel de 11.8 cm y un diámetro horizontal de la boca del túnel de 11.4 cm. Por las dimensiones semejantes del túnel, se atribuye que puede tratarse de una misma especie de tuza la que se encuentra en la zona ocasionando daño. Por otra parte, se registró una profundidad promedio del túnel de 32.6 cm, lo anterior coincide con Delgado, 1990, donde menciona que los túneles en el cultivo de plátano tienen una profundidad promedio de 32.7 cm y un diámetro vertical de la abertura del túnel de 10.3 cm. Es importante mencionar que la información se obtuvo solamente de túneles en estado fresco.

Daño a plantas.

Se evidenció que, durante el periodo de estudio, el cual coincidió con el primer pico de actividad de daño de tuzas en el año, hubo plantas volcadas, ausentes de raíces y con cormos roídos (cóncavos) con presencia de las marcas de los incisivos; y se observaron otras plantas a punto de volcamiento (Figura 3 a, b, c y d).





Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Figura 3. a). Corno con escasa presencia de raíces, b). Corno roído (cóncavo) con marcas de incisivos, c). Planta de plátano macho c.v criollo volcada y d). Planta de plátano macho c.v criollo apunto de volcamiento.

Se observó que muchas de las plantas dañadas tenían un racimo o se encontraban en floración, es decir, eran plantas que se encontraban en etapa productiva, por lo que el daño económico fue evidente. Productores de plátano y banano de San Rafael, Veracruz, afirman que para las tuzas son más atractivas las raíces de plantas de plátano en estado de floración o en estado de desarrollo del racimo debido al sabor que estas tienen, lo que hace que la planta sea más vulnerable y ser blanco fácil, lo anterior coincide con lo observado en este estudio, debido a que cerca de las plantas productivas dañadas se encontraban plantas jóvenes de entre tres y seis meses de edad mostrando escasa presencia de daño. Con lo anterior se entiende que el ataque de tuzas es más específico en plantas en producción que en plantas jóvenes sin parir.

Conclusión

La tuza es un problema grave en la región productora de plátano de Cucuyulapa, Cunduacán, Tabasco. La actividad de este roedor confirma la necesidad buscar nuevos métodos como alternativas al control convencional, por lo que se sugiere disponer de estrategias de manejo integrado para reducir las poblaciones. Un método de control amigable y efectivo es la destrucción de túneles, ya que la eliminación de los mamíferos es más fácil si se reduce el área de actividad. Con la información obtenida se logra testificar que la tuza no es una plaga estacional y puede ocasionar daños durante todo el año existiendo dos periodos de alta actividad reproductiva y de daño, por lo tanto, la intervención para su control en el cultivo de plátano debe ser permanente y no temporal.

Referencias bibliográficas

- Chávez-León, G. (2017). Procedimientos de campo para estimar la abundancia, daños e identificar tuzas en plantaciones de hule. Folleto Técnico Núm. 22. INIFAP. Coyoacán, Ciudad. de México. México. 44 p.
- Delgado, M. R. (1990). Construcción de túneles y ciclo reproductivo de la taltuza *Orthogeomys cherriei* (Allen) (Rodentia: Geomyidae). *Revista de Biología Tropical*, 38(1), 119-127.
- Monge J. (2010). Distribución geográfica, características y clave taxonómica de las taltuzas (*Orthogeomys* spp., Rodentia: Geomyidae) en Costa Rica. Cuadernos de Investigación, 2:23-3 1.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM 059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, 30 de diciembre de 2010. D. F., México. 77 p.
- Fernández J., A., M. S. Hafner, D. J. Hafner and F. A. Cervantes. 2014. Conservation status of rodents of the families Geomyidae and Heteromyidae of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:576-588.

HUANGLONGBING EN CÍTRICOS: ESTADO DEL ARTE EN DETECCIÓN REMOTA ASISTIDA POR APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Fabiola Olvera-Rincón¹, Joaquín A. Rincón Ramírez¹, Carlos F. Ortíz García¹, Luz del C. Lagunes Espinoza¹ y Eder Ramos Hernández².

¹Colegio de Postgraduado Campus Tabasco; ²Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP.

*Autor para correspondencia: Olvera.fabiola@colpos.mx

Palabras clave: Huanglongbing, sensores remotos, machine learning, review.

Introducción

El Huanglongbing (HLB), también conocido como "greening de los cítricos", es una de las enfermedades más destructivas que afectan a la citricultura a nivel mundial. Causada por bacterias del género *Candidatus Liberibacter* y transmitida por el insecto vector *Diaphorina citri*, esta enfermedad reduce drásticamente el rendimiento y la calidad de los frutos, comprometiendo la sostenibilidad de la producción cítrica (FAO, 2024). Ante la dificultad de su control químico y la ausencia de una cura efectiva, el diagnóstico temprano y preciso se ha convertido en una estrategia clave para mitigar su propagación. En los últimos años, las tecnologías de sensores remotos y los algoritmos de machine learning han emergido como herramientas innovadoras para la detección de enfermedades vegetales. La combinación de imágenes multiespectrales, hiperespectrales o térmicas con técnicas de aprendizaje automático permite identificar patrones fisiológicos y biofísicos asociados a la presencia del HLB, incluso en etapas tempranas o asintomáticas. Estas metodologías no solo aumentan la precisión diagnóstica, sino que también permiten el monitoreo a escala de parcela, regional o global. Dado el crecimiento acelerado de investigaciones en este campo, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de literatura sobre el uso de sensores remotos y machine learning en la detección del HLB en cítricos. Se analizan las metodologías empleadas, los tipos de sensores, los algoritmos más utilizados y su efectividad, con el fin de identificar avances, limitaciones y oportunidades futuras en el diagnóstico fitosanitario basado en tecnología.

Objetivo

Analizar de manera sistemática la literatura científica relacionada con la detección del Huanglongbing (HLB) en cítricos mediante el uso de sensores remotos y técnicas de machine learning, con el fin de identificar los enfoques metodológicos más utilizados, los tipos de sensores empleados, la precisión de los modelos desarrollados y las tendencias actuales en el monitoreo fitosanitario basado en tecnologías emergentes.

Métodos

Protocolo de revisión. Para proceder con una revisión sistemática de literatura, es necesario definir un protocolo de revisión. El presente protocolo de revisión se ha realizado utilizando las conocidas pautas de revisión proporcionadas por Kitchenham *et al.* (2007). En primera instancia, se definen las preguntas de investigación. Cuando las preguntas de investigación han sido definidas, las bases de datos referenciales son empleadas para seleccionar los estudios relevantes sobre el tópico. Las bases de datos referenciales que se utilizaron en este estudio fueron Science Direct, Scopus, Web of Science, Springer Link, Wiley y Google Scholar. Después de seleccionar los estudios relevantes, se filtraron y evaluaron utilizando un conjunto de criterios de exclusión y calidad. Se extraen todos los datos relevantes de los estudios seleccionados y, finalmente, los datos extraídos se sintetizan en respuesta a las preguntas de investigación. Además de las preguntas de investigación, también se definen los lugares de publicación, las cadenas de búsqueda iniciales y los criterios de selección de publicaciones (Keele, 2007). Al realizar la revisión, las publicaciones fueron seleccionadas revisando todas las bases de datos. Los datos fueron extraídos, es decir, se almacenó su información sobre autores, año de publicación, tipo de publicación y más información sobre las preguntas de investigación. Después de que todos los datos necesarios se extrajeron correctamente, los datos se sintetizaron para proporcionar una descripción general de los artículos relevantes publicados hasta el momento. En la etapa final, también conocida como informe de la revisión,



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

la revisión concluyó documentando los resultados y abordando las preguntas de investigación (Snyder, 2019). En la Figura 1, se representan los pasos seguidos para la estrategia del protocolo de revisión.

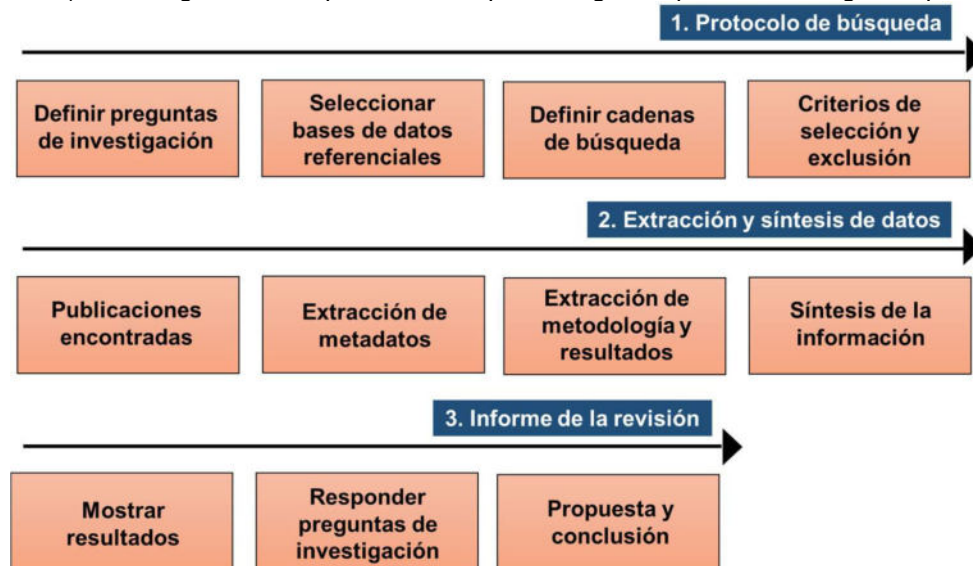


Figura 1. Protocolo de búsqueda para la revisión sistemática de literatura.

Preguntas de investigación Esta revisión sistemática de literatura tiene como finalidad principal obtener información sobre los estudios que se han publicado en el dominio de la teledetección remota y técnicas de machine learning para detección del HLB de los cítricos. Para ese trabajo, se han definido las siguientes preguntas de investigación (PI). PI 1. ¿Qué tipo de problemas resuelven los sensores remotos y las técnicas de machine learning? PI 2. ¿Qué algoritmos de machine learning se han usado en la literatura para la detección del HLB de los cítricos? PI 3. ¿Qué sensores remotos son los más empleados en la literatura para detección del HLB de los cítricos? PI 4. ¿Qué variables predictoras se han usados en la literatura para la detección del HLB de los cítricos usando teledetección remota y machine learning? PI 5. ¿Qué métricas de evaluación se han empleados en la literatura para detección del HLB de los cítricos usando teledetección remota y los modelos de machine learning?

Estrategia de búsqueda. La búsqueda se realiza restringiendo los conceptos básicos que son relevantes para el alcance de esta revisión. La búsqueda básica se realiza mediante una búsqueda automática. La entrada inicial para la búsqueda fue "aprendizaje automático (machine learning)", "teledetección remota (remote sensing)", "detección (detection)" y "HLB". Después de ejecutar esta cadena de búsqueda, se recuperaron 181 estudios. Se recuperaron los artículos y se leyeron los resúmenes para encontrar los sinónimos de las palabras clave. La búsqueda se realizó en cinco bases de datos. Después de que se aplicaron los criterios de exclusión y se procesaron todos los resultados, se elaboró el informe de resultados y se contestaron las preguntas de investigación (Van Klompenburg *et al.*, 2020).

Bases de datos referenciales. Para esta revisión sistemática de literatura, se han utilizado las siguientes bases de datos: Google scholar, Web of Science, Science Direct, Springer Link y Wiley. Estas bases de datos fueron seleccionadas para asegurar una buena cobertura del tema en cuestión (Slob *et al.*, 2021). Asimismo, en todas las bases de datos se introdujeron las palabras claves.

Criterios de exclusión y selección. Los criterios de exclusión, se utilizan para garantizar que solo se procesen los estudios pertinentes. Los estudios relevantes, en este caso, son estudios que contienen datos que pueden usarse para responder las preguntas de investigación. Los criterios se determinan de



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

antemano para reducir la posibilidad de criterios sesgados (Kitchenham et al., 2007). Para que un artículo sea incluido, todos los criterios de exclusión deben ser falsos. Los criterios de exclusión utilizados fueron los siguientes: Criterio de exclusión 1. La publicación no está relacionada con el sector agrícola y citrícola o combinada con el aprendizaje automático. Criterio de exclusión 2. La publicación no está escrita en inglés. Criterio de exclusión 3. Publicación que es un duplicado o ya recuperada de otra base de datos. Criterio de exclusión 4. El texto completo de la publicación no está disponible. Criterio de exclusión 5. La publicación es un documento de revisión. Criterio de exclusión 6. Publicación publicada antes de 2010.

Para responder las preguntas de investigación, se extrajeron y sintetizaron los datos de los estudios seleccionados. La información recuperada se centró en comprobar si los estudios cumplían o no los requisitos establecidos en los criterios de exclusión y en dar respuesta a las preguntas de investigación.

Resultados y discusión

Bases de datos referenciales por año. En total se revisaron 181 publicaciones en todas las bases de datos. Después de que se aplicaron los seis criterios de exclusión, se seleccionaron 38 estudios para su posterior análisis. En la Figuras 2, se muestran los detalles.

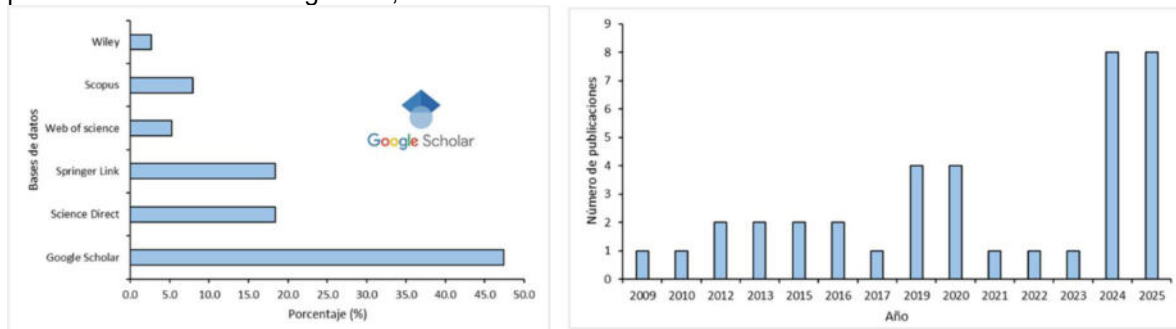


Figura 2. Izquierda: bases de datos consultados y derecha: número de publicaciones por año.

Preguntas de investigación

PI. Los sensores remotos y las técnicas de machine learning resuelven diversos problemas clave en el cultivo de cítricos, principalmente relacionados con el monitoreo, diagnóstico y manejo fitosanitario. Estas tecnologías permiten la detección temprana y no invasiva de enfermedades como el Huanglongbing (HLB), incluso antes de que los síntomas sean visibles a simple vista, lo cual es fundamental para contener su propagación. Además, los sensores multispectrales, hiperespectrales y térmicos facilitan la evaluación del estado fisiológico de los árboles, identificando variaciones en la salud vegetal, el estrés hídrico o nutricional y el vigor del cultivo a nivel de hoja, árbol o parcela. A su vez, el aprendizaje automático permite procesar grandes volúmenes de datos obtenidos por los sensores para clasificar automáticamente árboles sanos y enfermos, identificar patrones espaciales y temporales, y construir modelos predictivos con alta precisión. Otro problema que estas tecnologías abordan es la ineficiencia en el monitoreo tradicional, ya que permiten cubrir grandes extensiones de cultivo en menos tiempo y con menor dependencia del muestreo manual. También contribuyen a la toma de decisiones agronómicas basadas en datos, lo que se traduce en un uso más racional de insumos, reducción de costos y mejora en la sostenibilidad del sistema de producción citrícola. En conjunto, estas herramientas representan una solución tecnológica eficaz para mejorar la gestión agrícola, reducir pérdidas económicas y aumentar la resiliencia del cultivo ante enfermedades y condiciones ambientales adversas.

PI 2. En la Figura 3 se presentan los algoritmos mayores utilizados en la detección de HLB de los cítricos usando machine learning y sensores remotos.

PI 3. La Figura 4 muestra que los sensores remotos más utilizados en la detección del Huanglongbing (HLB) en cítricos son, en su mayoría, aquellos que operan en el rango multispectral e hiperespectral, seguidos por sensores térmicos y, en menor proporción, por imágenes RGB de alta resolución. Esta



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

tendencia refleja una preferencia por sensores que permiten capturar información espectral detallada asociada a cambios fisiológicos y estructurales en las plantas infectadas, los cuales no son perceptibles visualmente en etapas tempranas.

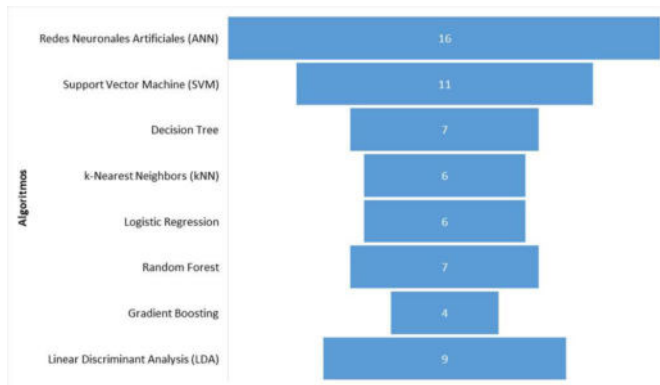


Figura 3. Algoritmos más empleados en la literatura para la detección de HLB de los cítricos usando machine learning y sensores remotos.

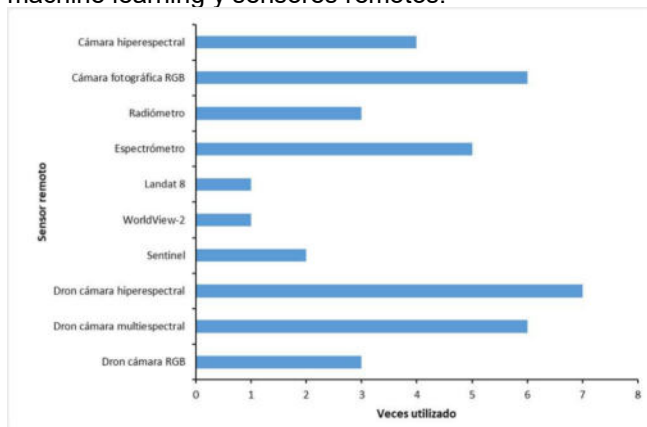


Figura 4. Sensores remotos más empleados en la literatura para la detección de HLB de los cítricos usando machine learning.

PI 4 y 5. En la literatura revisada, las variables predictoras más utilizadas para la detección del HLB en cítricos incluyen índices de vegetación (como NDVI, NDRE y SAVI), firmas espectrales específicas, características texturales de la imagen, temperatura foliar, y en algunos casos, combinaciones de bandas espectrales o componentes principales (PCA). En cuanto a las métricas de evaluación empleadas, predominan la precisión (accuracy), la matriz de confusión, el coeficiente kappa, la sensibilidad (recall), la especificidad, y el área bajo la curva ROC (AUC), las cuales permiten cuantificar el desempeño de los modelos de machine learning aplicados a datos de sensores remotos.

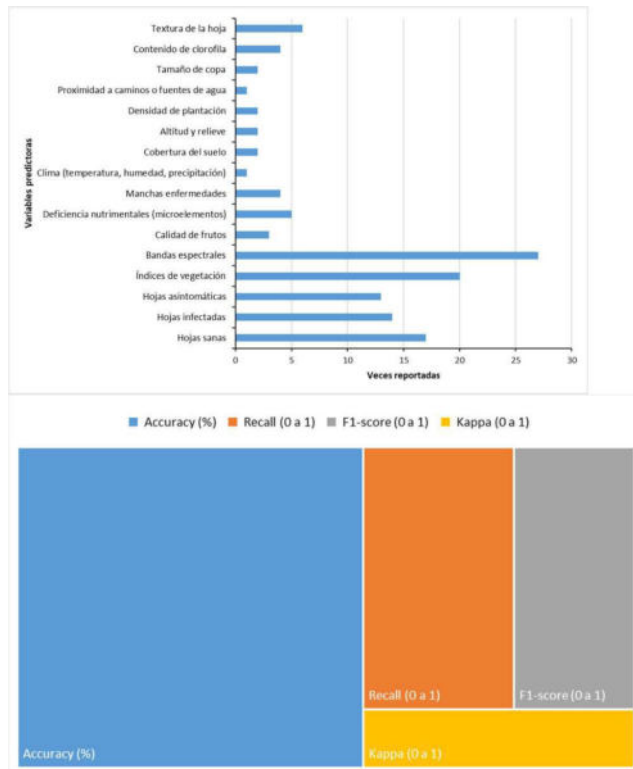


Figura 5. Izquierda: variables predictoras y derecha: métricas de evaluación más empleados en la literatura para la detección de HLB de los cítricos usando machine learning.

Conclusiones

La detección del Huanglongbing (HLB) en cítricos mediante sensores remotos y algoritmos de machine learning ha demostrado ser una alternativa eficaz, no invasiva y con gran potencial para el monitoreo fitosanitario. La literatura revisada muestra que los sensores multispectrales, hiperespectrales y térmicos son los más utilizados, debido a su capacidad para identificar alteraciones fisiológicas asociadas a la enfermedad antes de que los síntomas sean visibles. Los índices de vegetación y las variables espectrales y texturales son las principales variables predictoras empleadas, mientras que algoritmos como SVM y redes neuronales han mostrado un buen desempeño en la clasificación de árboles sanos e infectados. Las métricas más frecuentes para evaluar estos modelos incluyen la accuracy, F1 score, recall y kappa, lo que permite comparar resultados entre estudios. Sin embargo, existen desafíos como la variabilidad ambiental, la falta de estandarización en las metodologías y el costo de equipos especializados, que limitan la implementación masiva de estas tecnologías. Se destaca la necesidad de integrar bases de datos más robustas, validar modelos en condiciones reales de campo y desarrollar herramientas accesibles para productores. En conjunto, esta revisión resalta el avance significativo en el uso de tecnologías emergentes para la citricultura y señala que la combinación de sensores remotos con machine learning representa una vía prometedora para el diagnóstico temprano y la gestión sostenible del HLB.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Referencias bibliográficas

- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. <http://www.fao.org/home/en>.
- Keele, S. 2007. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (Vol. 5). Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE. Consultado desde: https://www.researchgate.net/profile/Barbara-Kitchenham/publication/302924724_Guidelines_for_performing_Systematic_Literature_Reviews_in_Software_Engineering/links/61712932766c4a211c03a6f7/Guidelines-for-performing-Systematic-Literature-Reviews-in-Software-Engineering.pdf
- Kitchenham, B., Charters, S., Budgen, D., Brereton, P., Turner, M., Linkman, S., and Visaggio, G., 2007. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Consultado desde: <https://userpages.uni-koblenz.de/~laemmel/esecourse/slides/slr.pdf>
- Slob, N., Catal, C., and Kassahun, A. 2021. Application of machine learning to improve dairy farm management: A systematic literature review. Preventive Veterinary Medicine 187: 105237. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105237>
- Van Klompenburg, T., Kassahun, A., and Catal, C. 2020. Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. Computers and Electronics in Agriculture 177: 105709. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105709>

ADAPTACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN SURESTE DE MÉXICO

Jazmin Lavin-Castañeda^{1*}, Fernando Carlos Gómez-Merino², Libia Iris Trejo-Téllez², Griselda Luna López³, Rubén Darío Góngora Pérez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Chetumal. Carretera. Chetumal-Bacalar km 25, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. C. P. 77900.

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56264. ³Universidad para el Bienestar Benito Juárez García, Ejido Pucté, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. C. P. 77984. *Autor para correspondencia:

castaneda.lavin@inifap.gob.mx

Resumen

El cambio climático ha generado condiciones ambientales adversas que han afectado de manera significativa la producción de caña de azúcar en México, particularmente en el estado de Quintana Roo, que depende en gran medida de solo dos variedades comerciales, lo cual representa un riesgo ante escenarios de cambio climático y limita el rendimiento productivo. Con el objetivo de identificar nuevas variedades con mejor adaptación y mayor potencial agronómico, se evaluaron 12 genotipos de caña de azúcar en ciclo plantilla, establecidas en suelos Vertisol Gleyco (VRgl) del Campo Experimental Chetumal del INIFAP. Se analizaron las variables de altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por planta y germinación, a los 60 días después de la siembra (DDS), mediante un diseño completamente al azar y análisis de varianza con pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron que la variedad **Mex 09-341** presentó la mayor altura (96.30 cm), **Mex 09-289** el mayor diámetro de tallo (16.28 mm), y **Mex 09-132** la mejor germinación (37 plantas/2 m lineales). Además, **Mex 09-66**, **Mex 09-289** y **Mex 09-321** destacaron por su mayor desarrollo foliar. Estas variedades superaron significativamente a las comerciales utilizadas como testigo. Por el contrario, **Mex 09-93** y **Mex 09-290** mostraron un desempeño agronómico inferior en todas las variables evaluadas. Se concluye que diez de estos materiales genéticos poseen características deseables para su validación en etapas fenológicas posteriores y su posible incorporación en zonas con condiciones similares, como estrategia para diversificar el abanico varietal y mejorar la productividad del cultivo en la región, haciendo frente a las condiciones adversas bióticas y abióticas.

Palabras clave: Vertisol, desarrollo, germinación

Introducción

El cambio climático está impactando de manera significativa la producción de caña de azúcar (FAO, 2023). Temperaturas superiores a 35 °C durante el periodo de crecimiento, irregularidades en las precipitaciones, con sequías prolongadas seguidas de lluvias intensas, puede causar estrés hídrico en las plantas y la proliferación de plagas y enfermedades que se traduce en el incremento de costos de producción, factores críticos que vulneran la producción (Kachare *et al.*, 2023; Mendoza-Ponce *et al.*, 2024; Cruz-González *et al.*, 2024). Actualmente Brasil sigue liderando en la producción de caña de azúcar a nivel global con 752.9 millones de toneladas, concentrando aproximadamente el 40% de la producción global, gracias a los logros importantes que este país ha tenido en infraestructura desarrollada y tecnología avanzada, mientras que México se posiciona en el sexto lugar en el ranking mundial de países productores, debido no solo a retrasos tecnológicos en campo y fábrica, sino también a un mayor impacto de periodos prologados de sequía en las últimas zafas, condiciones ambientales que han impactado negativamente el desarrollo del



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

cultivo con una producción de azúcar a la baja quedando en 4 millones 703 mil toneladas, que es 10% menos que el periodo de la zafra anterior con 5 millones 224 mil toneladas, nivel mínimo en al menos los últimos 10 años y de 806 mil hectáreas de superficie cosechada durante la zafra 2022-2023, se redujo a 743 mil 119 hectáreas en zafra 2023-2024; con rendimientos en campo de 62.03 toneladas de caña por hectárea; situación que ocasiona el impacto significativo de un incremento importante en el precio del azúcar en el mercado nacional (GCMA, 2024; MAM, 2024 y CONADESUCA, 2024). Para el estado de Quintana Roo, la caña de azúcar representa un cultivo estratégico, destinando 39,714 ha para la siembra de este cultivo (SIAP, 2023). Sin embargo los rendimientos en campo de caña de azúcar, están por debajo de la media nacional, con 50.48 t ha⁻¹ en la zafra 2023-2024, principalmente debido a las condiciones ambientales adversas y la dependencia mayormente de dos variedades de caña de azúcar, CP 72-2086 con 19,507.53 ha (50.73%) y Mex 69-290 con 17,858.72 ha (46.45%), abarcando un 97.18% lo que equivale a 37,366.25 ha; con presencia de mosca pinta (*Aeneolamia* spp.) en 3000 hectáreas y gusano barrenador (*Diatraea* spp) con 4500 hectáreas (MAM, 2024); situación que pone vulnerable al sistema de producción ante los retos bióticos y abióticos que ha venido experimentado el cultivo, principalmente las sequías prolongadas con temperaturas de 40 a 45 °C así como las abundantes precipitaciones que se registraron desde julio 2024; agregando que en la zafra 2022-2023 no se logró cosechar toda la producción por las abundantes precipitaciones y en la Zafra 2024-2025 hay presencia de amarillamiento afectando en la producción cerca de 12,000 hectáreas principalmente ocasionado por un complejo de especies de *Fusarium*. Con lo anterior surge la necesidad de evaluar nuevas variedades de caña de azúcar, para determinar el comportamiento y adaptabilidad en nuevos ambientes de las que fueron seleccionadas; y de esta manera ampliar la base genética y mantener la producción en el sector cañero.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en el Campo Experimental Chetumal del INIFAP en Quintana Roo, a una altitud de 25 m. Se trabajó con 12 nuevas variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla, primera etapa fenológica del cultivo: Mex 09-66, Mex 09-93, Mex 09-132, Mex 09-208, Mex 09-212, Mex 09-289, Mex 09-290, Mex 09-312, Mex 09-321, Mex 09-333, Mex 09-341, Mex 05-204 y como variedades comerciales: Mex 69-290, Mex 79-431 y CP 72-2086. La siembra se estableció en suelos Vertisol Gleyco (VRgl), que se caracterizan por ser de color gris, no rocosos, ni pedregosos, con grietas temporales profundas y en temporada de lluvia se encuentran saturados de agua (Palma-López *et al.*, 2017). Las variables que se consideraron en este estudio fueron: altura de la planta (cm), diámetro de tallos molederos (mm), número de hojas por planta con 12 repeticiones cada variable y germinación en dos metros lineales; con tres repeticiones. El diseño fue completamente al azar, se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$) usando el software Minitab statistical versión 21.4.

Resultados y discusión

En este estudio, se observó que en suelos Vertisol Gleyco (VRgl), durante la primera etapa fenológica del cultivo, la variedad **Mex 09-341** alcanzó la mayor altura por planta, con **96.30 cm a los 60 días después de la siembra (DDS)**, superando a las variedades comúnmente cultivadas en la región. En comparación, **Mex 69-290**, **Mex 79-431** y **CP 72-2086** alcanzaron alturas de **71.65 cm**, **73.45 cm** y **72.10 cm**, respectivamente. En total, **diez de las nuevas variedades** mostraron un buen desarrollo en altura, con la excepción de **Mex 09-290**, que registró un crecimiento de solo **64.5 cm**. Evaluar la altura de tallos en etapas iniciales permite discriminar genotipos con mejor respuesta adaptativa propia de la región (Narayan *et al.*, 2024).

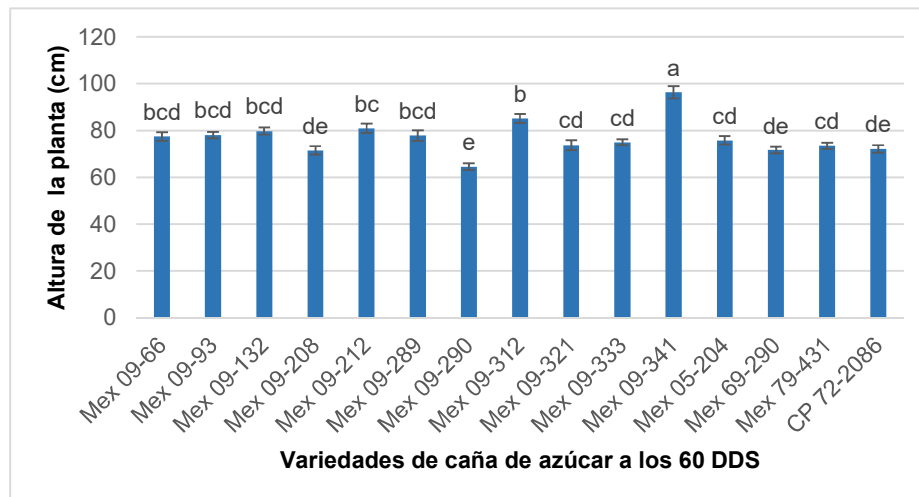
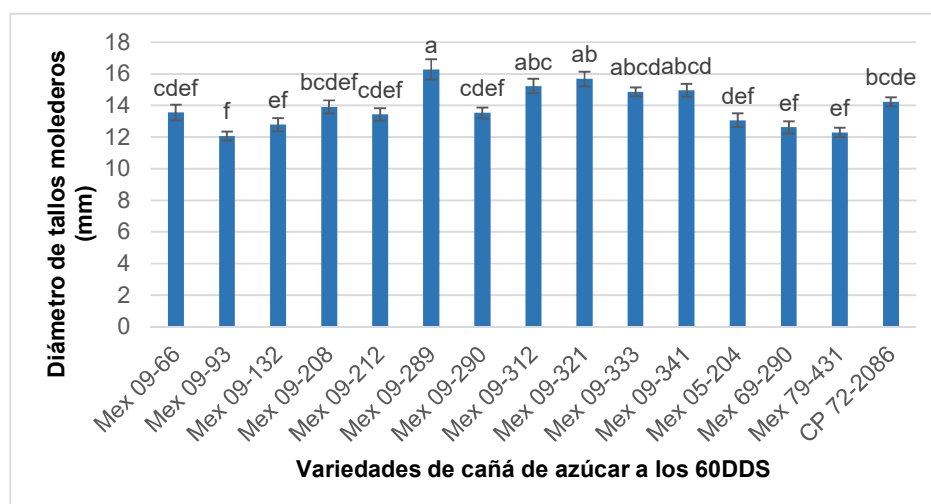


Figura 1. Altura de la planta de nuevas variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla, evaluado a los 60 días después de la siembra. Medias $\pm$ Error Estándar de la media con letras distintas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

En suelos **Vertisol Gleyco (VRgl)**, el desarrollo del diámetro de tallos moladeros a los **60 días después de la siembra (DDS)** mostró que la variedad **Mex 09-289** destacó con un diámetro promedio de **16.28 mm**. De manera similar, las variedades **Mex 09-321**, **Mex 09-312**, **Mex 09-341** y **Mex 09-333** registraron **diámetros de 15.68 mm, 15.23 mm, 14.95 mm y 14.85 mm**, respectivamente; todas ellas superaron a las variedades comerciales comúnmente sembradas en la región. Asimismo, esta característica ha sido utilizada como criterio de selección en los programas de mejoramiento genético, por su alta heredabilidad y fácil medición en campo (Chaudhary *et al.*, 2022). El diámetro del tallo tiene una correlación positiva significativa con variables como el peso fresco por tallo, rendimiento por hectárea y contenido de fibra, siendo una de las variables más estables ante variaciones ambientales (Silva *et al.*, 2023).





Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Figura 2. Diámetro de tallos molederos de nuevas variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla a los 60 días después de la siembra. Medias $\pm$ Error Estándar de la media con letras distintas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

La variedad que presentó la mejor germinación fue **Mex 09-132**, con un promedio de **37 plantas por cada dos metros lineales**, seguida por **Mex 09-312** (35 plantas), **Mex 09-289** (31), y **Mex 09-66** y **Mex 09-208** (ambas con 28 plantas). Estas variedades superaron notablemente a las comerciales utilizadas en la región, las cuales registraron entre **20 y 24 plantas**. Cabe destacar que las variedades **Mex 09-93** y **Mex 09-290** obtuvieron los valores más bajos, con **18 y 16 plantas**, respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por **Lavin-Castañeda et al. (2023)** en el estado de Veracruz, donde los mismos materiales, evaluados a una altitud de 650 m, y con suelos Nitisoles presentaron comportamientos similares. Particularmente, la variedad **Mex 09-289** mantuvo un buen desempeño germinativo en suelos Vertisol Gleyco, mientras que **Mex 09-290**, independientemente del ambiente, mostró consistentemente un bajo porcentaje de germinación, lo cual podría atribuirse a factores genéticos propios de la variedad.

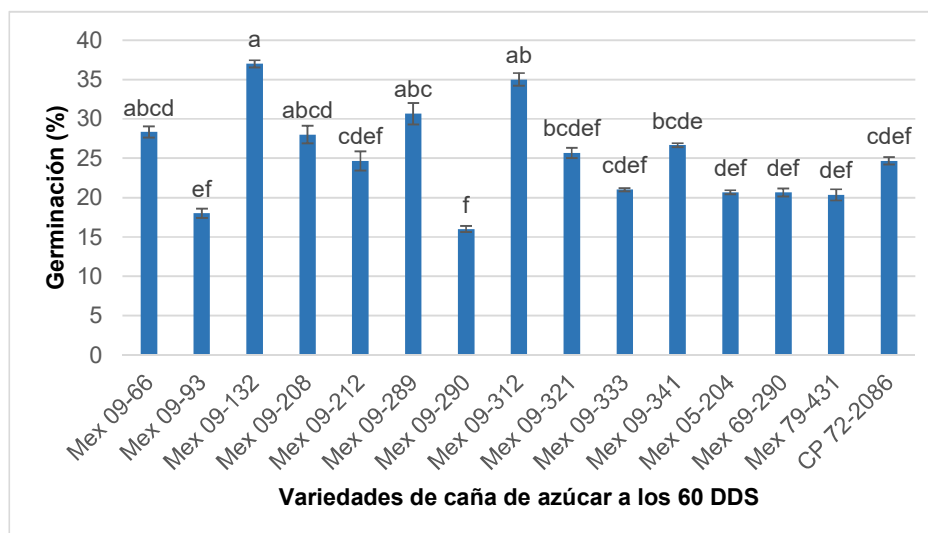


Figura 3. Plantas germinadas en dos metros lineales de nuevas variedades de caña de azúcar en etapa en ciclo plantilla, evaluado a los 60 días después de la siembra. Medias $\pm$ Error Estándar de la media con letras distintas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

También se evaluó el número de hojas desarrolladas por planta, encontrando que las variedades **Mex 09-66**, **Mex 09-289** y **Mex 09-321** presentaron un mayor desarrollo foliar en comparación con las variedades comerciales de referencia. En contraste, las variedades **Mex 09-93** y **Mex 09-290** registraron el menor número de hojas, situándose por debajo del resto de las variedades analizadas en este estudio. Se ha demostrado que un mayor número de hojas influye en el índice de área foliar (IAF), el cual determina la capacidad de interceptar radiación y transformar energía solar en azúcares (Kumar et al., 2021).

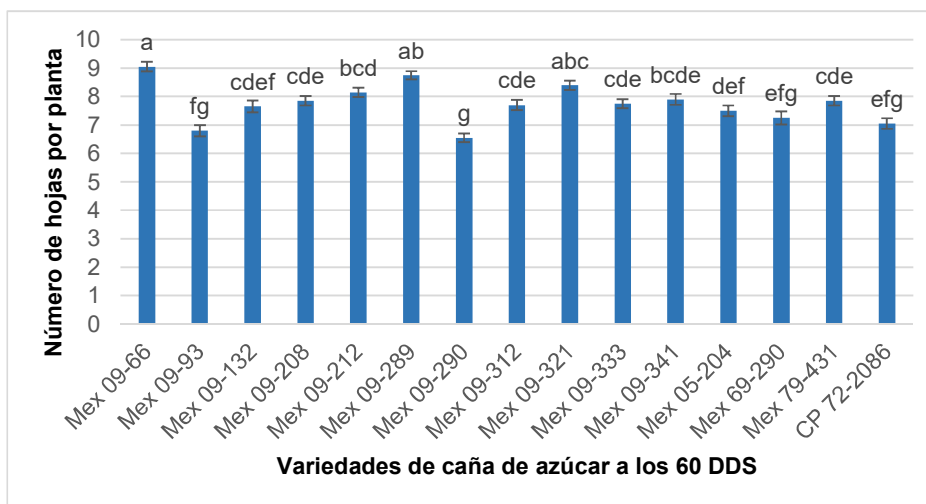


Figura 4. Número de hojas en nuevas variedades de caña de azúcar en ciclo plantilla evaluado a los 60 días después de la siembra. Medias $\pm$ Error Estándar de la media con letras distintas, son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que diez de las doce nuevas variedades evaluadas de caña de azúcar presentaron un comportamiento agronómico superior al de las variedades comercialmente utilizadas en la región, particularmente en suelos Vertisol Gleyco (VRgl), durante la primera etapa fenológica del cultivo. Destacan las variedades **Mex 09-341** por su mayor altura de planta (96.30 cm), **Mex 09-289** por su mayor diámetro de tallo (16.28 mm) y **Mex 09-132** por su sobresaliente capacidad de germinación (37 plantas por dos metros lineales). Asimismo, el mayor desarrollo foliar observado en **Mex 09-66**, **Mex 09-289** y **Mex 09-321** refuerza su potencial como materiales con buena adaptación al ambiente de estudio y con características deseables para su establecimiento y productividad en campo. En contraste, las variedades **Mex 09-93** y **Mex 09-290** mostraron un desempeño agronómico limitado, en germinación, altura, diámetro de tallos y desarrollo foliar. Estos resultados permiten identificar genotipos promisorios para su validación en las demás fases fenológicas de la planta hasta su maduración, con el objetivo de fortalecer la productividad del cultivo de caña de azúcar en zonas con condiciones edáficas similares, por lo que las variedades que mejor respuesta han presentado en la etapa inicial una buena adaptación son Mex 09-66, Mex 09-132, Mex 09-208, Mex 09-212, Mex 09-289, Mex 09-312, Mex 09-321, Mex 09-333, Mex 09-341, Mex 05-204.

Agradecimientos:

Los autores agradecen los apoyos otorgados a través de la Dirección de Coordinación y Vinculación del INIFAP-Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo.

Fuente financiadora

Recursos propios del Campo Experimental Chetumal.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Referencias bibliográficas

- CONADESUCA. 2024. Concluye zafra 2023/2024 con 4.7 millones de toneladas de azúcar. Disponible: [<https://caneros.org.mx/download/concluye-zafra-2023-2024-con-4-7-millones-de-toneladas-de-azucar/>].
- Cruz-González, A., Arteaga-Ramírez, R., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J., Monterroso-Rivas, A. I. 2024. Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1). <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327>
- Kachare, N. V., Khan, A. I., & Suryawanshi, M. V. 2023. Impact of climate change on sugarcane production and its mitigation a review. *International Journal of Progressive Research in Engineering Management and Science*, 3, 389-396. <https://www.doi.org/10.58257/IJPREMS32389>
- Mendoza-Ponce, A., Ortiz Haro, G. A., Murray-Tortarolo, G. N., & Salazar Frausto, J. L. 2023. Agricultura y cambio climático en México. *Estado y perspectivas del cambio climático en México. Un punto de partida [Reporte técnico]. Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM.* <https://tinyurl.com/26m77kxk>.
- Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zúñiga, F., Morales-Garduza, M.A., López-Castañeda, A., Shirma-Torres, E.D., Sanches-Hernandez, R., Peña-Peña A.J., Tinal-Ortiz, S. 2017. Classification and cartography of soils in the state of Campeche, Mexico. *Agro Productividad*, 10(12), 71-78.

COMPOSICIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE DOS SISTEMAS DE MANEJO DEL CAFÉ EN LA FINCA LOS FRESNOS, VERACRUZ.

Yolai Noda-Leyva¹, Arturo Pérez-Vázquez^{1*}, Sergio Sánchez-Hernández² y Nancy Nasario-Lezama¹

¹Colegio de Posgraduados-Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Predio Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. CP. 91700.

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente, Huatusco, Carretera Huatusco - Xalapa Kilómetro 6, Veracruz, México. C.P. 94100

*Autor para correspondencia: parturo@colpos.mx

Palabras clave: *Sistemas de manejo, Tradicional, Comercial, Biodiversidad, Macrofauna.*

Introducción

En Latinoamérica, la cafecultura es clave para la economía rural. Tradicionalmente se practica bajo sombra, generando servicios ecosistémicos que se ven amenazados por la transición a modelos intensivos. Los sistemas diversificados tienen mayor biodiversidad y fauna edáfica beneficiosa, pero no siempre son rentables. Esto ha motivado el uso de sistemas comerciales, más productivos, pero potencialmente menos sostenibles.

En México, muchos productores usan ambos enfoques, lo que plantea el reto de balancear rentabilidad y conservación (Pérez *et al.*, 2024), especialmente en regiones como Veracruz, donde el café es un cultivo emblemático.

No obstante, aún falta mucha información relacionada con la evaluación integral de estos sistemas, particularmente en relación a su influencia en la macrofauna del suelo, un indicador clave de la salud edáfica, y en su capacidad para generar beneficios socioeconómicos en pequeñas fincas.

Teniendo en cuenta estos antecedentes este estudio tiene como objetivo comparar la vegetación, la macrofauna edáfica, y los principales aspectos productivos y económicos en dos agroecosistemas de café (tradicional y comercial) en la finca Los Fresnos, Veracruz, México.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la finca Los Fresnos, ubicada en Axocuapan, Tlaltetela, Veracruz, México (19°12'38"N, 96°59'20"O). Esta región cuenta con una altitud de 1460 metros sobre el nivel del mar, con clima templado húmedo y precipitaciones concentradas en los meses de verano y otoño (Läderach *et al.*, 2011).

El área de la finca es de 0,5 ha⁻¹. Los suelos presentan características arcillosas y el cultivo de *Coffea arabica* se desarrolla bajo dos sistemas de producción: el tradicional que abarca 0,31 ha⁻¹, mientras el comercial ocupa 0,19 ha⁻¹.

El trabajo de campo se ejecutó en abril de 2025 (temporada seca), siguiendo un enfoque comparativo-descriptivo mediante variables cualitativas y cuantitativas.

Se catalogaron todas las especies vegetales del estrato arbóreo y arbustivo de cada sistema, considerando como unidades de análisis las parcelas y como tratamientos los distintos manejos aplicados: 1) tradicional y 2) comercial.

Para cada ejemplar identificado se registró la nomenclatura común y científica, la altura y la proyección de sombra.

La macrofauna edáfica se realizó aplicando la metodología de la Red Internacional de Evaluación de la Macrofauna del Suelo (TSBF), adaptada para agroecosistemas tropicales (Anderson & Ingram, 1993). Posteriormente se clasificaron taxonómicamente, calculando abundancia y riqueza por grupo funcional.

Para conocer los principales aspectos económicos que influyen en cada manejo, se aplicó un cuestionario semiestructurado al productor.

Análisis estadístico:



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

A través de la estadística descriptiva, se obtuvieron las medias y los rangos de altura y cobertura de los árboles en ambos sistemas de manejo (tradicional y comercial).

Para comparar el rendimiento alcanzado en cada agroecosistema se utilizó la prueba t para dos muestras independientes, con un nivel de significación de 0.05.

Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software SPSS, versión 27.

Evaluación económica:

Para la evaluación económica se consideraron los siguientes indicadores: Valor producción (\$/kg/año), Ganancia (\$/ha), Relación B/C: Donde: B/C>1 indica rentabilidad, B/C=2 representa 100% de beneficio, B/C≥3 muestra alta rentabilidad

Resultados y Discusión

El sistema tradicional presentó 15 especies arbóreas (cuadro 1). Este agroecosistema está compuesto por especies típicas de la zona, como los Fresnos, también por frutales y árboles de sombra, cuya función fundamental en el sistema es regular la radiación solar en el cafetal y ofrece una cobertura de sombra entre 63.8% y 85.7%, para una media de 75.0 %.

En el sistema comercial solamente se encontró el limón como especie arbórea, el cual es cultivado con fines económicos y los valores de cobertura de sombra fueron menores, de 56.4%.

Cuadro 1. Especies de plantas arbóreas identificadas en cada sistema de manejo de café

Sistema de manejo del café	Nombre común	Nombre científico	Uso	Altura (m)	Sombra (%)
Tradicional	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	Frutal	8.4	71.5
Tradicional	Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Frutal	9.2	67.9
Tradicional	Jinicuile o Vainillo	<i>Inga vera</i> Willd.	Frutal	6.7	75.3
Tradicional	Naranja	<i>Citrus X sinensis</i> (L.) Osbeck (pro. sp.)	Frutal	4.3	85.7
Tradicional	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	Frutal	5.2	81.8
Tradicional	Limón	<i>Citrus X limon</i> (L.) Burm. f. (pro. sp.)	Frutal	4.5	84.4
Tradicional	Fresno	<i>Fraxinus americana</i> L.	Maderable	11.0	73.1
Tradicional	Fresno rosado	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh	Maderable	10.2	75.9
Tradicional	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Sombra	12.3	63.8
Tradicional	Ixpepel	<i>Trema micranthum</i> (L.) Blume	Sombra	6.1	79.3
Tradicional	Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Sombra	5.4	80.6
Tradicional	Magnolia	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Sombra	7.3	78.4
Tradicional	Encino	<i>Quercus robur</i> L.	Sombra	10.0	70.7
Tradicional	Zapote	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Sombra	8.7	73.5
Tradicional	Nogal	<i>Juglans regia</i> L.	Sombra	9.6	72.9
Comercial	Limón	<i>Citrus X limon</i> (L.) Burm. f. (pro. sp.)	Venta	3.9	56.4

En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la macrofauna edáfica para el agroecosistema tradicional, ya que fue donde único se detectó fauna en el suelo. La ausencia de organismos en el comercial podría estar relacionada con la baja cobertura vegetal en dicha área, lo que limita la presencia de estos, dado por la falta de recursos que impiden su desarrollo, lo cual puede ser



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

consecuencia de un suelo degradado, con menor calidad biológica, en el que se aplican prácticas agrícolas intensivas e interviene la actividad continua antrópica (Aguilar y Díaz, 2023).

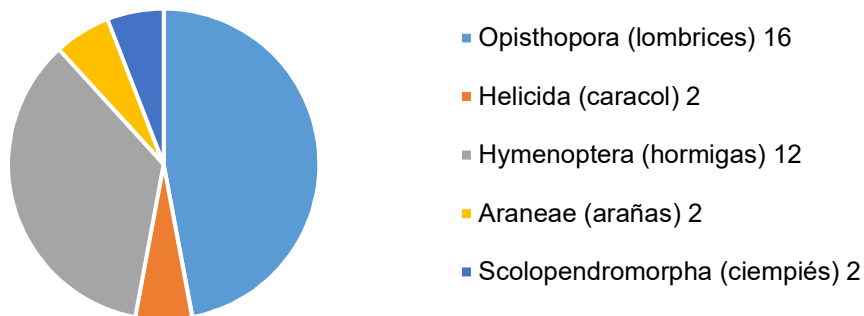


Figura 1. Macrofauna edáfica presente en el Agroecosistema Tradicional de Café.

El rendimiento de café obtenido mostró diferencias significativas entre los sistemas de manejo ($t < 0.05$). Los mayores valores fueron encontrados en el agroecosistema tradicional, con 376 kg ha^{-1} y 324 kg ha^{-1} de café que fue vendido como cereza y pergamino, respectivamente (figura 2). En contraste, el sistema comercial mostró una reducción en el volumen de café cosechado. Esta disminución en el rendimiento podría estar relacionada con una menor disponibilidad de nutrientes en el suelo, posiblemente asociada a la baja actividad biológica dado por la escasa presencia de fauna edáfica registrada en este sistema.

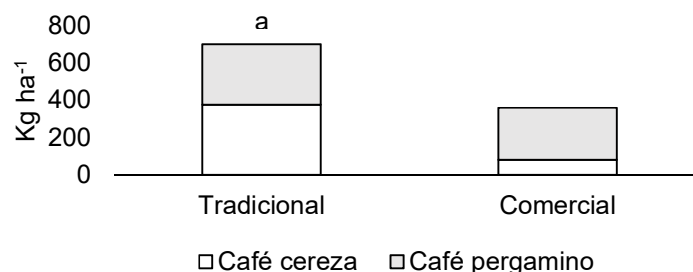


Figura 2. Rendimiento de café obtenido en cada sistema de manejo.

En el cuadro 2 se observan los resultados del análisis económico según cada tratamiento. El sistema tradicional, muestra un bajo rendimiento económico, con un valor de producción de $4.68 \text{ \$/kg}$ y una ganancia anual de $\$ 254.20$, es decir $819.35 \text{ \$ ha}^{-1}$ para una relación beneficio/costo (B/C) de 1.08, lo que indica una eficiencia económica muy baja.

En contraste, el sistema comercial, que suma además el ingreso por venta del cítrico y cultivos ornamentales, presenta una rentabilidad significativamente superior. El valor de la producción alcanza los $67.81 \text{ \$/kg}$, y la ganancia anual es de $\$ 22,586.20$, lo que representa una ganancia de $118,874.74 \text{ \$/ha}$. La relación beneficio/costo en este sistema es de 13.38, lo cual evidencia un sistema económicamente factible y rentable. Es importante señalar que, aunque ambos agroecosistemas tienen cultivos diversificados, los ingresos por venta de productos en otros cultivos distintos al café se obtienen únicamente en el sistema comercial, por ello se infiere una mayor estabilidad financiera con este manejo y ello podría amortiguar las fluctuaciones del mercado cafetalero.

Cuadro 2. Análisis económico según sistemas de manejo tradicional y comercial.

Indicador	Sistema Tradicional	Sistema Comercial
Valor de la producción (\$/kg)	4.68	67.81
Ganancia anual (\$)	254.2	22,586.20
Ganancia por ha (\$/ha)	819.35	118874.74
Relación Beneficio/Costo (B/C)	1.08	13.38

Las principales diferencias entre ambos sistemas radican en el destino final de los cultivos asociados. El agroecosistema tradicional, si bien presenta una alta diversidad de especies y muestra características de resiliencia frente a condiciones ambientales adversas, genera ganancias limitadas que no cubren las necesidades básicas del productor. En contraste, el manejo comercial busca un equilibrio al ofrecer mayores beneficios económicos. Esta situación explica porque muchos productores optan por dividir sus parcelas y aplicar diferentes estrategias de manejo al cafetal.

Conclusiones

Se concluye que los sistemas tradicionales de café proporcionan una gran diversidad de especies que contribuyen en la riqueza y abundancia de la biodiversidad, desarrollo de la fauna del suelo y mayores rendimientos de café, pero presentan limitaciones económicas frente a los sistemas comerciales, los cuales generan mayores ingresos anuales.

Agradecimientos

Se agradece a los productores de café Dr. Sergio Sánchez Hernández y M. Sc. Nancy Nasario Lezama por su valiosa colaboración y disposición durante el trabajo de campo. También al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz.

Fuente Financiadora

Este trabajo fue realizado con financiamiento otorgado por el Colegio de Posgraduados de México para apoyar proyectos de investigación en la convocatoria 2025.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, M. C. A., & Díaz, B. D. M. A. Z. (2023). Efecto del uso del suelo en la macrofauna edáfica en el distrito de Soritor, departamento de San Martín.
- Anderson, J. & Ingram, J. 1993. Tropical and soil biology and fertility (ISBF). Handbook of Methods. C.A.B.. Internacional. 171p.
- Läderach, P., Oberthür, T., Cook, S., Iza, M. E., Pohlen, J. A., Fisher, M., & Lechuga, R. R. (2011). Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. *Field Crops Research*, 120(3), 321-329.
- Pérez-Vázquez, A., Pérez-Sánchez, O., Lango-Reynoso, V., & Escamilla-Prado, E. (2024). El agroecosistema cafetalero: policultivo tradicional versus policultivo comercial en Chocamán, Veracruz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(2).

**CAPTURA DE CARBONO EN PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN LA SIERRA DE
TABASCO, MÉXICO**

Luis Enrique Jiménez-Vázquez¹, Julio Cesar Gerónimo-Castillo¹, **Victorino Gómez-Valenzuela^{1*}**, Ubaldo Guillermo Pérez-Cruz¹, Jorge Flores-Hernández¹, Alma Berenice Salaya-Curiel¹

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo

*Autor para correspondencia: vgomezv@chapingo.mx

Resumen

La palma de aceite en Tabasco se cultiva utilizando terrenos anteriormente ganaderos cuya cobertura vegetal contribuye a la captura y almacenamiento de carbono (C); razón por la cual es importante analizar su potencial de acumulación de CO₂, uno de los principales Gases de Efecto Invernadero que repercute en el calentamiento global y por ende en el cambio climático. En este trabajo se analizó como el cultivo de palma aceitera contribuye de manera importante a reducir las emisiones de CO₂, al convertirlas en carbono almacenado en la parte aérea de la planta, generando alternativas a problemas provocados por deforestación. Se evaluó mediante ecuaciones alométricas la acumulación de carbono en palma aceitera en edades de 5 y 12 años, contrastándose con lo almacenado en la Selva Alta Perennifolia. Se encontró relación lineal entre incremento de la altura, biomasa acumulada y carbono almacenado en el cultivo. La palma adulta (12 años), tuvo almacenamiento de biomasa de 266.45 t ha⁻¹, representando un almacenamiento de carbono de 119.45 t ha⁻¹ y tasa media de fijación de carbono de 9.9 t ha⁻¹ año; en palma joven, 5 años, hubo producción de biomasa de 196.19 t ha⁻¹ lo que corresponde a 88.29 t de carbono por hectárea y tasa media de fijación de C de 17.6 t ha⁻¹ año. La tasa media de fijación de carbono por año fue de 10 t ha⁻¹, considerada alta. El agrosistema de palma de aceite contribuye a la captura de 36.7 toneladas de CO₂ por hectárea por año, almacenado en forma de carbono estructural en la biomasa de la planta.

Palabras clave: Almacén de carbono, palma aceitera, sureste mexicano

Introducción

En México, el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) ha cobrado mucha importancia recientemente. De acuerdo con FEMEXPALMA (2023) en el año 2022 se observó un aumento en la superficie sembrada con palma de aceite, alcanzando un total de 124,826 hectáreas, establecidas en Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz. La introducción de la palma de aceite como cultivo en Tabasco ha sido mediante el cambio de uso de suelo de pastizal a un sistema productivo con cobertura vegetal que es factible que contribuya con la captura y almacenamiento de carbono (C), resulta interesante analizar su potencial de almacenamiento, ya que constituye uno de los principales Gases de Efecto Invernadero (CO₂), que repercute en el calentamiento global y por ende en cambio climático. El estado de Tabasco presenta en la actualidad un amplio espectro de problemas ecológicos, alteraciones hidrológicas, degradación de los suelos, erosión, salinización, pérdida de recursos bióticos y contaminaciones de diversa índole, debido a la aplicación de políticas públicas que no han funcionado y contrariamente han traído consecuencias negativas a los ecosistemas.

Ramírez (2013), concluyó que el almacenamiento de Carbono aéreo en edades de 3 a 4 años de edad en palma de aceite es de 61.86 t ha⁻¹ año, observó que esta palma, con respecto al Cacao (*Theobroma cacao* L.) y *Guazuma crinita* Mart., presenta un almacenamiento de carbono de 20 a 40 veces mayor, debiéndose en muchos casos al tipo de suelo en el que se estableció el cultivo y la etapa de desarrollo de la planta. Por su parte Ramos-Escalante *et al.* (2018), estimaron que la palma de aceite de 12 años de edad y densidad de 143 plantas ha⁻¹ en el Soconusco Chiapas, tiene un potencial de almacenamiento promedio



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de $76.18 \pm 0.047 \text{ t C ha}^{-1}$ y una tasa media de fijación anual de 6.53 t C ha^{-1} . También se ha determinado que el cultivo de palma aceitera captura más carbono que un sistema agroforestal y cultivos en barbecho, siendo similar a los bosques primarios y secundarios Castilla (2004).

En el presente trabajo se buscó estimar la capacidad de captura de carbono del cultivo de palma de aceite frente a la Selva Alta Perennifolia en la región Sierra de Tabasco, con ayuda de ecuaciones alométricas y comparar el Carbono almacenado en el cultivo con el de la vegetación natural.

Materiales y método

El presente trabajo se realizó en la Región Sierra de Tabasco, en los municipios de Jalapa y Tacotalpa, Figura 1, que concentra aproximadamente el 31% de la superficie establecida con palma de aceite en el estado, SIAP (2017). El clima dominante de la región es tropical húmedo con lluvias todo el año (Af), temperatura media anual de $25.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y precipitación media anual que va de los 3,000 a 4,000 mm. INEGI (2010). Predominan los suelos Vertisoles, Luvisoles, Leptosoles, Cambisoles y Acrisoles (Palma-López *et al.*, 2007).

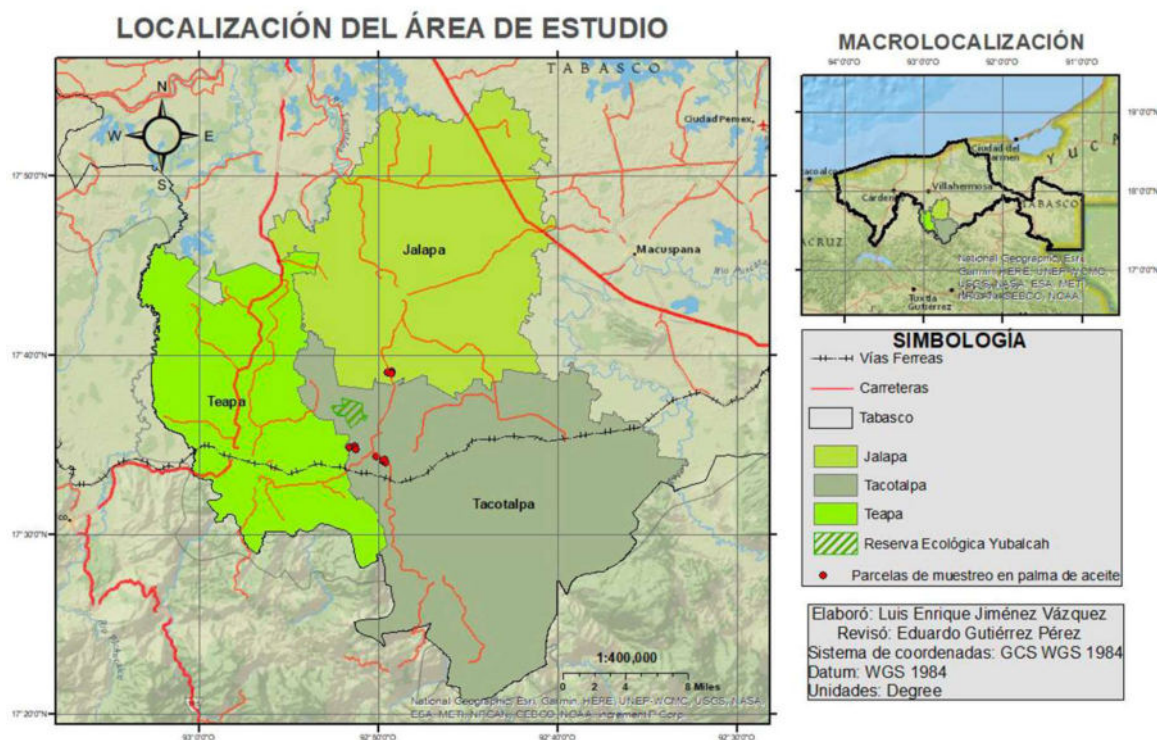


Figura 1. Área de estudio.

Se establecieron parcelas de muestreo temporales, con cinco repeticiones de $20 \times 50 \text{ m}$ (1000 m^2) en plantaciones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) de 5 y 12 años, así como en el ecosistema Selva Alta Perennifolia (Reserva Ecológica Yu-Balkah). La estructura de la vegetación arbórea se analizó



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

tomando en cuenta la distribución vertical, la abundancia de las especies y la dominancia, a partir de lo cual se estimó la cantidad de biomasa de la que se deriva el carbono almacenado.

Estimación de biomasa aérea

El cálculo de biomasa aérea se realizó utilizando el método indirecto, mediante la aplicación de ecuaciones alométricas reportadas en la literatura de acuerdo con la situación local (clima, especie, altura y diámetro y densidad de la madera por especie). Para la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se usó la ecuación sugerida por Ramos-Escalante *et al.* (2018).

$$Y=98.349(H) + 737.41$$

La mayoría de las ecuaciones están diseñadas en función de la variable DAP y altura total de la planta (Ht). Como el estudio se realizó en una Reserva Ecológica fue necesario utilizar la densidad de la madera reportada en la literatura para el cálculo de la biomasa aérea.

$$BA = (\sum_{AU}/1000) \times (10,000/\text{área de la parcela})$$

Donde:

BA = Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS ha⁻¹)

$\sum_{AU}$ = Sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela (kg MS por área de la parcela).

Factor 1000 = Conversión de las unidades de la muestra de kg MS a t MS

Factor 10,000 = Conversión del área (m²) a hectáreas.

Calculada la biomasa arbórea (t MS ha⁻¹), se procedió a estimar el porcentaje de carbono presente mediante la ecuación:

$$\Delta CBA = (BA * CF)$$

Donde:

ΔCBA = Cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo (t C ha⁻¹);

BA = Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS ha⁻¹)

CF = Fracción de carbono (t C t⁻¹ MS). El valor estándar del IPCC para CF = 0.5.

El cálculo de carbono almacenado se realizó tomado en cuenta que la fracción de carbono reportado para palma de aceite es del 45% (Ramos *et al.*, 2018).

Análisis estadístico

Los datos de C almacenado en cada una de las parcelas se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA). La prueba de Tukey se utilizó para analizar la existencia de diferencias significativas entre las cubiertas vegetales estudiadas. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa SAS, versión 9.2.

Resultado y discusión

Captura de carbono entre los ecosistemas evaluados

De acuerdo con la comparación de medias de carbono aéreo por hectárea de las tres condiciones analizadas, se obtuvieron diferencias significativas entre la Selva Alta Perennifolia y palma aceitera en las diferentes edades estudiadas, de acuerdo con la prueba Tukey ($P=0.05$), Cuadro 1.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Cuadro 1. Comparación de medias mediante la prueba Tukey de la variable contenido de carbono.

Tratamiento	Biomasa (t MS ha ⁻¹)	CC (t ha ⁻¹)
Selva Alta Perennifolia	528.9 a	264.5 a
Palma adulta	266.45 b	119.45 b
Palma joven	196.19 b	88.29 b

La capacidad de almacenamiento de biomasa promedio para el caso de la selva alta fue de 528.9 t MS ha⁻¹ lo que representó una capacidad de almacenamiento de carbono de 264.5 t ha⁻¹; tomando en cuenta que el 50% de la biomasa seca está constituida por carbono (IPCC, 2013), en las parcelas con palma, de distintas edades, no hubo diferencia significativa, ya que de acuerdo con la prueba Tukey, se encuentran dentro del mismo grupo estadístico.

La parcela con palma adulta y edad promedio de 12 años, tuvo una capacidad de almacenamiento de biomasa 266.45 t ha⁻¹ lo que representa un almacenamiento de carbono de 119.45 t ha⁻¹ y una tasa media de fijación de carbono por año de 9.9 t ha⁻¹; mientras que la palma joven, con edad promedio de 5 años tuvo un almacenamiento de biomasa de 196.19 t ha⁻¹, lo que corresponde a 88.29 t de carbono por hectárea, con una tasa media de fijación de carbono por año de 17.6 t ha⁻¹. Considerando que el 45% de su peso seco está constituido por carbono (Ramos-Escalante *et al.*, 2018), en promedio la tasa de fijación de carbono por año, entre los dos tipos de parcelas fue de 10 t ha⁻¹, lo que se considera alto, siendo este dato similar a lo reportado por Aranda-Arguello *et al.* (2018), y mayor a lo reportado por Ramos-Escalante *et al.* (2018). La palma de aceite captura más carbono que un ecosistema de selva tropical subcaducifolia de acuerdo con Rodríguez-Laguna *et al.* (2008), quienes encontraron en promedio 94.6 t de C ha⁻¹.

En el caso del cultivo de palma de aceite en la Sierra de Tabasco, la implementación del cultivo en áreas degradadas por la ganadería y en proceso de degradación, así como la conservación de las áreas naturales aún presentes en la zona como la "Reserva Ecológica Yubal-cah", pueden considerarse una forma adicional de mitigar el cambio climático contribuyendo a reducir las concentraciones de CO₂ debido a su alto potencial de captura de carbono demostrados en este trabajo.

Relación biomasa-carbono-CO₂

Considerando lo indicado por Rüginitz *et al.* (2009), una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas de CO₂ capturado, un ecosistema de Selva Alta Perennifolia en la Región Sierra de Tabasco captura 970.5 t ha⁻¹ de CO₂ en promedio, mientras que un agrosistema de palma de aceite de cinco años captura en promedio 324 y de 12 años 440 t ha⁻¹ de CO₂ (Cuadro 2). La tasa media de fijación de carbono entre los dos cultivos fue de 10 t C ha⁻¹, considerando las edades de ambas parcelas cultivadas con palma aceitera, lo que significa que en promedio, el agrosistema contribuye a reducir o capturar 36.7 toneladas de CO₂ por hectárea por año, almacenado en forma de carbono estructural en la biomasa de la planta, el cual puede permanecer en esa forma hasta por 25 años, edad en la que es necesario renovar las plantaciones debido a las dificultades de manejo sobre todo por la altura que alcanzan las palmeras.

Cuadro 2. Relación biomasa-carbono-CO₂ en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Biomasa (t MS ha ⁻¹)	CC (t ha ⁻¹)	CO ₂ (t ha ⁻¹)
Selva Alta Perennifolia	528.9 a	264.45 a	970.5
Palma adulta	266.45 b	119.9025 b	440.0
Palma joven	196.19 b	88.2855 b	324.0

Considerando que la edad promedio de las plantaciones de palma es de 12 años en la región sierra de Tabasco actualmente se almacenan 119.9 toneladas de carbono por hectárea.

Conclusiones

En el cultivo de palma de aceite se estimó 617.4 kilogramos de carbono almacenado en plantaciones de 5 años de edad (palma joven), equivalente a 83.8 toneladas de carbono por hectárea y tasa media de fijación de 17.6 toneladas por hectárea por año, mientras que en palma adulta (12 años) se obtuvo en promedio 838.5 kg de carbono almacenado equivalente a 119.9 toneladas por hectárea, a tasa media de fijación de 9.9 toneladas por hectárea por año.

No existen diferencias significativas entre los cultivos de palma (joven y adulta), pero si entre el cultivo de palma en ambas edades y la Selva Alta Perennifolia.

La Selva Alta Perennifolia en la Sierra de Tabasco captura 970.5 t ha⁻¹ de CO₂ en promedio, mientras que el agrosistema de palma de aceite captura en promedio 324 y 440 t ha⁻¹ de CO₂ en edades de 5 y 12 años respectivamente.

La tasa media de fijación de carbono entre el cultivo de palma aceitera y la Selva Alta Perennifolia fue de 10 t C ha⁻¹, lo que significa que, en promedio, el agrosistema de palma aceitera contribuye a reducir o capturar 36.7 toneladas de CO₂ por hectárea por año.

Literatura citada

Castilla, C. E. (2004). Potencial de captura de carbono por la palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, 25(especial.), 366-371. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1101>.

FEMEXPALMA. 2023. Anuario estadístico. México palmero en cifras. Federación mexicana de palmicultores y extractos de palma de aceite.

INEGI, 2010. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa. Instituto nacional de estadística y geografía. México.

IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Palma-López, D. J., Cisneros, D. J., Moreno, C. E., & Rincón-Ramírez, J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México, 195.

Ramírez, G. J. (2013). Determinación del potencial de captura de carbono en cultivos de cacao, palma aceitera y una especie forestal (bolaina) en el área de influencia de la empresa palmas del Shanusi SA; ubicada en la localidad de Pampa Hermosa-Yurimaguas).

Ramos-Escalante, G., Ley de-Coss, A., Arce-Espino, C., Escobar-España, J. C., Raj-Aryal, D., Pinto-Ruiz, R., & Guerra-Medina, C. E. (2018). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el trópico húmedo de Chiapas, México. *Agrociencia*, 52(5), 671-683.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Rodríguez-Laguna, R., J. Jiménez-Pérez, J. Meza- Rangel, O. Aguirre-Calderón y R. Razo-Zárate 2008. Carbono contenido en un bosque tropical subcaducifolio en la reserva de la biósfera el cielo, Tamaulipas, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4(2): 215-222.

Rugnitz, M. T., Chacón, M. L., & Porro, R. (2009). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales--.. *Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/Consortio Iniciativa Amazónica (IA)*. Lima, Perú.

SIAP. (2017). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

RENDIMIENTO Y DESPOBLACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR CON IMÁGENES MULTIESPECTRALES Y MÉTODO CONVENCIONAL EN PARCELAS DE PRODUCTORES EN CÁRDENAS, TABASCO

Antonio López-Castañeda¹, José Francisco Juárez-López^{1*}, José Jesús Obrador-Olán¹, Eugenio Carrillo-Avila², Apolonio Valdez-Balero¹, Lorenzo Armando Aceves Navarro¹, Mariela Guadalupe Maza-Landero¹
¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco; ²Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.

*Autor para correspondencia: juarezlo@colpos.mx

Palabras clave: Productividad, NDVI, densidad de plantación, tallos molederos

Introducción

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es de gran relevancia económica en las regiones tropicales y subtropicales, principalmente para la fabricación de azúcar y en la actualidad como fuente de biocombustibles. En México, la superficie anual de este cultivo agroindustrial es de 736,486 ha, con un rendimiento promedio de 75.63 t ha⁻¹. En Tabasco, las 38,600 ha hectáreas cultivadas reportan un rendimiento promedio de 56.47 t ha⁻¹ (INFOCAÑA, 2025), 25% menos que la media nacional. El manejo integral del cultivo de caña de azúcar con un enfoque de sustentabilidad permite mantener o incrementar la productividad del campo cañero por un mayor número de años. No obstante, la alta rentabilidad del cultivo de caña de azúcar en su ciclo plantilla y en su número de socas (número de cosechas) depende de múltiples factores como son las variedades de caña de azúcar adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de cada región, la densidad óptima de plantas por ha, el manejo integrado de plagas y enfermedades, la fertilidad de suelos y la optimización del riego entre otros. Uno de los principales factores que afectan directamente el rendimiento de la caña de azúcar es la densidad de la plantación; en general este valor es afectado por una baja tasa germinación (ciclo plantilla), y la despoblación en los subsecuentes ciclos derivada de daños mecánicos durante la cosecha tanto mecanizada como manual (equipo de cosecha: alzadora, carretas entre otros); ambos factores afectan directamente la productividad del cultivo, dando como resultado una menor eficiencia en el uso del agua y la fertilización, así como en la tasa fotosintética (Zenteno et al., 2017).

Por consiguiente, la cuantificación de la despoblación de los campos de caña de azúcar es importante para establecer estrategias que contribuyan a su recuperación y por ende a mejorar sus rendimientos. Una alternativa es la resiembra, que consiste en reponer las áreas despobladas y garantizar una cobertura uniforme del área cañera (Aguilar-Rivera, 2024). Para realizar la resiembra, primero se deben cuantificar las áreas despobladas de caña de azúcar, para lo cual existen métodos convencionales y métodos basados en satélites y de drones, cuyas imágenes multiespectrales se pueden usar para ese fin, entre muchos otros. Ambos métodos tienen ventajas y desventajas en cuanto a los tiempos, los costos y la cobertura del área cultivada, especialmente en grandes extensiones. De esta manera, el objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de cultivo y la despoblación de caña de azúcar mediante el método convencional en campo y el uso de imágenes multiespectrales provenientes de un satélite y de un dron o VANT, respectivamente, en parcelas de pequeños productores en Cárdenas, Tabasco.

Materiales y métodos

Características edafoclimáticas del Área de estudio. El área de estudio se localiza en la zona productora de caña de azúcar del estado de Tabasco, en la región de la Chontalpa, entre las coordenadas 18°00'10" y 18°00'20" N, y 93°23'30" y 93°24'30" O, la cual comprende una superficie de 9.75 ha (Figura 1); que forma parte de la Llanura Costera del Golfo Sur; una región fisiográfica integrada por una planicie con sedimentos aluviales del Cuaternario (Holoceno). Los suelos predominantes son Vertisoles, Cambisoles y Fluvisoles, de textura arcillosa a franca, que se caracterizan por ser fértiles, pero con drenaje deficiente. El clima de la región es cálido húmedo (Am (f)) con lluvias abundantes en verano, precipitación anual de 2000 mm y temperatura media anual de 26 °C. Al oeste de la planicie se presenta una densa red de drenes artificiales que forma parte del Plan Chontalpa, donde se cultivan principalmente caña de azúcar y cacao.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

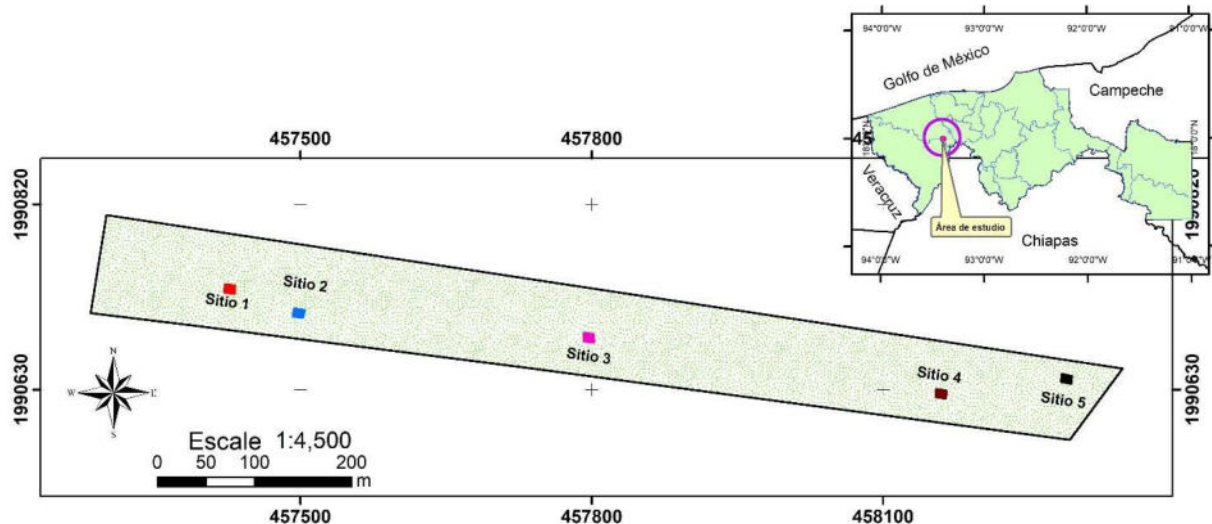


Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: Elaborado por los autores del presente trabajo

Manejo del cultivo agrícola. El cultivo se estableció utilizando el paquete tecnológico del ingenio Santa Rosalía, con la variedad MEX 69-290 conocida por su alto rendimiento. La parcela de caña de azúcar se sembró el día 20 de agosto de 2023 y se cosechó el 14 y 15 de marzo del año 2025.

Estimación de los parámetros biométricos de rendimiento y despoblación de la caña de azúcar. En esta etapa se determinaron los valores estimados de las variables biométricas referidas al rendimiento del cultivo y la despoblación de la parcela utilizando el método basado en imágenes multiespectrales del satélite Sentinel-2 y del Dron DJI Phantom 4 Pro, respectivamente. Asimismo, la despoblación de la plantación también fue estimada mediante el método convencional. Para determinar ambos parámetros se consideró una parcela de 9.75 ha de caña de azúcar; así como cinco sitios de muestreo seleccionados al azar para determinar la despoblación de la plantación en campo según el método convencional (Figura 1).

Estimación del rendimiento de la caña de azúcar con imágenes multiespectrales:

La estimación del rendimiento en $t\ ha^{-1}$ de materia verde (tallos, hojas y puntas), se realizó con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que mide la salud de la vegetación a partir de la reflectancia en diferentes bandas multiespectrales. Los valores de NDVI obtenidos se usaron para estimar el rendimiento de materia verde de acuerdo con la ecuación propuesta por Zenteno et al. (2017), quienes proponen una expresión para estimar el rendimiento a partir de los valores del NDVI. Para calcular el NDVI se usó la fórmula $NDVI = (B8 - B4)/(B8 + B4)$, donde B8 se refiere a la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano y B4 a la reflectancia en la banda roja. Los valores de NDVI presentan un intervalo de -1 a + 1; cuyos valores cercanos a +1 señalan vegetación densa y saludable, mientras que los valores bajos cercanos a -1 expresan estrés o escasa cobertura vegetal.

En este trabajo se utilizó imágenes multiespectrales capturadas por el satélite Sentinel-2, con fecha de 13 de febrero del 2025, las cuales fueron obtenidas del servidor Copernicus Open de la Agencia Espacial Europea (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>). Este análisis consistió en una corrección radiométrica y una corrección atmosférica para eliminar los efectos de la atmósfera, así como píxeles anómalos o muy distintos al área de interés. Una vez realizado el tratamiento de la imagen, se procedió al análisis usando el software Quantum GIS, 2016.

2) Estimación de la despoblación por el método convencional y con el uso de imágenes multiespectrales de un UAV: La despoblación se estimó a través de dos métodos, el método



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

convencional, basado en el conteo directo de la despoblación en campo, y el método con tecnología UAV, en el cual se utilizaron imágenes multiespectrales provenientes del Dron DJI Phantom 4 Pro. Para la aplicación de ambos métodos se establecieron al azar cinco sitios de muestreo en la parcela, cada uno con 10 metros lineales de 6 surcos (Figura 1).

a) *Método Convencional*: La estimación de la despoblación se realizó mediante un conteo directo en campo de las cepas faltantes por efecto de la cosecha en cada uno de los sitios de muestreo seleccionados.

b) *Método con imagen multiespectral*: La cuantificación de la despoblación se llevó a cabo utilizando un ortomosaico generado a partir de imágenes del Dron DJI Phantom 4, equipado con una cámara de 12 Megapíxeles. El vuelo se realizó a las 10:00 h en un día despejado. Las imágenes con una resolución de 1.8 cm, se tomaron a una altura de vuelo de 50 m pixel con un traslape frontal 60 y lateral 70. Para el tratamiento de las imágenes, la generación del ortomosaico y la nube de puntos se utilizó el software Agisoft Metashape, en formato .tif con proyección UTM zona 15 norte. Finalmente, los mapas detallados se elaboraron utilizando el software QGIS 3.2.

Análisis estadístico de datos de despoblación: A los datos del porcentaje de despoblación obtenidos de cada surco en cada sitio por ambos métodos, se les realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, y se estimó el error cometido en la estimación con base en la expresión:

$$e = \frac{z_{\alpha/2}\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Donde: e es el error porcentual cometido en la estimación del porcentaje de despoblación en la plantación, $z_{\alpha/2}$ es el valor en la distribución normal estándar correspondiente a una probabilidad de excedencia $\alpha/2$, σ es la desviación estándar de los porcentajes de despoblación estimados en los surcos y n el número total de surcos incluidos en la estimación (30). Finalmente α representa la probabilidad de cometer un error en la estimación, considerada igual al 5%. También se realizó la prueba de comparación de medias de t , para establecer si existieron diferencias significativas en la estimación de la media del porcentaje de despoblación por ambos métodos, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

Los valores de NDVI se encontraron en el rango de 0.2958 a 0.6244 (Figura 2), y se observa que existe una heterogeneidad en los valores del índice NDVI de la parcela cañera; es decir que existe una variabilidad en el estado de salud del cultivo. Con base en la imagen espectral de Sentinel-2 se esperaría que existiese un mayor rendimiento de tallos de caña en las zonas con valor alto (High) y un menor rendimiento en las zonas con valor bajo (Low).

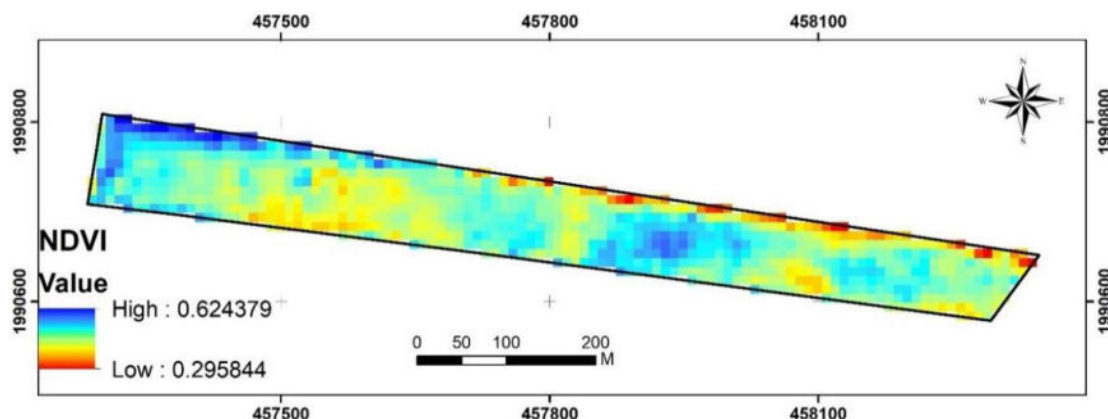


Figura 2. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) a partir de imágenes multiespectrales del Satélite Sentinel-2 (imágenes multiespectrales previamente tratadas)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Estimación del rendimiento de la parcela: Con base en los valores de NDVI (0.2958 a 0.6244) y el uso de la ecuación propuesta por Zenteno et al. (2017), los rendimientos estimados fueron de 105.6 a 163.4 t ha⁻¹ de caña. En este estudio el rendimiento estimado en t ha⁻¹ correspondió a materia verde (tallos, hojas y puntas); considerando un 25% del peso de puntas y hojas (Suárez-Benítez et al., 2018), y el rendimiento de tallos molederos se encontró entre 79.2 y 122.6 t ha⁻¹ de caña. El rendimiento promedio estimado para toda la parcela fue de 100.9 t ha⁻¹ de caña. En un estudio similar realizado por Salgado-Velázquez *et al.*, (2023), se obtuvieron valores inferiores en una zona cañera del ingenio Benito Juárez. El NDVI obtenido a partir de imágenes multispectrales del satélite Sentinel-2 ofrece ser un instrumento confiable para monitorear la maduración de la caña de azúcar, así como para analizar los procesos fisiológicos que ocurren en la plantación. Por lo tanto, las características espectrales son indicadores confiables para monitorear y mapear el cultivo de caña de azúcar y se convierten en una herramienta en la toma de decisiones. Cabe señalar, que este indicador responde a modificaciones en la composición nutricional, acumulación de biomasa y eventos fisiológicos de maduración (Salgado-Velázquez *et al.*, 2023).

Estimación de la despoblación con imagen multispectral

En la Figura 3 se muestra la cuantificación y la distribución de la despoblación de cepas sobre el ortomosaico generada a partir de imágenes capturadas por el dron con vuelo a 50 m de altura.

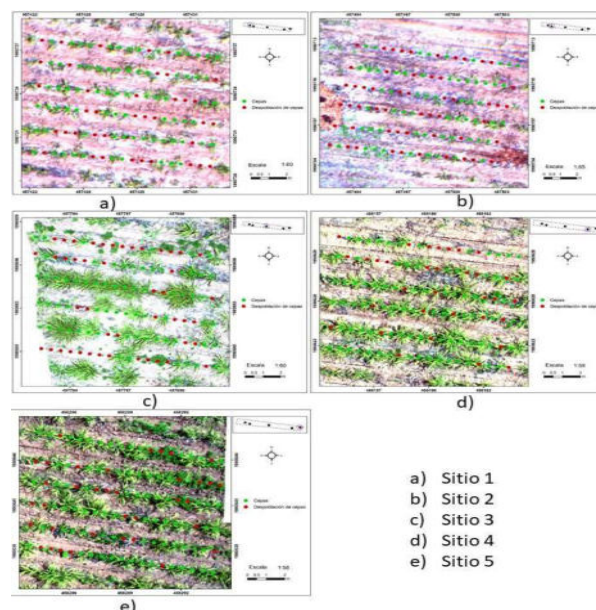


Figura 3. Despoblación en el cultivo de caña de azúcar usando imágenes del Dron DJI Phantom 4 Pro multispectral para cinco sitios de muestreo en la parcela de estudio.

El porcentaje de despoblación en cada uno de los cinco sitios de muestreo (cada sitio con 10 metros lineales de 6 surcos) se estimó con base en las imágenes espectrales capturadas por el Dron DJI Phantom 4 Pro. En el Cuadro 1 se muestra el porcentaje de despoblación de las cepas de caña estimado con el método convencional de campo y con el uso de imágenes multispectrales, así como los errores de estimación en cada caso, y en la Figura 4 se muestran dichos datos de manera gráfica. Como resultado de la aplicación de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos de despoblación obtenidos con ambos métodos presentaron una distribución normal.

De la comparación estadística de las medias de despoblación, se encontró que no existieron diferencias significativas entre ambos métodos ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Porcentajes de despoblación de las cepas de caña, estimados con el método convencional y con imágenes multiespectrales.

	Método de campo	Imágenes multiespectrales
<i>Dme</i>	44.26%	40.19%
<i>e</i>	4.72%	5.65%
<i>Dmin</i>	39.54%	34.54%
<i>Dmax</i>	48.97%	45.84%

Notas: *Dme* = Despoblación media estimada; *e* = error de estimación; *Dmin* = Despoblación mínima; *Dmax* = Despoblación máxima.

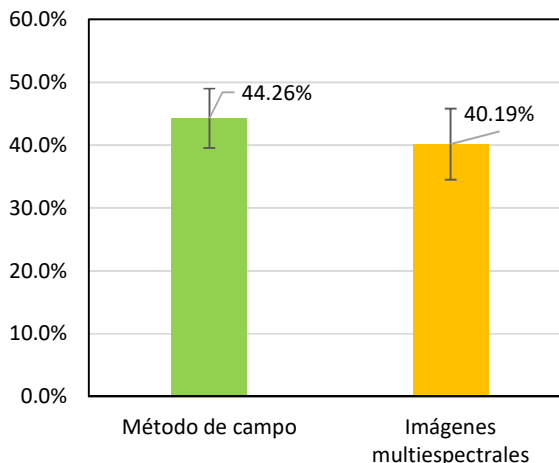


Figura 4. Despoblación de cepas de caña de azúcar. Las barras verticales corresponden a los errores de estimación de los métodos. Las imágenes multiespectrales son de alta resolución tomadas con el Dron DJI Phantom 4 Pro.

Conclusiones

En el presente estudio se concluye que el uso de imágenes multiespectrales del satélite Sentinel-2 y del índice NDVI permiten estimar el rendimiento de caña de azúcar en la parcela, obteniendo un rendimiento promedio de 100.9 t ha⁻¹ de caña de azúcar. De igual forma, la estimación de la despoblación de cepas de caña de azúcar en las parcelas podría realizarse tanto por el uso de tecnología VANT con imágenes multiespectrales como por el método convencional, puesto que la despoblación media estimada resultó estadísticamente igual para ambos métodos. En este caso, la despoblación estimada fue de 44.26% en la plantación, valor muy alto que podría relacionarse con daños a las cepas durante la zafra, así como con períodos de excesos de humedad del suelo durante la temporada de lluvias en la etapa de crecimiento inicial del cultivo. Finalmente, el uso de las imágenes multiespectrales son una herramienta eficaz para estimar los rendimientos y la despoblación de cepas en el cultivo de caña, principalmente en grandes extensiones y con el fin de disminuir costos y tiempo.

Referencias bibliográficas

- Aguilar-Rivera, N. (2024). Strategies for the Sustainability of Cane Agroindustry and Development of Green Agribusiness for Well-Being. In: An Agenda for Sustainable Development Research (pp. 111-129). Cham: Springer Nature Switzerland.
- INFOCAÑA. 2025. Disponible en línea en: <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/>
- Salgado-Velázquez, S., Becerril-Hernández, H., Córdova- Sánchez, S., Aceves-Navarro, L., J. Joaquín A. Rincón-Ramírez. (2023). Análisis temporal de diferentes índices de vegetación para monitorear el cultivo de caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco. ATAM.
- Suárez-Benítez, O.J., Jorge-Suarez, H., Delgado-Mora, I., Casanova-Cosío, E., Álvarez-González, Y., Moreno-Lorenzo, X., González-Rodríguez, J.M. González-Marrero, A. (2018). Composición química y fenológica de ocho cultivares de caña de azúcar (*Saccharum sp.*) para su recomendación en la alimentación de rumiantes. Revista ICIDCA 52 (1), 7-12.
- Zenteno-Cruz, G. A., Palacios Vélez, E., Tijerina Chávez, L., & Flores Magdaleno, H. (2017). Aplicación de tecnologías de percepción remota para la estimación del rendimiento en caña de azúcar. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(7), 1575-1586.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

EFFECTO DEL MANEJO DE ANTRACNOSIS EN MANGO MANILA CON FUENTES DE CALCIO AUNADO A HIDROTERMIA

Jorge Gustavo Rodríguez Escobar^{1*}, Héctor Cabrera Mireles¹, Elizabeth León García² y Rebeca Rodríguez Falconi³

¹INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla, ²INIFAP-Campo Experimental La posta, ³INIFAP-Campo Experimental Rio Bravo

*Autor para correspondencia: rodriguez.gustavo@inifap.gob.mx

Palabras claves: *Colletotrichum* spp., productos inocuos, porcentaje de infección,

Introducción

El estado de Veracruz es el séptimo por superficie sembrada a nivel nacional, se cultiva mango del genotipo: "Manila", con casi 15,000 ha, es el principal productor del Golfo de México. El mango presenta como el problema fitosanitario más importante en el mundo a la antracnosis, causada por *Colletotrichum* spp., propicia pérdida de 25 a 30% de la producción, afecta en precosecha: tallo, ramas y flores, y en postcosecha daña frutos. Estudios recientes registran cinco especies diferentes de *Colletotrichum* como causantes de la antracnosis en México: *C. alienum*, *C. asianum*, *C. fructicola*, *C. siamense* y *C. tropicale*. Estudios realizados en mango manila manifiestan la presencia de aislamientos con resistencia a fungicidas al igual que estudios realizados en papaya en el estado, esto podría deberse a la presencia de diferentes especies en el cultivo (Iqbal *et al.*, 2022; Tovar-Pedraza *et al.*, 2020). La diversidad de especies implica problemas con el control de *Colletotrichum* spp., obliga a replantear su manejo (Rodríguez *et al.*, 2021)

Estudios recientes reportan que tratamientos con 1 y 5 % de CaCl_2 y 1, 3 y 5 % de CaCO_3 proporcionaron un grado de control sobre *Lasiodiplodia theobromae* y *Colletotrichum gloeosporioides sensu lato*, semejante al tratamiento de hidrotermia (HWT; inmersión de 10 minutos a 55 °C). La hidrotermia además de retrasar la aparición de síntomas no afectó la maduración del fruto e influyó sobre la vida de anaquel (Montecalvo *et al.*, 2023). Otras investigaciones registran que la temperatura del agua caliente y la concentración de cloruro de calcio influyeron en el atributo de color b* de los mangos Keitt, el pH y la acidez titulable, así como en la firmeza, la ceniza y el contenido de vitamina C de los plátanos Cavendish (Dovel *et al.*, 2017). Ante el problema de incremento de costos por el uso de agroquímicos, escasez de mano de obra y presencia de tolerancia a los fungicidas se plantea la presente investigación con la necesidad de evaluar alternativas con productos inocuos, con diferentes fuentes de calcio, que asociados a la hidrotermia sean amables con el ambiente y que reduzcan el problema fitosanitario. Debido a lo citado se desarrolló la presente investigación con el siguiente objetivo: determinar el efecto de productos a base de calcio y tratamiento de hidrotermia en la reducción y severidad de antracnosis de frutos de mango manila.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en lotes A, de febrero a junio de 2024, sembrados con mango manila del Campo Experimental Cotaxtla. se ubica en el kilómetro 34.5 carretera libre de Veracruz a Córdoba, municipio de Medellín.

Se seleccionaron frutos con madurez fisiológica, expuestos a contaminación por antracnosis de forma natural. A los frutos, en la huerta en campo, se le asperjaron tres fuentes de calcio, siete días más tarde se sometieron a tratamiento de hidrotermia y 10 días después se evaluaron los síntomas de manchas de antracnosis sobre la fruta. La incidencia y severidad se evaluó con una escala que incluyó categorías del 1 al 5, correspondió al porcentaje de infección sobre frutos: 1= 0-1%, 2= 2-5%, 3= 6-9%, 4= 10-49% y 5= 50 -100%.

Se usaron tres tratamientos de productos inocuos: 1) poliquel Ca (10%), 2) calvit C (15 %) y 3) cloruro de calcio usado en pastelería (93%), más 4) un tratamiento testigo con agua destilada. Se aplicaron con diferentes atomizadores para cada producto. Posteriormente se sometieron a tratamiento hidrotérmico: 46.1 °C con 70 minutos de inmersión en agua. Se realizaron dos estudios, en el primero, se realizó una aplicación de fuentes de calcio asperjados sobre el fruto, siete días antes de la cosecha, y un día después se sometió al tratamiento de hidrotermia; 10 días más tarde se evaluaron síntomas en el laboratorio. En el



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

segundo estudio se hicieron dos aplicaciones: la primera aplicación 14 días antes de la cosecha y la segunda siete días previa a la cosecha y horas antes del tratamiento de hidrotermia, se evaluaron los síntomas para conocer la severidad de la enfermedad, como porcentaje de infección, 10 días después.

Se usó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue un fruto de mango. Los tratamientos para la primera investigación, una aplicación de fuentes de calcio, fueron: 1) testigo sin aplicación de fuente de calcio y sin hidrotermia, 2) cloruro de calcio, sin hidrotermia, 3) calbit C, sin hidrotermia, 4) poliquel Ca, sin hidrotermia, 5) testigo sin aplicación de fuente de calcio y con hidrotermia, 6) cloruro de calcio, con hidrotermia, 7) calbit C, con hidrotermia, 8) poliquel Ca, con hidrotermia. Los tratamientos para la segunda investigación con dos aplicaciones de fuentes de calcio, fueron: 1) testigo sin aplicación de fuente de calcio y sin hidrotermia, 2) cloruro de calcio, sin hidrotermia, 3) calbit C, sin hidrotermia, 4) poliquel Ca, sin hidrotermia, 5) testigo sin aplicación de fuente de calcio y con hidrotermia, 6) cloruro de calcio, con hidrotermia, 7) calbit C, con hidrotermia, 8) poliquel Ca, con hidrotermia. Los datos obtenidos se analizaron con el software del sistema de análisis estadístico (SAS), versión 9.2. Los tratamientos se compararon con la Prueba de Tukey con un nivel de probabilidad del 5%.

Resultados y Discusión

Una aplicación de fuentes de calcio. El análisis de varianza presentó una diferencia altamente significativa para la aplicación en una ocasión de fuentes de calcio. La comparación de medias, de acuerdo al análisis de Tukey, separó dos grupos, el de interés presentó frutos sanos asociados a los de menor daño: comprende tratamientos como testigo con y sin tratamiento hidrotérmico y sin fuente de calcio; seguido del tratamiento con cloruro de calcio con y sin tratamiento hidrotérmico; además de los tratamientos que incluyen calbit C con y sin tratamiento hidrotérmico. Este primer estudio demuestra que aunque estadísticamente hay diferencias, desde el punto de vista biológico al considerar la ausencia de síntomas de antracnosis sobre frutos, no hay diferencias si se aplica por una sola ocasión tratamientos con o sin fuente de calcio con o sin tratamiento hidrotérmico, debido a que el testigo (sin fuente de calcio) presentó en ambos casos de hidrotermia ausencia de síntomas, 12 días después de la aplicación de calcio, mientras que los frutos con fuentes de calcio si presentaron síntomas. Para este estudio el tratamiento con menor reducción de síntomas de antracnosis fue el poliquel calcio.

Dos aplicaciones de fuentes de calcio. El análisis de varianza presentó una diferencia altamente significativa para dos aplicaciones de fuentes de calcio. La comparación de medias, de acuerdo al análisis de Tukey, separó dos grupos, el que interesa a esta investigación presentó frutos sanos asociados a los de menor porcentaje de infección para los tratamientos: cloruro de calcio, con hidrotermia, calbit C, con hidrotermia, poliquel Ca, con hidrotermia, testigo sin aplicación de fuente de calcio y con hidrotermia, testigo sin aplicación de fuente de calcio y sin hidrotermia, y cloruro de calcio, sin hidrotermia. Destacó la hidrotermia como el complemento base sobre el cual los productos inocuos presentaron un mejor efecto de sanidad del fruto. Con categoría uno, sin manchas, sobresalieron cloruro de calcio y calbit C. La integración de dos componentes de control del problema fitosanitario de antracnosis en frutos de mangos manila (productos inocuos e hidrotermia) pretenden controlar la diversidad de especies y probables aislamientos de *Colletotrichum* que se han convertido en tolerantes al manejo convencional con fungicidas (Dovel *et al.*, 2017; Iqbal *et al.*, 2022; Montecalvo *et al.*, 2023; Rodríguez *et al.*, 2021; Tovar-Pedraza *et al.*, 2020).

Conclusiones

Ambos estudios dejan de manifiesto que una sola aplicación de productos con calcio no es suficiente.

La hidrotermia fortaleció la expresión de frutos sanos, aunado a fuentes de calcio.

Destacan como tratamientos relevantes: cloruro de calcio, y calbit C, ambos con hidrotermia, presentaron frutos de mango manila sin manchas de antracnosis, equivalentes a porcentaje de infección 1.

Referencias bibliográficas

Dovel, B. E. Omwamba, M.; Faraj, A. and Mahungu, S. 2017. Optimizatio of hot wáter temperatura dipping and calcium chloride treatment to the selected physico-chemical parameteers of Keitt mango and Cavendish banana fruits. 2017. Food and Nutrition Sciences 8:912-935 <https://doi.org/10.4236/fns.2017.810066>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

- Iqbal S.; Iqbal, S.; Khan, M.A.; Atiq, M.; Rajput, N.A.; Usman, M.; Nawaz, A.; Kachelo, G.A.,. Akram A. y Ahmad H. 2022. Mango anthracnose: Global status and the way forward for disease management. Journal of Innovative Sciences, 8(2): 222-235. DOI <https://dx.doi.org/10.17582/journal.jis/2022/8.2.222.235>
- Montecalvo, M. P.; Mendoza, M. J. and Dalisay T. U. 2023. Disease reducing effect of calcium salts against postharvest diseases of mango (*Mangifera indica* L. cv. Carabao) fruits. Philipp Agric Scientist 106(3):253-262
- Rodríguez E., J. G., R. Rodríguez F. y C. G. Rodríguez Q. 2021. *Colletotrichum* spp. procedente de frutos de papaya, del centro de Veracruz, su control con fungicidas y efecto del pH del agua. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. ISSN: 2595-573X. DOI: 10.34188/bjaerv4n3-133. 4(3): 4512-4523
- Tovar-Pedraza, J. M.; Mora-Aguilera, J. A; Nava-Díaz, C., Lima, N. B.; Micheref, S. J., Sandoval-Islas, J. S., Téliz-Ortiz, D. and Leyva-Mir, S. G. 2020. Distribution and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose in Mexico. Plant Disease. 104:137-146. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-19-0178-RE>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

VARIABILIDAD MORFOMÉTRICA DE FLORES DE *VANILLA PLANIFOLIA* EN CUATRO CICLOS DE FLORACIÓN, BAJO MANEJO AGROECOLÓGICO EN OXOLOTAN, TACOTALPA, TABASCO

José Padilla Vega^{1*}

¹Universidad Intercultural del Estado de Tabasco/Raíces de la Montaña *Autor para correspondencia:
jopave@gmail.com

Palabras clave: orquídeas, fenología, temporalidad

Introducción

El cultivo de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews enfrenta hoy una creciente presión. Producto del mercado internacional de sabores naturales, en 2024 su valor global fue estimado en 3 610 millones de dólares, y se proyecta que para 2030 alcance los 5 170 millones de dólares, con una tasa de crecimiento anual compuesta de 6,2 % entre 2025 y 2030 (Grand View Research, 2024). Estos datos subrayan la urgencia de fortalecer los sistemas productivos de vainilla desde un enfoque científico y sostenible.

En México, la producción de vainilla está concentrada y limitada a pocos estados. Veracruz registró 623 hectáreas cosechadas con una producción de 391,22 toneladas; Puebla alcanzó 81,25 hectáreas y 68,22 toneladas; Oaxaca contribuyó con 76,35 hectáreas y 43,10 toneladas; y San Luis Potosí registró 19,50 hectáreas y 7,80 toneladas. En total, el país produjo 510,34 toneladas, con un rendimiento promedio de 0,64 t/ha y un valor de producción que superó los 3 135 millones de dólares (tipo de cambio promedio 2024 entre 18,33 y 18,31 pesos por dólar). Esta concentración geográfica y productiva contrasta con la magnitud del mercado global. En este contexto, Tabasco no figura entre los estados productores, a pesar de contar con condiciones agroclimáticas propicias. La Sierra de Tabasco, particularmente en el municipio de Tacotalpa, presenta un clima cálido-húmedo con precipitaciones por encima de 3 000 mm anuales y temperaturas promedio entre 24 y 26 °C, parámetros comparables con regiones productoras tradicionales como Veracruz y Puebla. Sin embargo, no existen plantaciones comerciales de vainilla, solo iniciativas dispersas a pequeña escala, lo que evidencia un potencial productivo desaprovechado.

La morfometría floral resulta una herramienta clave para comprender la interacción entre el ambiente y el fenotipo. Las dimensiones de los sépalos, pétalos, labelo y corola representan tanto la constitución genética como la respuesta plástica frente a variaciones ambientales (humedad, temperatura, sombra). Analizar estos caracteres permite identificar patrones de variación dentro y entre ciclos florales, evaluar estabilidad fenotípica, y detectar posibles asociaciones con el éxito reproductivo, tales como retención floral y cuajado de frutos. Esta perspectiva adquiere relevancia en vainilla porque la polinización manual es la única práctica viable de polinización efectiva en cultivos, dada la limitada presencia de polinizadores especializados. Por ello, conocer cómo la morfología floral incide en la eficiencia reproductiva es fundamental para diseñar prácticas de manejo que reduzcan la caída floral y mejoren el rendimiento.

En la comunidad de Oxolotán, Tacotalpa (Sierra de Tabasco), existe una experiencia reciente de cultivo de vainilla bajo sistemas agroecológicos, en sombra de *Gliricidia sepium* y especies nativas. Sin embargo, para el estado no hay estudios de vainilla que nos ayuden direccionar la producción. Por ello, este estudio tiene como objetivo caracterizar la variabilidad morfométrica floral de *Vanilla planifolia* en un sistema agroecológico de Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco, a través del análisis de cuatro años consecutivos de floración, evaluando su respuesta fenotípica al ambiente y su relación con el éxito reproductivo.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una plantación agroecológica de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, localizada en la colonia Pomoquita, Oxolotán, municipio de Tacotalpa, Tabasco, México (17.3721° N, -92.7286° O), a una altitud aproximada de 160 m s. n. m. La plantación fue establecida en 2018 con un total de 500 individuos, procedentes de tres fincas de Papantla, Veracruz, con el propósito de evitar la homogeneidad genética y reducir el riesgo de clonación masiva. Las plantas alcanzaron la etapa fisiológica reproductiva a los tres años de edad y, a partir del cuarto año (2021), se inició el registro sistemático de datos, cubriendo cuatro ciclos consecutivos de floración anual (2021–2024). El predio se encuentra bajo cobertura arbórea que proporciona sombra homogénea, sin variaciones detectables en la intensidad lumínica en la plantación donde se registraron valores de flujo de fotones fotosintéticamente activos (FFF) en un rango de 917 a 1510 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El promedio calculado fue de 1213.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con una amplitud de variación de 593 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y una desviación estándar estimada de 171 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Instrumentación y variables. Las mediciones morfométricas se realizaron en flores en antesis completa mediante un vernier digital Mitutoyo®, con resolución de 0.01 mm y precisión ± 0.02 mm, calibrado al inicio de cada jornada. En cada flor se midieron longitud y ancho de sépalos (1, 2 y 3), pétalos (1 y 2), labelo y corola. Se registró además la condición reproductiva (retención floral, caída o cuajado de vaina).

Diseño muestral. Dado que las plantas se encuentran dispersas y la sombra es homogénea, se aplicó un muestreo probabilístico espacialmente balanceado mediante el enfoque BAS/GRTS (*Balanced Acceptance Sampling/Generalized Random Tessellation Stratified*). El procedimiento consistió en delimitar el polígono de la plantación, generar una secuencia de puntos cuasi-aleatorios con cobertura espacial uniforme y asociar cada punto al individuo más cercano. De esta forma se garantizó una muestra representativa, con separación mínima entre plantas seleccionadas para reducir dependencia espacial. Dentro de cada planta seleccionada se realizó un muestreo en dos etapas: primero la selección de la planta, y después la elección sistemática de 3 a 5 flores en antesis, evitando daño o duplicidad en ramilletes, es importante mencionar que cada año la planta muestreada fue diferente. Se estableció un conjunto de unidades de reemplazo en caso de ausencia de floración.

Control de calidad. Se aplicaron procedimientos para minimizar sesgos de borde y accesibilidad, verificando la cobertura espacial con mapas de densidad. Las mediciones se realizaron entre las 07:00 y 10:00 horas para reducir variación diurna. Se incluyó un 10 % de mediciones duplicadas para control de calidad y se implementaron reglas de validación de rangos en la captura de datos. Las mediciones se hicieron durante los meses de marzo y abril correspondientes a cada ciclo de floración.

El procesamiento y análisis estadístico. Los registros se digitalizaron en hojas de cálculo y fueron procesados en PAST 4.13 (Paleontological Statistics). Se calcularon estadísticos descriptivos como media, desviación estándar, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95 %. Para comparar entre años se utilizaron modelos lineales mixtos (REML) con año como efecto fijo y planta como efecto aleatorio, incorporando flores como nivel anidado. La autocorrelación espacial se evaluó mediante el índice de Moran y semivariogramas; en caso de dependencia espacial, se ajustaron estructuras de covarianza espacial o modelos aditivos generalizados. La covariación entre rasgos florales se exploró mediante análisis de componentes principales con datos estandarizados. Finalmente, la relación entre morfometría floral y éxito reproductivo (retención o cuajado) se evaluó con modelos lineales generalizados mixtos de tipo binomial. La significancia estadística se consideró a un nivel de $\alpha = 0.05$ y se reportaron tamaños de efecto e intervalos de confianza.

Las mediciones fueron no destructivas y no se alterará el manejo agroecológico de la plantación durante los años del estudio. Con ello se busca garantizar representatividad en un contexto de plantas dispersas



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

bajo sombra homogénea, permitiendo inferencias válidas sobre la población completa de 500 individuos. Durante los cuatro años de muestreo no se detectaron deficiencias nutricionales en las plantas.

Resultados y Discusión

El análisis morfológico de las flores de *Vanilla planifolia* mostró variaciones significativas entre los años de estudio, reflejando la interacción entre la etapa fisiológica de las plantas y las condiciones microambientales de la parcela agroecológica en Oxolotán, Tacotalpa. Los resultados se presentan organizados por estructuras florales, complementados con análisis multivariados y modelos lineales mixtos (REML).

Los sépalos mantuvieron dimensiones estables entre 2021 y 2023 como se muestra en el cuadro 1, con longitudes promedio de 58–62 mm y anchos de 11–13 mm, mostrando coeficientes de variación inferiores al 5 %. En 2024 se registró una disminución significativa ($p < 0.05$, modelo REML) tanto en ancho como en largo: el sépalo 1 pasó de 60.9 ± 2.21 mm en 2021 a 55.47 ± 3.83 mm en 2024. Esta reducción, también evidente en los sépalos 2 y 3, puede asociarse con condiciones microclimáticas particulares de ese ciclo o con variaciones fisiológicas propias de la etapa reproductiva. Estudios previos en *Vanilla pompona* confirman que bajo estrés lumínico o hídrico las estructuras externas de la flor tienden a reducirse (Hernández-Hernández et al., 2020). El análisis espacial no detectó dependencia significativa en la distribución de las medidas, lo que indica que las diferencias observadas son atribuibles a factores fisiológicos más que a gradientes espaciales dentro de la plantación.

Cuadro 1. Datos promedio de los sépalos

Año	Sépalo 1		Sépalo 2		Sépalo 3	
	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo
2021	11.34 ± 0.36	60.9 ± 2.21	13.08 ± 0.48	59.3 ± 2.2	13.25 ± 0.42	59.21 ± 1.86
2022	11.58 ± 0.56	61.95 ± 2.41	13.19 ± 0.5	59.49 ± 2.02	13.11 ± 0.57	59.02 ± 2.02
2023	11.07 ± 0.41	60.12 ± 2.73	12.81 ± 0.61	58.38 ± 2.94	12.82 ± 1.11	58.13 ± 2.91
2024	9.73 ± 1.86	55.47 ± 3.83	10.77 ± 1.88	53.36 ± 3.51	9.54 ± 1.05	53.59 ± 3.53

Los valores correspondientes a los pétalos se muestran en el Cuadro 2, y se observa que entre el 2021 y 2022, los datos se mantuvieron homogéneos con longitudes de ~60 mm y anchos cercanos a 10 mm. Sin embargo, en 2023 se incrementó la variabilidad, especialmente en el ancho del pétalo 2 (12.51 ± 9.68 mm), y en 2024 ocurrió una disminución pronunciada en longitud (52.89 ± 3.73 mm en pétalo 1). El modelo REML confirmó diferencias altamente significativas entre 2024 y los años previos ($p < 0.01$).

El análisis de efectos aleatorios mostró que la variación entre plantas representó menos del 12 % de la varianza total, confirmando que las diferencias entre años fueron el factor determinante. La dispersión observada en 2023 podría asociarse con microheterogeneidad ambiental dentro del predio, aunque los semivariogramas descartaron autocorrelación espacial.

Cuadro 2. Valores promedio de los pétalos

Año	Pétalo1_Largo	Pétalo1_Ancho	Pétalo2_Largo	Pétalo2_Ancho
2021	60.15 ± 1.89	10.51 ± 0.68	59.79 ± 1.83	10.20 ± 0.43
2022	60.56 ± 1.86	10.16 ± 0.58	60.49 ± 1.94	9.83 ± 0.43
2023	59.36 ± 2.66	10.16 ± 0.77	58.96 ± 2.57	12.51 ± 9.68
2024	52.89 ± 3.73	8.63 ± 1.36	52.97 ± 4.04	28.95 ± 22.58



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

El labelo mostró estabilidad entre 2021 y 2022 (46.76 ± 1.58 mm y 47.35 ± 1.37 mm), pero en 2023 presentó mayor variabilidad ($DE = 9.55$ mm). En 2024 se detectaron valores extremos (113.69 ± 591.40 mm), lo que sugiere errores de medición o atipicidad morfológica. El ancho del labelo se incrementó progresivamente, de 14.66 ± 1.19 mm en 2021 a 16.96 ± 7.17 mm en 2023, tendencia consistente con reportes de expansión floral en la madurez reproductiva (Flores-Palacios et al., 2022).

La columna, en contraste, mostró estabilidad notable durante todo el periodo (39.4–40.3 mm), con baja variación interanual, lo que coincide con su papel funcional rígido en el aparato reproductivo (Soto Arenas & Dressler, 2010) los valores de labelo y columna se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 3. Valores de labelo y columna

Año	Labelo_Largo	Labelo_Ancho	Columna_Longitud
2021	46.76 ± 1.58	14.66 ± 1.19	39.48 ± 1.83
2022	47.35 ± 1.37	15.35 ± 0.84	40.29 ± 1.60
2023	44.82 ± 9.55	16.96 ± 7.17	39.54 ± 1.95
	$113.69 \pm$		
2024	591.40	29.62 ± 14.80	39.55 ± 1.73

En el análisis multivariado el PCA explicó más del 75 % de la variación total en las dos primeras componentes (Figura 1). El PC1 (55–60 %) se asoció a longitudes de sépalos, pétalos y corola, mientras que el PC2 (20–25 %) estuvo ligado a los anchos del labelo y pétalos. En el biplot, 2021 se ubicó en el cuadrante negativo de PC1–PC2, caracterizado por flores más pequeñas y homogéneas. 2022 y 2023 se agruparon en la zona positiva de PC2, reflejando la expansión del labelo. El 2024 apareció desplazado hacia valores positivos extremos de PC1, evidenciando dispersión elevada y variabilidad anómala, lo que coincide con la presencia de outliers en las mediciones de ese año.

El análisis mediante modelos lineales generalizados mixtos (GLMM, familia binomial) mostró que el ancho del labelo fue el predictor más consistente del éxito reproductivo (retención/cuajado de vaina), con un efecto positivo significativo ($p < 0.01$). Por cada incremento de 1 mm en el ancho del labelo, la probabilidad de retención floral aumentó en 12 %, con intervalos de confianza robustos (95 % IC: 7–16 %). Ningún otro rasgo morfométrico presentó efectos significativos. Este resultado concuerda con reportes que destacan el papel del labelo como estructura clave en la atracción de polinizadores y en la eficiencia de la polinización manual (Lubinsky et al., 2021).

Los resultados permiten identificar tres fases en la morfología floral de *Vanilla planifolia*: una etapa de estabilidad (2021–2022), caracterizada por flores homogéneas y consistentes; una fase de dispersión moderada (2023), donde aumentó la variabilidad en labelo y pétalos; y finalmente una etapa de variabilidad extrema (2024), con reducciones marcadas en sépalos y pétalos y expansión atípica en el labelo. La ausencia de autocorrelación espacial confirma que estas diferencias no se deben a la sombra o a gradientes ambientales dentro de la plantación, sino a procesos fisiológicos y reproductivos de las plantas. La asociación positiva entre ancho del labelo y éxito reproductivo subraya la importancia de este carácter como criterio de selección en programas de mejoramiento y en prácticas de manejo agroecológico, ya que su desarrollo está directamente vinculado con la eficiencia reproductiva y, en consecuencia, con la productividad y calidad de la vainilla en Tabasco.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

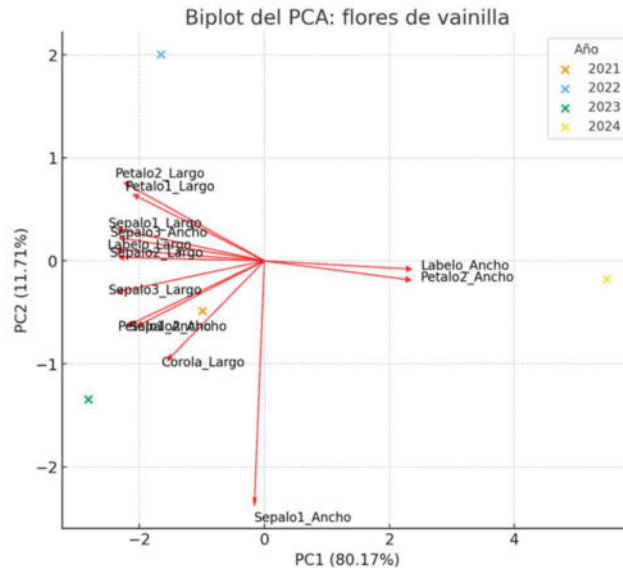


Figura 1. Análisis multivariado de las estructuras florales de *Vanilla planifolia*

Conclusiones

El análisis morfológico de *Vanilla planifolia* en sistemas agroecológicos de Oxolotán evidenció tres fases: estabilidad en 2021–2022, dispersión moderada en 2023 y alta variabilidad en 2024. Los sépalos y pétalos mostraron reducciones significativas en el último ciclo, mientras que el labelo presentó incrementos atípicos, identificándose como el mejor predictor del éxito reproductivo. El PCA confirmó que la mayor variación se asocia al largo de sépalos y pétalos, y al ancho del labelo. Estos hallazgos resaltan la importancia del manejo agroecológico adaptativo y posicionan la morfometría floral como herramienta clave para mejorar productividad y calidad en vainilla.

Literatura Citada

- Flores-Palacios, A., Valdés, M., & Ramírez, F. (2022). Morphological variability of *Vanilla planifolia* in agroforestry systems of Mexico. *Botanical Sciences*, 100(3), 450–462. <https://doi.org/10.17129/botsci.2895>
- Grand View Research. (2024). *Vanilla market size, share & trends analysis report by product (beans, extract), by application (food & beverages, personal care & cosmetics), by region, and segment forecasts, 2024–2030*. Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/vanilla-market>
- Hernández-Hernández, J., González, M., & Castro, A. (2020). Flower morphology and environmental influence on *Vanilla* spp. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(2), e912345. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2.912345>
- Lubinsky, P., Kim, S.-C., Gómez-Pompa, A., & Portilla, G. (2021). Morphological and ecological adaptations of *Vanilla planifolia* in diverse environments. *Orchid Biology Reviews*, 18(1), 55–74. <https://doi.org/10.1007/s12229-021-09245-8>
- Soto Arenas, M. A., & Dressler, R. L. (2010). A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla* Plumier ex Miller with a characterization of their genetic diversity. *Lankesteriana*, 9(3), 285–354. <https://doi.org/10.15517/lank.v9i3.18361>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

MONITOREO AGRÍCOLA DE ALTA RESOLUCIÓN MEDIANTE GAMMA EARTH S2DR3 Y SENTINEL-2

Fabiola Olvera-Rincón^{1*}, Joaquín A. Rincón-Ramírez¹, Luz del C. Lagunes-Espinoza¹, Caros F. Ortiz-García¹, Sergio Salgado-Velázquez², Isidro Castillo-Izquierdo³.

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, ²Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP, ³Comite estatal de sanidad vegetal. *Autor para correspondencia: Olvera.fabiola@colpos.mx

Palabras clave: mejoramiento genético, rendimiento de grano, *oryza sativa*.

Introducción

La mejora de la resolución espacial de imágenes satelitales constituye un avance fundamental en la teledetección aplicada a la agricultura de precisión. En este estudio se implementó el modelo Gamma Earth S2DR3 (Sentinel-2 Deep Resolution 3.0), basado en redes neuronales profundas, para transformar imágenes Sentinel-2 de 10 m a 1 m de resolución en una parcela de 20 ha de limón persa, ubicada en Huimanguillo, Tabasco, México. Las imágenes originales fueron descargadas y corregidas atmosféricamente mediante Google Earth Engine (GEE) utilizando el lenguaje de programación JavaScript y las librerías nativas de la plataforma. Posteriormente, en Google Colab se aplicó el modelo S2DR3, generando composiciones RGB a 10 m y 1 m para su comparación visual y cuantitativa. La validación de las imágenes mejoradas se realizó mediante métricas estadísticas de calidad, incluyendo RMSE, R², PSNR y SSIM, que evidenciaron un incremento en la fidelidad espacial y radiométrica tras la superresolución. Asimismo, se calcularon los índices de vegetación NDVI, GNDVI y SAVI en ambas resoluciones, observándose que, mientras a 10 m los valores mostraban patrones homogéneos, a 1 m emergió una mayor variabilidad espacial. Esto permitió identificar microzonas de estrés y heterogeneidad en el cultivo, imposibles de distinguir en la resolución estándar. Los resultados confirman que la aplicación de S2DR3 mejora la capacidad de discriminación espacial de los índices de vegetación y ofrece información de mayor precisión para la gestión agrícola. En este sentido, la superresolución satelital se posiciona como una herramienta estratégica para optimizar insumos y fortalecer la toma de decisiones en sistemas agrícolas intensivos como el del limón persa.

Objetivo

Mejorar la resolución espacial de imágenes Sentinel-2 de 10 m a 1 m mediante la aplicación del modelo Gamma basado en redes neuronales, con el fin de generar productos de mayor detalle que permitan comparar composiciones en RGB y calcular índices de vegetación (NDVI, GNDVI y SAVI) en un área de 20 ha de limón persa en Huimanguillo, Tabasco, México.

Métodos

Área de estudio. Se ubicó en una parcela comercial de limón persa de cinco años con una superficie de 20 hectáreas. Se encuentran en suelos ácidos que se caracterizan por fijar fósforo con deficiencias de zinc, bajos niveles de amonio, nitratos, calcio, magnesio y potasio, y elevado porcentaje de saturación de aluminio. Estas condiciones restrictivas de la fertilidad producen deficiencias nutricionales que reducen el rendimiento y la calidad de los frutos (Salgado-García *et al.*, 2016). Los rendimientos de limón Persa en la región son de 9.95 y 11.8 t ha⁻¹ (SIAP, 2024).

Delimitación del polígono. Se realizó una vista técnica al predio de estudio y con apoyo de un GPS marca Garmin y modelo E22 se procedió a capturar puntos de referencia. Posteriormente, en el programa QGIS, se procedió a cargar los puntos sobre un mapa base de Google satélite con el complemento de QuickMapServices y delimitar el polígono del área de estudio.

Descarga de las imágenes de Sentinel-2. Para la obtención y preprocesamiento de las imágenes Sentinel-2 se utilizó la plataforma Google Earth Engine (GEE), empleando su API de JavaScript en el Code Editor para la ejecución interactiva de scripts y la API de Python mediante el paquete *earthengine-api* para procesos automatizados y reproducibles (Berra *et al.*, 2024). La primera etapa consistió en la definición del área de interés (AOI), correspondiente a una parcela de 20 hectáreas de limón persa ubicada en las inmediaciones del poblado Estación Chontalpa, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

Implementación del modelo S2DR3. La mejora de la resolución espacial de las imágenes Sentinel-2 se implementó mediante el modelo Gamma Earth S2DR3 (Sentinel-2 Deep Resolución 1 m), utilizando un entorno de procesamiento basado en Google Colab con soporte de GPU (T4), lo que permitió ejecutar de manera eficiente los algoritmos de superresolución basados en redes neuronales profundas (Galar *et al.*,



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

2020). Inicialmente, se configuró el entorno de trabajo importando librerías fundamentales de análisis de datos y geoinformación, incluyendo NumPy, Pandas y GeoPandas para la manipulación y estructuración de datos vectoriales y tabulares, así como Rasterio para la lectura y escritura de archivos raster georreferenciados. Posteriormente, se instaló el paquete especializado de superresolución s2dr3 desde el repositorio oficial de Gamma Earth, asegurando la disponibilidad de las funciones de inferencia que implementan la arquitectura de redes neuronales convolucionales profundas para generar imágenes de alta resolución (Sambandham *et al.*, 2024).

Cálculo de índices de vegetación. Todos los productos descargados y generados de las imágenes de Sentinel 2, fueron llevados al programa de QGIS, donde se calcularon índices de vegetación como NDVI y SAVI y, se realizaron composiciones de imágenes en RGB. Los cálculos se realizaron por medio de la calculadora raster y se usaron las bandas espectrales según fuera el caso (Salgado-Velázquez *et al.*, 2023).

Evaluación de la calidad del modelo S2DR3. La evaluación de la calidad de las imágenes Sentinel-2 superresueltas mediante Gamma Earth S2DR3 se realizó en Python usando NumPy, Rasterio, scikit-image, scikit-learn y Matplotlib. Las imágenes originales de 10 m se emplearon como referencia y las de 1 m como predicción. La precisión se evaluó mediante RMSE, R^2 , PSNR y SSIM, complementada con diagramas de dispersión que muestran la concordancia entre referencia y predicción (Salgueiro *et al.*, 2020; Kowaleczko *et al.*, 2023).

Resultados y discusión

Mejora de la resolución de imágenes satelitales con S2DR3. La aplicación del modelo Gamma Earth S2DR3 permitió incrementar la resolución espacial de las imágenes Sentinel-2 de 10 m a 1 m en composición RGB (Figura 1), manteniendo la coherencia espectral y la integridad radiométrica de la escena correspondiente a la parcela de limón persa en Huimanguillo, Tabasco.

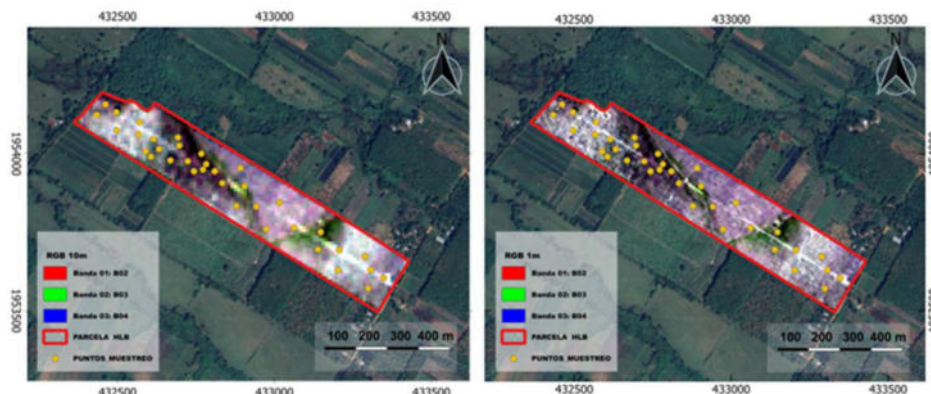


Figura 1. Visualización RGB de la parcela de estudio: izquierda 10 m (original), derecha 1m (mejora de resolución con el modelo S2DR3) en Huimanguillo, Tabasco.

Visualmente, las composiciones RGB generadas a partir de las imágenes superresueltas mostraron un incremento notable en la definición espacial (Figura 1), con mayor claridad en los límites de las plantas y mejor percepción de heterogeneidad en el dosel. Esto permite identificar con mayor precisión áreas potenciales de estrés hídrico o deficiencias nutricionales, así como pequeñas variaciones en la densidad de plantación, que serían difíciles de discernir en imágenes de 10 m de resolución. Comparando estos resultados con estudios recientes, como lo reportado por Chanev *et al.* (2025), se observa consistencia en la eficacia de modelos de superresolución basados en redes neuronales profundas para preservar la información espectral y mejorar la definición espacial de imágenes Sentinel-2.

Índices de vegetación. El análisis de los índices de vegetación derivados de las imágenes Sentinel-2 mostró diferencias significativas entre la resolución original de 10 m y las imágenes mejoradas a 1 m mediante el modelo S2DR3. En la resolución estándar (10 m), los valores de NDVI y SAVI (Figuras 2 y 3, respectivamente) evidenciaron patrones generales de vigor vegetativo dentro de la parcela de limón persa; sin embargo, la heterogeneidad intra-parcelaria se encontraba suavizada debido a la mezcla espectral de los píxeles. Esto se tradujo en mapas homogéneos, con valores promedio estables, pero con limitada capacidad para identificar zonas de estrés o variabilidad espacial fina.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

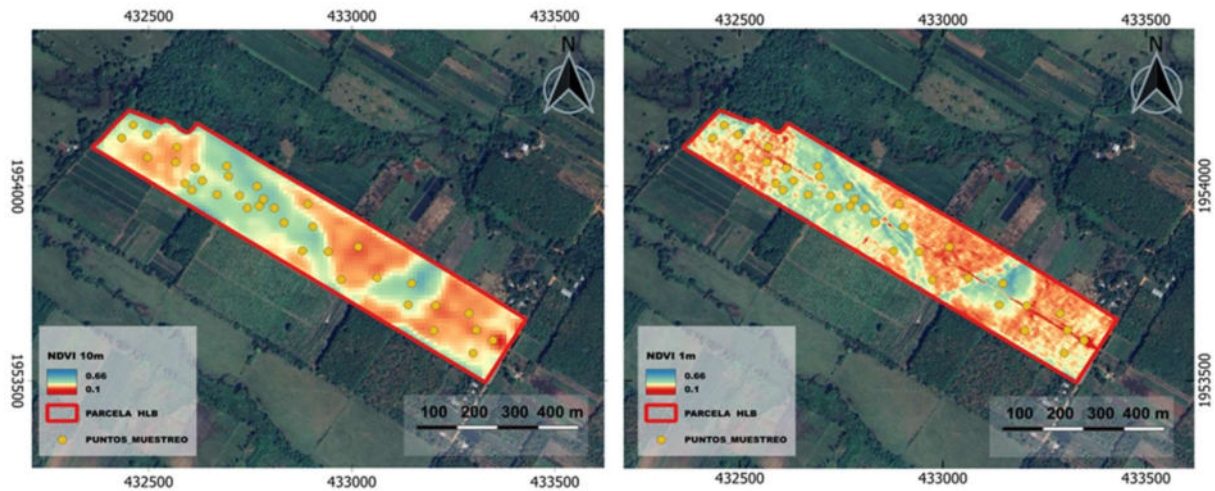


Figura 2. Visualización del NDVI de la parcela de estudio: izquierda 10 m (original), derecha 1m (mejora de resolución con el modelo S2DR3) en Huimanguillo, Tabasco.

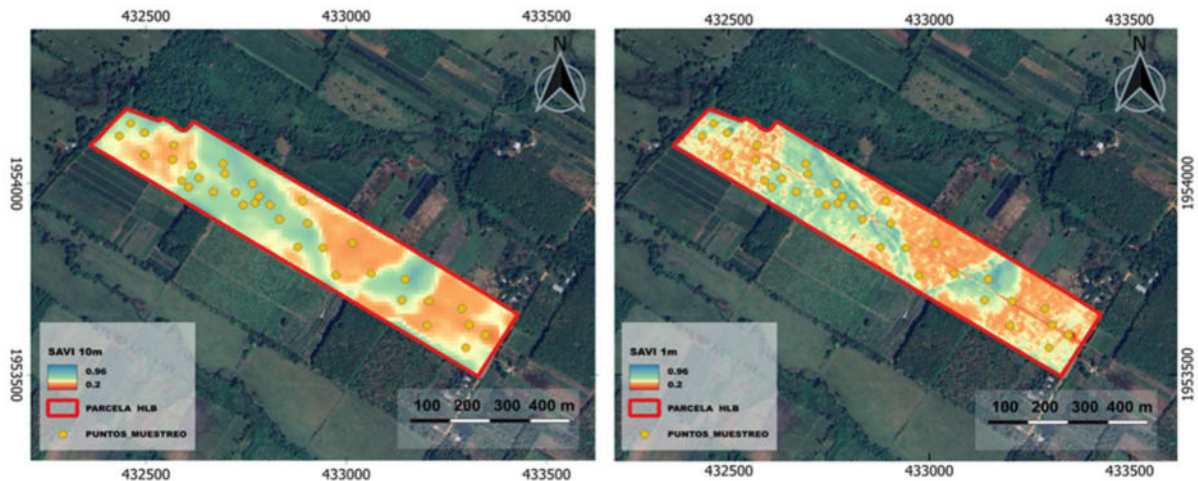


Figura 3. Visualización del SAVI de la parcela de estudio: izquierda 10 m (original), derecha 1m (mejora de resolución con el modelo S2DR3) en Huimanguillo, Tabasco.

Con la aplicación de S2DR3, la resolución espacial se incrementó a 1 m, lo que permitió una caracterización mucho más detallada de la cobertura vegetal. En los índices generados a esta escala, se observaron microvariaciones en el dosel que resultaron imperceptibles en la resolución de 10 m. En particular, el NDVI presentó una mayor dispersión de valores, identificando diferencias en el vigor entre hileras de árboles y áreas con menor densidad foliar.

Validación del modelo S2DR3. La evaluación cuantitativa de la calidad de la imagen se realizó mediante métricas estandarizadas, incluyendo el Error Cuadrático Medio (RMSE), el coeficiente de determinación (R^2), el Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) y el Structural Similarity Index (SSIM), calculadas sobre las bandas multiespectrales más relevantes. Los resultados indicaron un RMSE promedio de 0.012, un R^2 de 0.83, un PSNR de 38.5 dB y un SSIM de 0.94, evidenciando que las imágenes superresueltas presentan una alta fidelidad estructural y radiométrica frente a la imagen de referencia de 10 m.

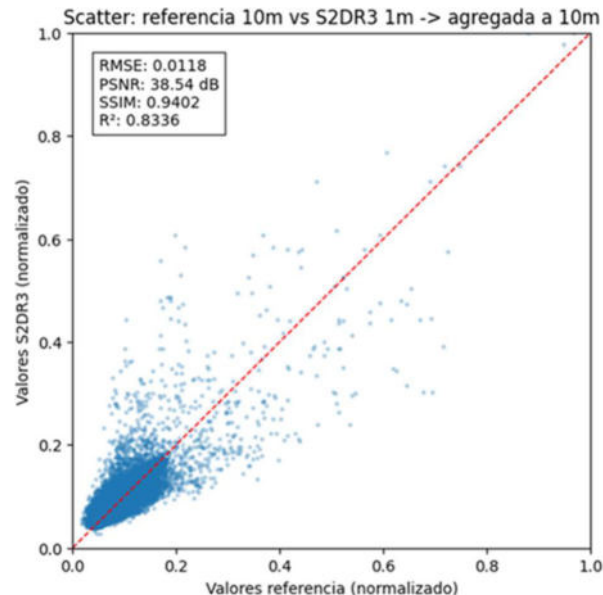


Figura 4. Validación cruzada de los resultados de las imágenes Sentinel 2 con una resolución de 10 m vs 1 m (mejorados con el modelo S2DR3) en Huimanguillo, Tabasco.

En términos prácticos, la mejora de resolución espacial a 1 m mediante S2DR3 ofrece ventajas significativas para la agricultura de precisión. Permite un monitoreo más detallado del estado de salud de las plantas, la detección temprana de áreas afectadas por estrés ambiental o plagas, y la optimización de insumos agrícolas como fertilizantes y riego.

La comparación estadística entre ambas resoluciones reflejó un incremento en la capacidad de discriminar variabilidad espacial a escala sub-métrica. Mientras que los mapas de 10 m ofrecían una visión general de la salud del cultivo, los resultados a 1 m mostraron un mosaico más detallado que facilita la identificación de microzonas críticas dentro de la parcela. Este hallazgo es relevante en el contexto de la agricultura de precisión, donde la detección temprana de variabilidad espacial permite optimizar insumos y mejorar la toma de decisiones (Berra *et al.*, 2024).

Conclusiones

La superresolución de imágenes Sentinel-2 a 1 m mediante el algoritmo S2DR3 representa un avance significativo. Esta optimización permitió obtener un nivel de detalle espacial cercano al de sensores comerciales de muy alta resolución, pero con la ventaja de la cobertura gratuita, amplia y periódica de Sentinel-2. Fue posible generar insumos espectrales de alta precisión para el cálculo de NDVI, SAVI, GNDVI y composiciones RGB.

Referencias bibliográficas

- Berra, E. F., Fontana, D. C., Yin, F., y Breunig, F. M. 2024. Harmonized Landsat and Sentinel-2 Data with Google Earth Engine. *Remote Sensing* 16(15): 2695. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16152695>
- Galar, M., Sesma, R., Ayala, C., Albizua, L., & Aranda, C. 2020. Super-resolution of sentinel-2 images using convolutional neural networks and real ground truth data. *Remote Sensing* 12(18): 2941. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12182941>
- Kowaleczko, P., Tarasiewicz, T., Ziaja, M., Kostrzewa, D., Nalepa, J., Rokita, P., & Kawulok, M. 2023. A real-world benchmark for Sentinel-2 multi-image super-resolution. *Scientific Data* 10(1): 644. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02538-9>
- Salgueiro Romero, L., Marcello, J., & Vilaplana, V. 2020. Super-resolution of sentinel-2 imagery using generative adversarial networks. *Remote Sensing* 12(15): 2424. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12152424>
- Sambandham, V. T., Kirchheim, K., Ortmeier, F., & Mukhopadhyaya, S. 2024. Deep learning-based harmonization and super-resolution of Landsat-8 and Sentinel-2 images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 212: 274-288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.04.026>



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria
Tabasco

SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

DISEÑO ESTRATÉGICO PARA IMPULSAR EL COOPERATIVISMO FEMENINO BAJO ESCENARIOS CAFETALEROS: UN CASO DE ESTUDIO EN VERACRUZ

Erika María Gasperín-García^{1*}, Isalia Morales-Palacios¹, Juan Díaz-Vela¹, Julio Vilaboa-Arroniz¹, María Edith Quezada-Fadanelli², Marlene Munguía-Martínez²

¹ Universidad Politécnica de Huatusco. Calle 22 Sur, Reserva territorial, Huatusco, Veracruz, México. CP. 94106.

² Tecnológico Nacional de México, Campus Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica, Ver. CP. 95005.

Autor para correspondencia: mtra.erika.gasperin104@uphuatusco.edu.mx

Palabras clave: planificación, café, estrategias.

Introducción

En México, el café es un cultivo estratégico, ya que su producción utiliza a más de 500 mil productores de 15 entidades federativas y 480 municipios (SADER, 2022). Para el ciclo 2023, se sembraron 698 mil 36 hectáreas (ha), 2,958 menos para el progreso similar del año anterior (700 mil 994 ha); Chiapas, Veracruz y Oaxaca contribuyen, 34.9, 20.5 y 18.8 %, respectivamente, y juntos representan el 74.2 % de la superficie nacional (SIAP, 2023). Aunque el sector agrícola es una actividad económica preponderante, también presenta cierta incertidumbre por los vaivenes de los precios y diversos factores que afectan la producción (clima, agua, infraestructura, servicios públicos, etc.) y comercialización (transporte, almacenaje, mercado, etc.) (Campos y Contreras 2017). Esto conlleva a la búsqueda de estrategias que les permitan a los pequeños productores subsistir y adaptarse a una realidad cambiante y cada vez más compleja y dinámica (Sánchez *et al.*, 2015), en la cual se puede dar a partir de la identificación de las capacidades diferenciadoras (Hernández-Hernández *et al.*, 2014), en donde el cooperativismo es una alternativa que genera valor y mejora las condiciones de vida de las pequeñas productoras, dado que el sentido social de las cooperativas es relevante porque les da trabajo a un número importante de mujeres locales, en forma de tiempo completo o parcial a mujeres que no tienen otras opciones para generar ingresos (Hernández *et al.*, 2018), dado que el principio característicos de toda cooperativa es de no prioridad personalista en la búsqueda de lucro y la constatación de transferencias sociales en especie ampliada (Alarcón y Álvarez, 2020). Las cooperativas de mujeres rurales son esenciales para unir y reunir a las mujeres, conseguir que se escuche su voz, defender sus intereses y representarlas en las esferas políticas y económicas; igualmente, les permiten influir en las decisiones e instituciones que afectan sus vidas (ONU Mujeres, 2018). Ozdemir (2013) señala que la implementación de las cooperativas implica mostrar a las mujeres una forma de ganar dinero, generar empleo y combatir la pobreza, que generalmente es más lacerante para ellas. Por lo tanto, esta propuesta tiene como objetivo diseñar un plan estratégico para impulsar el cooperativismo femenino y garantizar la producción local y sostenible del sector cafetalero en Veracruz a través de un estudio de caso con una Cooperativa de Café Femenino (CCF).

Materiales y métodos

El enfoque de la investigación fue cualitativo con un alcance descriptivo a través de un caso de estudio, el cual permitió describir el diagnóstico inicial sobre la gestión estratégica de la organización cafetera. La unidad de análisis fue una CCF, que es una organización que pertenece a la Zona Centro del Estado de Veracruz, que se constituye como figura legal en el año 2019 y se consolida en el año 2023. Actualmente tiene 17 socias activas. El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia ya que se realizaron reuniones con el comité ejecutivo y con el personal administrativo, los cuales fungieron como informantes claves y estuvo integrado por 4 miembros del comité de administración y también se incorporaron a las entrevistas 12 socias de la cooperativa. Se utilizó como técnica la entrevista y como instrumento de recolección de datos la guía de entrevista, adicional se llevó a cabo un taller participativo de planeación estratégica en donde colaboraron la totalidad de las socias de la cooperativa, así como personal del comité de administración. El desarrollo de la investigación se realizó en 4 etapas, según lo indica el IICA (2018)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

para el proceso de la gestión estratégica y el fortalecimiento de las capacidades agroempresariales y asociativas:

Etapas 1. Diagnóstico: En esta fase se realizó un taller vivencial en donde se llevó a cabo el diagnóstico empresarial a través del análisis FODA y el diagrama de Ishikawa con el objetivo de identificar las causas de los posibles problemas.

Etapas 2. Formulación de la estrategia: en esta etapa se determinó la misión, la visión, los valores, así como los objetivos estratégicos para el año 2026 al año 2031.

Etapas 3. Ejecución de la estrategia: Esta etapa será operada por la organización cafetalera por un periodo de tiempo de medio a largo plazo (2-6 años) iniciando el año 2026 con término en el año 2031.

Etapas 4. Evaluación de la estrategia: esta etapa deberá llevarse a cabo a través de un ente externo, con el fin de evaluar que el plan estratégico opere eficientemente.

Los datos generales de la investigación fueron recopilados durante el año 2024 y se analizaron en una base de datos de Excel Microsoft Windows y STATISTICA V8 para mejor comprensión del fenómeno, a través de un alcance descriptivo y explicativo.

Resultados y discusión

Como primera etapa se llevó a cabo el diagnóstico, en donde se aplicó el análisis para identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) y el diagrama de ISHIKAWA con el fin de identificar las problemáticas existentes de la organización, lo cual permitió evaluar tanto el contexto externo como los factores internos que inciden en el desarrollo organizacional.

Etapas 1. Diagnóstico: El análisis FODA permite identificar elementos estructurales que favorecen el crecimiento de la cooperativa, como la cohesión organizacional, el enfoque sostenible y la identidad colectiva. Al mismo tiempo, permite visibilizar obstáculos como el acceso restringido a financiamiento y la ausencia de infraestructura productiva, que son comunes en las organizaciones rurales femeninas (FAO, 2012; CEPAL, 2021). Ahora bien, el análisis FODA de la CCF revela una cooperativa con un fuerte capital social y una propuesta ética y diferenciada, pero con limitaciones estructurales a falta de cultura de cultura del cooperativismo y organización de tiempo dedicadas a estas actividades que requieren ser atendidas estratégicamente, las cuales se muestran en la Figura 1.



Figura 1: Análisis FODA

El diagrama de Ishikawa es también conocido como diagrama de causa y efecto o espina de pescado, en donde según Silva *et al.*, (2018) es utilizada como una herramienta simple de calidad y de diagnóstico. En el diagrama aplicado (Figura 2), permitió identificar de una manera visual las causas principales como la falta de capacitación, poca organización interna, producción tradicional debido a la falta de maquinaria para la producción en serie; todo esto contribuye a la identificación del problema principal (o cabeza del pescado), como la falta de un plan estratégico que brinde la dirección adecuada a la cooperativa durante los próximos años.

Resolución de problemas

Diagrama de Ishikawa



Figura 2: Diagrama de Ishikawa

Etapas 2. Formulación de la estrategia:

En esta etapa se llevó a cabo la formulación de la estrategia, con la herramienta de la planificación estratégica, ya que a través de ella se asegura una planificación sólida y determinante para las organizaciones (Rizzo y Castro, 2017), lo que ayuda a los integrantes de la cooperativa alinearse a los objetivos estratégicos, incluidos la misión y visión, tal y como se menciona a continuación:

Misión: Somos una cooperativa de mujeres productoras y procesadoras de café, con disposición de trabajar y mejorar, con el fin de potencializar nuestros productos; comprometidas con la búsqueda de mejores condiciones de vida para nuestras socias y para nuestros clientes, a través de la oferta de un producto que cumpla con los más altos estándares de calidad.

Visión: Ser una cooperativa competitiva y que esté a la vanguardia en la recolección, transformación y venta de café femenino certificado, líder en el mercado nacional y de exportación de cafés de especialidad y diferenciados; que trabaja firmemente por el empoderamiento de las mujeres campesinas, logrando con esto un liderazgo internacional sostenible.

Valores: Equidad, respeto, confianza, responsabilidad, comunicación, liderazgo femenino, entusiasmo, cooperación y lealtad.

Objetivos estratégicos:

Objetivos a corto plazo: son los objetivos que se determinan para un periodo de un año, para este caso, la realización de estos objetivos serán para el año 2026.

Objetivo #1: Renovar al 100% la imagen corporativa de la organización con el fin de mostrar a los clientes nacionales e internacionales una imagen renovada y competitiva de la cooperativa de mujeres.

Acciones

- Generar nuevo diseño corporativo de la empresa (logo, empaque, imagen corporativa en general).
- Implementar un manual de identidad corporativa, al interior y exterior de la cooperativa.
- Implementar estrategias de capacitación y desarrollo para las socias en relación al tema: la imagen e Identidad corporativa como eje clave para alcanzar la competitividad.

Objetivo #2: Capacitar al 100% de las productoras para lograr la diversificación de los ingresos durante los meses que no son de cosecha.

Acciones

- Etapas 1:** Capacitar a las mujeres en la elaboración de productos con base café, con el fin de buscar alternativas para generar ingresos (elaboración de: trufa de café, torito de café, dulce de café, mermelada de café).
- Etapas 2:** Capacitar a las mujeres en repostería fina y preparación bebidas con base café: café capuchino, café americano, café latte etc.

Objetivos a mediano plazo: mismos que se establecieron para llevar a cabo de 1 a 3 años.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Objetivo #3: Capacitar al 100% las socias para mejora de la competitividad de la organización (en aspectos técnicos, organizacionales y de comercialización).

Acciones

- Capacitar a las productoras en aspectos técnicos del café (cultivo y agronomía del café, nutrición y fertilización, poda, manejo de sobra y prácticas de conservación de suelo).
- Capacitar a las productoras en temas de empoderamiento económico y social
- Capacitar a las socias en temas financieros con el fin de que realicen presupuestos financieros que sirvan como herramienta para la toma de decisiones.
- Capacitar en estrategias de venta y posicionamiento comercial

Objetivo #4: Adquirir al menos el 50% de la maquinaria necesaria para el beneficiado del café con el fin de eliminar a los intermediarios para el procesamiento del café.

Acciones:

- Gestión de recursos o financiamiento para equipamiento en programas Estatales y Federales en apoyo a mujeres emprendedoras.
- Capacitar a las mujeres para el manejo de la maquinaria para el procesamiento del café, con la finalidad de que las mujeres participen en todas las actividades de la cadena productiva del café.
- Elaborar manuales para la estandarización de los procesos internos de la cooperativa, tanto en aspectos administrativos como en el área operativa del beneficio de café.

Objetivo #5: Lograr la autorización para el uso del sello “Hecho en México” para posicionar el café femenino a nivel nacional.

Acciones:

- Realizar las gestiones necesarias para lograr la autorización para el uso del sello “Hecho en México” para posicionar el café femenino a nivel nacional.
- Realizar una campaña publicitaria para promocionar el café femenino a nivel nacional.
- Diseño de un plan estratégico para mejora de la comercialización a nivel nacional e internacional.

Objetivo #6: Realizar el plan estratégico para el diseño de una cafetería en donde se puedan ofrecer todos los productos derivados del café durante todo el año, como una estrategia de diversificación del ingreso.

Acciones:

- Realizar el diseño estratégico de la cafetería (presupuesto y horizontes de planeación).
- Realizar el modelo de negocios de la implementación de la cafetería.
- Evaluar la implementación para la apertura de la cafetería.

Objetivos a largo plazo: para un tiempo de operación mayor a 3 años.

Objetivo #7: Lograr la certificación de 2 sellos que garanticen la calidad del café asegurando condiciones laborales justas y precios dignos.

Acciones:

- Trabajar para reunir los requisitos necesarios para la certificación de Fairtrade y Orgánico.
- Solicitar la auditoria para que se evalúe el desempeño de la organización para cumplir con la certificación de los sellos de calidad de Fairtrade y Orgánico.
- Supervisar las operaciones de la cooperativa para garantizar el cumplimiento de las certificaciones solicitadas.

Objetivo #8: Promover 1 campaña permanente de posicionamiento del mercado nacional e internacional

Acciones:

- Asignar personal encargado para lograr el posicionamiento del mercado nacional e internacional.
- Generar vinculación nacional e internacional para mejorar los canales de comercialización.

Fuente: elaboración propia.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Etapas 3. Ejecución de la estrategia: Esta etapa será operada por la organización cafetalera por un periodo de tiempo de medio a largo plazo de 2-6 años iniciando el año 2026 con término en el año 2031.

Etapas 4. Evaluación de la estrategia:

Esta etapa se llevará a cabo por parte de los investigadores y estudiantes de la Universidad Politécnica de Huatusco, los cuales fungirán como auditores externos, con el fin de evaluar las actividades y determinar la adaptación/evaluación de las estrategias para los objetivos alcanzados y no alcanzados.

Conclusión

La elaboración del plan estratégico permitirá ser una herramienta que pueda marcar la ruta sobre el futuro de la cooperativa, en donde se contemplan acciones clave como la capacitación permanente, la adquisición de infraestructura para el beneficio del café, la diversificación de productos y la profesionalización de los canales de comercialización; estas acciones, además de mejorar la competitividad de la CCF, propician un entorno organizativo donde las mujeres puedan ejercer su liderazgo de forma activa y equitativa, además de poder establecer metas y trabajar para poder alcanzarlas.

Finalmente, se determina que el modelo aplicado para la CCF es viable, replicable y adaptable a otras cooperativas rurales de mujeres en México y América Latina. Su contribución más importante radica en la integración del enfoque de género con una visión corporativa estratégica, lo cual representa una base sólida para progresar hacia un desarrollo rural más justo, inclusivo y sostenible.

Referencias

- Alarcón, M. y Álvarez, J. (2020). Contribución del cooperativismo colombiano al crecimiento económico por habitante en el periodo 2003-2016. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 88, 165-188. <https://doi.org/10.21158/01208160.n88.2020.2499>.
- Campos Z., Ll. y Contreras G., F. (2017). Diagnóstico de la capacidad empresarial y socio-organizativa de la asociación de pequeños productores de mango y banano de tongorrape-Motupe. Tesis de licenciatura. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <https://onx.la/a4684>.
- CEPAL. (2021). La autonomía económica de las mujeres en la recuperación sostenible y con igualdad. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46492>
- FAO. (2012). Agricultural cooperatives and gender equality: FAO's support to women in cooperatives. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/ar437e/ar437e.pdf>
- Hernández H., C. A., Sánchez R. S. y Díaz F., O. (2018). Empoderamiento y cooperativismo femenino, tres estudios de caso de cooperativas lideradas por mujeres en la Ciudad de México. *Acta Universitaria*, 28(5), 72-83. Doi: 10.15174/au.2018.1642.
- Hernández-Hernández, N., Sánchez T., Y. y Lavín V., J. (2014). Identificación de las capacidades empresariales como factor generador de la competitividad en el sector hotelero de Ciudad Victoria, México. *Investigación Administrativa*, (113), 78-94.
- IICA – Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2018). Manual 4: formulación, ejecución y evaluación de la estrategia. San José, Costa Rica: IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/8185>
- ONU MUJERES (2018). Día Internacional de las Mujeres Rurales 2018. <http://bit.ly/4a0x8QN>
- Ozdemir, G. (2013). Women's Cooperatives in Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 81, 300-305.
- Rizzo, G., & Castro, A. (2017). Planeación estratégica la forma más básica para establecer el cabal cumplimiento de las metas y objetivos en cualquier organización. *Revista publicando*, 4(11), 682-697. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/588>
- Sánchez M., S. Y, Escobedo A., A. y Gutierrez, R. (2015). Diagnóstico de la capacidad empresarial y socio-organizativa de empresas asociativas rurales basada en los medios de vida sostenibles. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza/Turrialba.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2022). *Cultivo de café en México*. <https://acortar.link/JPjFKw>.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios, café cereza. <https://acortar.link/amGMpU>.

Silva, A. L., Oliveira, E. S., Borges, J. A., Maia, P. H. M., Fructuozo, R. A., Torricelli, T. A. y Pereira, L. C. (2018). Implantação do diagrama de Ishikawa no sistema de gestão da qualidade de uma empresa de fabricação termoplástica, para resolução e devolutiva de relatórios de não conformidade enviados pelo cliente. Rev. Gest. Prod., 10(1), 387-397.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

EL AGROECOSISTEMA “SOLAR” E IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS DE TRASPATIO EN COMUNIDADES RURALES

Miguel Ángel Ramírez-Guillermo^{1*}, María del Carmen Silverio Gómez¹, Izamar López-Domínguez²

¹INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, CP. 86400. ²Profesionista independiente.

*Autor para correspondencia: ramirez.miguel@inifap.gob.mx

Resumen

El rol social del agroecosistema “solar” y el huerto de traspacios, es qué en ellos, tradicionalmente se encuentra parte de la cultura del conocimiento ancestral y la tradición en el manejo de los recursos naturales de acuerdo a sus pensamientos y ciclos cosmogónicos en el uso de plantas medicinales. El objetivo fue realizar recorridos de campo para la identificación de plantas medicinales y de interés etnobiológico a través del conocimiento tradicional del uso de las plantas. Se visitaron las localidades indígenas de la etnia Yokot'an de Mazateupa y Tapotzingo del municipio de Nacajuca y la localidad rural Ranchería Libertad, Ej. Ostítán 1ra secc. y Ej. La Victoria del Municipio de Huimanguillo, pertenecientes al estado de Tabasco, para obtener la información se aplicó una cuesta. La identificación de las plantas se realizó por comparación morfológica visual de acuerdo a manuales y artículos científicos. Se registraron un total de 30 especies de plantas mencionadas por los informantes, que corresponden a 22 familias botánicas. De las familias botánicas los géneros indicados fueron Cactaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Rutaceae y Solanaceae. En su mayoría las especies son herbáceas a diferencia de los géneros Anacardiaceae, Annonaceae, Bignoniaceae, Celastraceae, Myrtaceae, Sapotaceae y Sterculiaceae que son frutales y Burseraceae, Fabaceae, que son árboles.

Palabras clave: *plantas medicinales, diversidad, etnobiológico*

Introducción

El agroecosistema “solar” y el huerto familiar de traspacios que se encuentran cerca de las viviendas tradicionales albergan una diversidad de especies de importancia y que son de utilidad para sus propietarios, en ellos se pueden encontrar plantas medicinales, comestibles, frutales, de embalaje, para la elaboración de utensilios, entre otros. Estos hábitats son nichos eco-biológicos que funcionan como espacios de refugio para la sobrevivencia de diversos organismos. Por ejemplo, las abejas y mariposas que cumplen funciones vitales para las plantas; la polinización, dando paso a la obtención de miel, frutos en plantas y árboles superiores, que posteriormente serán la semilla de nuevas generaciones dinámicas. Además de diversos artrópodos que se encargan de la descomposición de materia y facilitan el reciclaje de los nutrientes en el suelo. De igual manera en estos nichos eco-biológicos tienen un enfoque agroecológico, en donde sucede un control natural de diversos organismos, ya sea por depredación, parasitismo o el efecto de los entomopatógenos. Como todo componente de la cadena trófica, las larvas de mariposa, causan diversos daños a los órganos de las plantas; entre los más importantes son los que ocasionan a las hojas, que son la fuente de alimento para completar sus etapas larvales, etapa en la cual son vulnerables a los depredadores o parasitoides. Así mismo, el agroecosistema “solar” y el huerto de traspacio contribuyen a la composición del paisaje del área y desempeñan un papel fundamental como indicadores del equilibrio ecológico, dado por la biodiversidad presente y de igual manera representan la diversidad genética, propia de la región y son una muestra compleja de la cadena trófica y de la reincorporación natural de los nutrientes. El rol social del agroecosistema “solar” y el huerto de traspacios, es qué en ellos, tradicionalmente se encuentra la cultura del conocimiento ancestral y la tradición en el manejo de los recursos naturales de acuerdo a sus pensamientos y ciclos cosmogónicos. Magaña, Gama y Mariaca, (2010) indican que el estado de Tabasco es rico en cuanto a plantas medicinales y que es importante su recuperación, revalorizar los usos y costumbres.

Por lo anterior y de acuerdo al objetivo, se realizaron recorridos de campo para la identificación de plantas de interés etnobiológico y contribuir con el conocimiento tradicional del uso de las plantas medicinales.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Materiales y métodos

Para el estudio se visitaron las localidades indígenas de la etnia Yokot'an de Mazateupa y Tapotzingo del municipio de Nacajuca y la localidad rural Ranchería Libertad, Ej. Ostitán 1ra secc. y Ej. La Victoria del Municipio de Huimanguillo, pertenecientes al estado de Tabasco. Para obtener la información se aplicó una cuesta (Gómez, 2012; Villegas-Ramírez et al., 2019; Villareal-Ibarra, 2014). La identificación de las plantas se realizó por comparación morfológica visual de acuerdo a manuales, diccionarios botánicos y artículos científicos, de igual manera se capturaron fotografías de la planta (Magaña-Alejandro, 1995; Maldonado-Mares, 2005; Centurión et al., 2004; Castillo-Campos, Palacios-Wassenaar y Martínez, 2020), algunas plantas se colectaron para su establecimiento en el Jardín Etnobiológico del Campo Experimental Huimanguillo.

Resultado y discusión

Se registraron un total de 29 especies de plantas mencionadas por los informantes, que corresponden a 22 familias botánicas. De las familias botánicas los géneros con hasta dos especies se tienen: Cactaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Rutaceae y Solanaceae. En su mayoría las especies son herbáceas a diferencia de los géneros Anacardiaceae, Annonaceae, Bignoniaceae, Celastraceae, Myrtaceae, Sapotaceae y Sterculiaceae que son frutales y Burseraceae, Fabaceae, que son árboles (Tabla 1). De acuerdo al uso de las especies se tiene que son comestibles, para el tratamiento de algún padecimiento, elaboración de arreglos florales, como aromatizante para ropa, elaboración de recipientes y uso para cercas vivas. La importancia de las plantas radica en la aplicación para el tratamiento terapéutico de algún padecimiento que se pueden controlar o aliviar como el calentamiento de cabeza de los niños recién nacidos, temperaturas, espantos, gripes, tos, cólicos, tratamiento de heridas, dolor de los riñones, dolores menstruales, inflamación causado por golpes, por colitis, tratamientos de la disípela, de diabetes, disentería, viruela y sarampión. Para el tratamiento se utilizan tallos, corteza, hojas, ramas, flores y frutos, los cuales son preparados en cocimientos (té e infusiones), maceración y soasados (Tabla 1).

Tabla 1. Plantas medicinales de las zonas de estudio.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Usos	Parte útil	Forma uso
Ciruela	<i>Spondias Purpurea</i> L.	Anacardiaceae	Comestible	Frutos	Fruto maduro
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	Comestible, Control de la diabetes	Frutos y hojas	Fruto maduro. Té de hojas
Cilantrillo	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae	Tos	Tallos y hojas	Concentrado de la planta
Jícara	<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	Ensalmo, Recipiente	Ramas, Frutos	Manojo de ramas y los frutos para recipiente.
Palo mulato	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	Cercas vivas	Ramas	varas de 1.5 m
Nopal	<i>Opuntia</i> sp.	Cactaceae	Comestible	Hojas	Cocido
Pitahaya	<i>Hylocereus undatus</i> (Haworth) Britt & Rose.	Cactaceae	Comestible	Frutos	Fruto maduro
Sauco	<i>Sambucus mexicana</i> Presl.	Caprifoliaceae	Gripe, Tos	Flor, Hojas	Infusión
Papayita	<i>Vasconcella cauliflora</i> (Jacq) Badillo.	Caricaceae	Comestible (dulce)	Frutos	Cocido



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Maguey morado	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw	Commelinaceae	Dolor menstrual, Heridas	Hojas	Infusión
Gogo	<i>Salacia frutiplatensis</i> Cast.-Campos, sp. nov.	Celastraceae	comestible	Fruto	Fruto maduro
Mayorga	<i>Pedilanthus tithymaloides</i> Poit.	Euphorbiaceae	Curar heridas	Hoja	Soasada
Chaya	<i>Cnidoscolus chayamansa</i> Mc. Vaugh.	Euphorbiaceae	Comestible	Hojas	Cocido
Chipilín	<i>Crotalaria longirostrata</i> Hook & Arm.	Fabaceae	Comestible	Hojas	Condimento
Cocoíte	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	Calentamiento de cabeza, Cercas vivas	Ramas, Hojas	varas de 1.5 m
Pachulí	<i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Beth	Lamiaceae	Calentamiento de cabeza, Aromatizante de ropas	Hojas	Maceración en agua
Albahaca de castilla	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Calentamiento de cabeza	Hojas	Macerado en agua, alcohol o cerveza
Majagua	<i>Hampea macrocarpa</i> Lundell.	Malvaceae	Disípela, inflamación causada por golpes	Corteza, Hojas	La hoja fresca se coloca en la parte inflamada.
Civil o de tulipán monte	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Malvaceae	Cólicos, disenteria	Hojas	Hojas frescas macerada en agua; agua de tiempo
Guayaba	<i>Psidium guajaba</i> L.	Myrtaceae	Comestible, Diarrea, Colitis	Frutos, Hojas	Fruto maduro y Té de hojas
Zacate limón	<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.	Poaceae	Gripe, Calentura	Hojas	Infusión
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Comestible	Tallos, Hojas	Cocido
Muralla	<i>Murraya paniculata</i> L.	Rutaceae	Arreglos	Ramas, Flores	Cruces y coronas para difuntos
Ruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Calentamiento de cabeza	Hoja	Maceración en alcohol o cerveza
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapotaceae	Comestible	Frutos	Fruto maduro
Hierbamora	<i>Solanum ptychanthum</i> Dun.	Solanaceae	Comestible	Hojas	Cocido



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Tomatillo de milpa	<i>Lycopersicum esculentum</i> var. <i>Leptophyllum</i> (Dunal) D'Arcy	Solanaceae	Comestible	Frutos	Condimento
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae	Viruela, Sarampión, Comestible	Fruto tierno	Las semillas se muelen en agua y se dan a tomar.
Chalagogue	<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm	Urticaceae	Dolor de riñón	Hojas	Té

Es importante el conocimiento de las plantas existentes en el solar y el huerto familiar, para la documentación de su importancia en la etnomedicina (Magaña, 2014; Alvarez-Quiroz et al, 2017), en el caso de este trabajo se notó que las entrevistadas; amas de casa son de entre 55-68 años que cuentan con el conocimiento del uso de las plantas medicinales. Magaña, Gama y Mariaca, (2010) indican en trabajos realizados en el poblado Mazateupa, Nacajuca se tiene una diversidad de plantas utilizadas en la medicina, sin embargo, muchas son introducidas y las familias botánicas sobre salientes son Asteraceas y Lamiaceas, para el caso se notó la presencia de la familia Lamiaceae. Durante la pandemia causada por el COVID-19 algunas plantas como el zacate limón, guayaba y momo fueron utilizadas para el control de la enfermedad (Ramírez-Meneses, 2024), en el presente trabajo mencionaron las primeras dos sin indicar su utilidad para el COVID-19, por su parte Abreu, Godínez y Valenzuela, (2022) indican la utilidad del limón criollo (*Citrus aurantifolia* (Christm)Swingle), jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume), ajo (*Allium sativum* L.) y eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill). Se sabe que algunas plantas contienen compuestos químicos que actúan sobre algunos padecimientos del hombre, entre ellos tenemos al citral; compuesto químico del zacate limón (Vallecillo y Gómez, 2004) a *Salacia frutiplatensis* Cast.-Campos, sp. nov. el cual contiene salacinol que es un compuesto antidiabético (Deepak et al., 2015; Duarte et al., 2010). El látex de la Mayorga (*P. tithymaloides*) presenta triterpenos, esteroides, carotenos, azúcares reductores, aminas, fenoles, taninos y flavonoides (Rueda de Arvelo et al, 2013). La hierba mora (*Solanum ptychanthum* Dun.) contiene el alcaloide solanidina (Magaña y Burelo, 2010). El sauco (*Sambucus mexicana*) su componente activo es la quercetina y sus glucósidos y flavonoides con propiedades antiespasmódico, antiinflamatorio y antioxidante (Schmitzer et al., 2012; Argueta et al., 1994). Una de las plantas utilizadas desde tiempos de la cultura maya es el maguey morado (*T. spathacea*), químicamente, contiene compuestos bioactivos como flavonoides, alcaloides, taninos, quinonas, lactonas y terpenos, los cuales han demostrado tener propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antioxidantes (Miranda, 2014; Prajapati, Shukla y Modi, 2020). Para el caso de la hierbamora es considerada como quelite, se consume a manera de verdura cocida; los rebrotes, en el caso del chipilín para condimentar los alimentos (Sosa, 2014).

Conclusiones

Tanto en el área Yokot'an de Nacajuca y el área rural de Huimanguillo, persisten una diversidad de plantas de importancia útil en la medicina tradicional, el cual contribuye a la sustentabilidad de los huertos familiares como un recurso estratégico de salud.

Agradecimientos

Al proyecto: Establecimiento de un jardín etnobiológico en el Campo Experimental Huimanguillo, del estado de Tabasco. SIGI: 11201136700. Financiado por el Conacyt: RENAJE-2024-2

Literatura citada

1. Castillo-Campos G., O. M. Palacios-Wassenaar y M. L. Martínez. 2020. *Salacia frutiplatensis* (Celastraceae, Salacioideae), a new species of the coastal sand dunes of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. Phytotaxa 440 (3): 186-192.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

2. Centurión H. D., J. G. Casares C. y J. Espinoza M. 2004. Inventario de recursos fitogenéticos alimentarios de Tabasco. UJAT-Fundación Produce Tabasco. 195 pp.
3. Gómez, A. R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Rev. fitotec. mex* [online]. 35 (1): 43-49.
4. Magaña A., M. A., L. M. Gama C., R. Mariaca M. 2010. El uso de las plantas medicinales en las comunidades maya-chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Poli botánica*. 29: 213-262.
5. Magaña-Alejandro, M.A., 1995. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 254 pp.
6. Maldonado-Mares, F., 2003. Flora Medicinal del Estado de Tabasco: Uso, manejo y conservación. Instituto para el desarrollo de sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 260 pp.
7. Villarreal-Ibarra, E. C, E. García-López, P. Antonio López, D. J. Palma-López, L. C. Lagunes-Espinoza, C. F. Ortiz-García, y A. Oranday-Cárdenas. 2014. Plantas útiles en la medicina tradicional de Malpasito-Huimanguillo, Tabasco, México. *Poli botánica*. 37: 109-134.
8. Villegas-Ramírez, M. I, Morales-Valenzuela, G., De los Santos-Ruiz, C. P., Gómez-Sántiz, Pedro. 2019. Conocimientos sobre plantas medicinales en seis comunidades Ch'oles de Tacotalpa, Tabasco. *Revista de Sociología Contemporánea*. 6-19: 1-6.

INGRESO NETO DEL USO DE VERDÍN: VARIEDAD DE FRIJOL NEGRO EN VILLA HIDALGO, CHIAPAS

Jaime Rangel Quintos¹, Tosquy Valle Oscar Hugo², Salinas Cruz Eileen³

¹Campo Experimental La Posta INIFAP, ²Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP; ³Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP.

*Autor para correspondencia: rangel.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: economía agrícola, seguridad alimentaria, resistencia a sequía

Introducción

En México, el frijol es la leguminosa de mayor consumo por la población mexicana, cuyo grano contiene entre el 20 y 25% de proteínas, además aporta fibra, vitaminas y minerales, lo cual lo hacen un alimento asociado a beneficios en la salud pública, por lo que su inclusión en la dieta humana favorece la disminución de los niveles de colesterol y reduce riesgos de padecer cáncer. La producción de frijol forma parte importante de las actividades de productores agrícolas especialmente de zonas marginadas, donde tiene un aporte, tanto de autoconsumo, como económico en la venta de excedentes y en la generación de empleos; se tienen registrados más de 570 mil productores, 382 mil empleos y un valor de producción de más de 13 mil millones de pesos (SADER, 2022).

El frijol se cultiva en todo el país, abarcando el 7.8% de la superficie cosechada, lo que equivale a 1.6 millones de hectáreas. En el año 2022, se cosecharon 965 mil toneladas de grano de frijol, siendo el nivel más bajo en los últimos 10 años derivado de la falta de agua para la siembra y desarrollo de la planta, en especial en el ciclo primavera-verano (SIAP, 2023). Si bien, la mayor parte de la producción de frijol se obtiene de los estados del norte de la república, en los estados del sur también representan un volumen de producción importante, destacando Chiapas, Oaxaca y Veracruz con un volumen en conjunto de 123.8 mil toneladas producidas en el año 2024, lo cual contribuye, a la seguridad alimentaria de la población, tanto rural como urbana.

En Veracruz y Chiapas, predomina la siembra de variedades de frijol de grano negro, debido a que el consumo de este tipo de grano es altamente demandado por la población local. En ambas entidades, la sequía terminal es el principal factor ambiental que reduce el rendimiento de frijol en las siembras de humedad residual del ciclo de otoño-invierno (Tosquy-Valle *et al.*, 2018) y se le denomina terminal porque comúnmente se presenta hacia el final de la etapa reproductiva del cultivo, en las etapas de formación y llenado de vainas, que es cuando las plantas de frijol son más sensibles a la falta de humedad (López-Salinas *et al.*, 2011). El mejoramiento genético para resistencia a sequía es una alternativa viable para incrementar el rendimiento de grano bajo estas condiciones adversas. De esta manera, en 2015 se generó la variedad Verdín, que se caracteriza por ser altamente tolerante a la sequía terminal, además de que es de alto potencial de rendimiento y tiene amplia adaptabilidad en las diferentes áreas en que se produce frijol en los estados de Veracruz y Chiapas (Tosquy-Valle *et al.*, 2016). El presente estudio, tuvo como objetivo evaluar en campo la productividad y la variación en el ingreso neto de la variedad de frijol Verdín en comparación con la variedad criolla de grano negro "Bolita" comúnmente utilizada por los productores de Villaflores, Chiapas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la localidad de Villa Hidalgo, municipio de Villaflores, Chiapas (15°06'18"N 92°22'28"O), ubicada al sureste de dicha entidad, a una altitud de 540 m. El clima es predominantemente templado subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura media anual de 14.7°C y una precipitación pluvial media anual de 683 mm. Las temperaturas pueden variar entre 4.7°C y 28.6°C.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Se obtuvo información directamente en campo a través de la aplicación de una encuesta aplicada a productores que utilizaban el frijol Verdín, así como el criollo Bolita. La encuesta diseñada incluía información socioeconómica, de ingresos y costos de producción. Las variables identificadas se relacionaron por un lado con el ingreso como: volumen de producción, precio, rendimiento por hectárea, por otro lado, se calcularon los costos de semillas, aplicación de fertilizantes, control de malezas, plagas y enfermedades, así como de cosecha.

Para la selección de la muestra, se aplicó un muestreo aleatorio simple considerando el número de productores locales de 300, con un tamaño de la muestra (n) de 47, un intervalo de confianza de 90%, error muestral de 5%, un tamaño de la población de 300, una probabilidad de éxito de 50% y una probabilidad de fracaso de 50%. Por lo que al final se aplicaron 50 encuestas.

Se calculó el indicador de tasa de variación, el cual mide el cambio en el ingreso neto de los productores encuestados por el uso de tecnologías con mayores ventajas competitivas, respecto a las comúnmente usadas. Para estimar el indicador se utilizó la siguiente fórmula:

$$TVINP = \left(\left(\frac{Inp_{verdin}}{Inp_{nbolita-1}} \right) - 1 \right) * 100$$

Donde:

$TVINP$ = Tasa de variación del ingreso neto porcentual.

$\frac{Inp_{verdin}}{Inp_{nbolita-1}}$ = Ingreso neto porcentual promedio del uso de frijol Verdín.
= Ingreso neto porcentual promedio del uso del Criollo Bolita en el tiempo t-1.

Se calculó un indicador de productividad de la siguiente manera: ((Promedio de la productividad obtenida por las y los productores agrícolas cooperantes en el uso de soluciones tecnológicas en el año t/Promedio de la productividad obtenida por las y los productores agrícolas que utilizan soluciones tecnológicas testigo en el año t-1) -1) *100.

La expresión algebraica es la siguiente:

$$TCPP = \left(\left(\frac{R_{Tverdin}}{R_{Tnbolita-1}} \right) - 1 \right) * 100$$

Donde:

$TCPP$ = Tasa de cambio de la productividad promedio.

$\frac{R_{Tverdin}}{R_{Tnbolita-1}}$ = Rendimiento promedio de 10 tecnologías INIFAP en el tiempo t.
= Rendimiento promedio de 10 tecnologías testigo en el tiempo t-1.

Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Se aplicaron un total de 50 encuestas, de las cuales 15 fueron productores que utilizaron la variedad Verdín y 25 que utilizaron el frijol Criollo Bolita. La edad promedio de los productores encuestados fue de 49.8 años con un promedio de 26.4 años produciendo frijol; en cuanto a la escolaridad de los productores destaca que el 56% tiene nivel de primaria o sin estudios, mientras que el 32% secundaria, 10% preparatoria y solo un 2% nivel universitario.

El 98% de los productores son de régimen de temporal. De los productores encuestados, el 50% produjeron frijol Verdín, y 48% produjeron frijol Criollo Bolita y solo el 2% indicó producir ambos. La tenencia de la tierra es 40% ejidal, 40% rentada, el 16% es propiedad privada y el resto a medias.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

El total de productores encuestados indicó tener regímenes de temporal, el principal ciclo de producción es primavera-verano (72%), mientras que el 28% es de otoño-invierno.

El proceso de producción fue similar entre las dos variedades estudiadas. No obstante, en relación a los egresos, los costos totales del frijol Criollo Bolita fueron superiores a la tecnología de Verdín, principalmente porque los productores de este frijol reportaron requerir mayor cantidad de mano de obra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparativo entre la tecnología frijol Verdín con Negro Bolita.

Nombre de la tecnología	Variedad Verdín	Criollo Bolita
Costos totales de producción (\$/t/ha)	8,771.80	10,199.68
Rendimiento (t/ha)	1.28	1.04
Precio (t/kg)	21,440.00	23,200.00
Ingreso bruto (\$/t/ha)	27,344.00	24,088.00
Ingreso neto (\$/t/ha)	18,572.20	13,888.32
Ingreso neto porcentual (%)	67.92	57.66

En el Cuadro 1 se muestra la diferencia entre el frijol Verdín y el Criollo Bolita, destacando que los costos del Verdín son 16% menores al Bolita, mientras que el ingreso bruto es 12% mayor en Verdín. Los rendimientos por hectárea fueron mayores en la variedad Verdín (1.28 t/ha), lo cual se ve reflejado en un mayor ingreso neto de esta variedad, con una tasa de variación del ingreso neto porcentual de 17% (Figura 1).

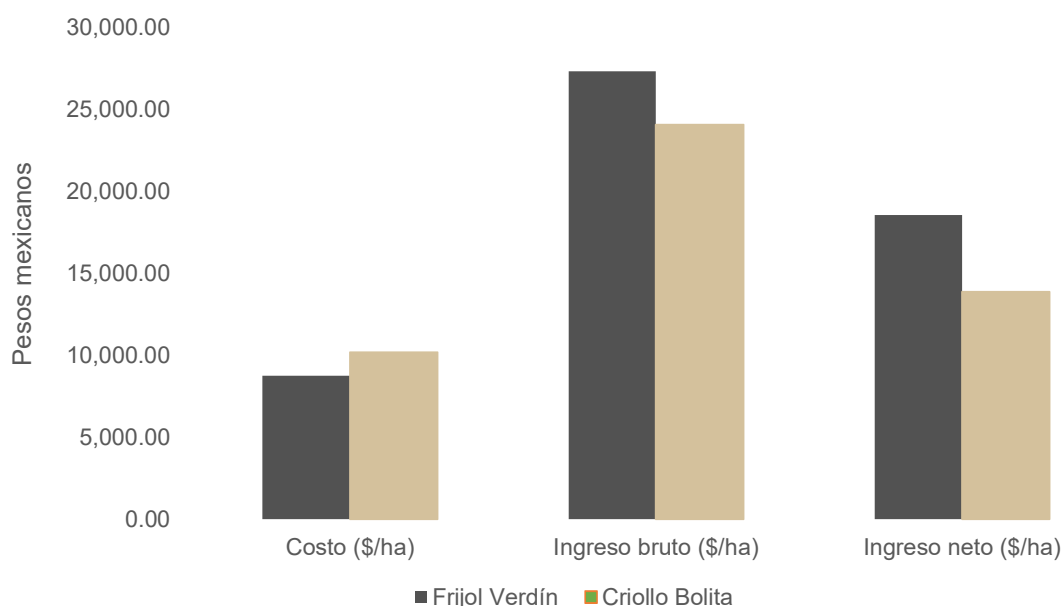


Figura 1. Comparativo entre costos e ingresos frijol verdín y Criollo Bolita. Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo.

Como se muestra en el Cuadro 2 y Figura 2, la variedad de frijol Verdín obtuvo mayores rendimientos, con una diferencia a favor en productividad por hectárea de 240 kilogramos. Por tanto, la tasa de productividad fue favorable para el frijol Verdín en un 24% sobre el Criollo Bolita. Los rendimientos de la variedad Verdín de 1.28 toneladas por hectárea fueron ligeramente superiores a los obtenidos por Tosquy-Valle *et al.* (2016)



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de 1.12 toneladas por hectárea, lo cual incluso fue superior a otras variedades de frijol como el Negro Tacaná y Negro Jamapa hasta en un 40%.

Cuadro 2. Comparativo entre el frijol Verdín y el Criollo Bolita.

Nombre de la tecnología	Verdín	Criollo Bolita
Rendimiento (t/kg)	1.28	1.04
Diferencia en la productividad (t/ha)	0.24	
Tasa de variación de la productividad (%)	24	

Cabe destacar que los rendimientos de estas variedades de frijol en la región sur sureste del país son bajos en comparación con los que se obtienen en el norte del país, por lo que la diferencia marcada resulta ser más significativa (Tosquy-Valle *et al.*, 2018).

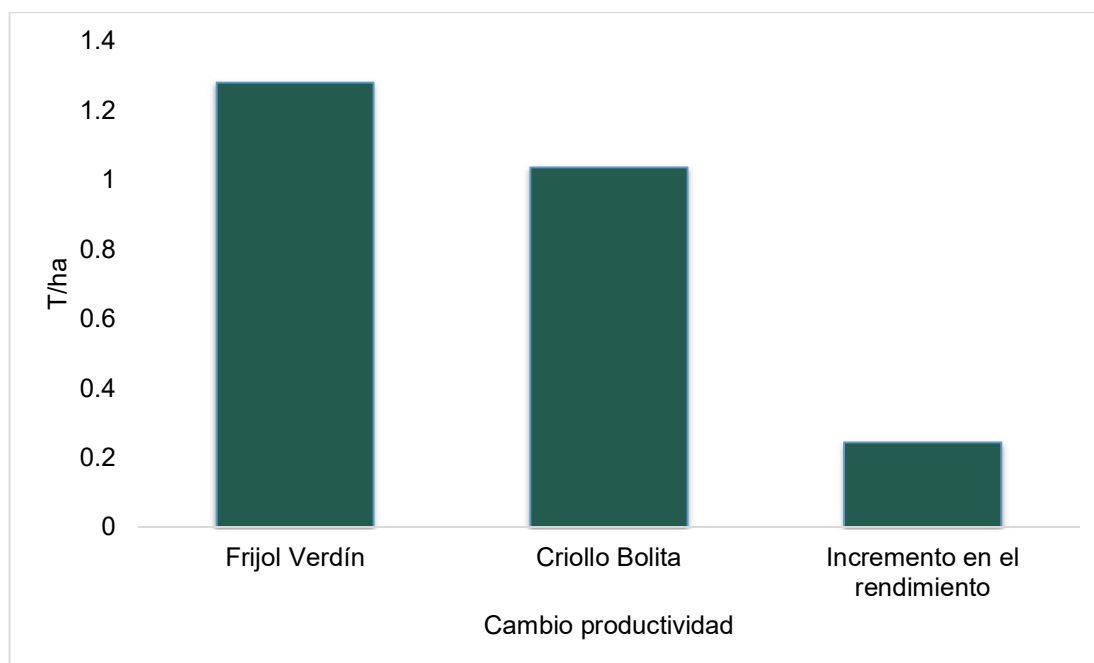


Figura 2. Diferencia en la productividad de la tecnología INIFAP y la tecnología testigo e incremento en el rendimiento por uso de tecnología INIFAP. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la evaluación.

Los productores que utilizaron la variedad Verdín indicaron en un 48% que su principal motivo para utilizar esta variedad fue incrementar los rendimientos y obtener mayores ingresos (32%), aunque también un 12% indicaron que lo utilizan para disminuir el riesgo de pérdida de rendimientos por sequía y enfermedades. Las principales ventajas de su uso manifestadas fueron la resistencia a plagas y enfermedades (64%) y el mayor rendimiento (36%). La mayoría de los productores manifestó conocer esta variedad porque vieron que otros productores lo utilizaban y les gusto (48%), o bien, por recomendaciones de otro productor (40%). El 68% indicó que sus ingresos han mejorado mucho con el uso del frijol Verdín.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Las principales limitantes del uso del Verdín son la dificultad para adquirir la semilla (52%), el costo de la semilla 32% y la falta de asesoría técnica 16%. La semilla es adquirida principalmente de otro productor (56%) y de alguna casa semillera (32%).

Conclusiones

Con la variedad de frijol Verdín se obtienen rendimientos superiores al frijol Criollo Bolita, el cual es ampliamente conocido en la región de estudio. Si bien, Verdín es de reciente uso en la región, muestra una preferencia para su siembra, debido a sus atributos de precocidad y mayor tolerancia a condiciones de sequía. Así mismo, aunque hay una preferencia al uso de la variedad Verdín, aún falta realizar una mayor difusión de sus resultados, asociado a la asesoría técnica correspondiente. No obstante, el productor difícilmente optará por sembrar una sola variedad, por lo que seguramente se encontrará asociado con otras variedades de frijol de grano negro como el Criollo Bolita o Negro Jamapa, entre otros.

Referencias bibliográficas

López-Salinas, E., Tosquy-Valle, O. H., Acosta-Gallegos, J. A., Villar-Sánchez, B. and Ugalde-Acosta, F. J. (2011). Drought resistance of tropical dry black bean lines and cultivars. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 749-755.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Panorama Alimentario 2023. Consultado el 13 de septiembre de 2024, en: https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgJw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view.

Tosquy Valle, O. H., López Salinas, E., Villar Sánchez, B., Acosta Gallegos, J. A., & Rodríguez- Rodríguez, J. R. (2016). Verdín: variedad de frijol negro tolerante a sequía terminal para Veracruz y Chiapas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1775-1780.

Tosquy-Valle, O. H., López-Salinas, E., Villar-Sánchez, B., Zetina-Lezama, R., Acosta-Gallegos, J. A., Rodríguez-Rodríguez, J. R. e Ibarra-Pérez, F. J. (2018). Rendimiento y adaptación de genotipos de frijol negro opaco en ambientes con y sin sequía terminal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4), 827-839.

SADER, 2022. La importancia de la producción de frijol en México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | 26 de octubre de 2022. Blog. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-de-la-produccion-de-frijol-en-mexico#:~:text=M%C3%A1s%20de%20570%20mil%20productores,13%20mil%20millones%20de%20pesos>.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES DE HUERTOS FAMILIARES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Bertha Sofía Larqué Saavedra^{1*}, Fabián Islas Gutiérrez¹, Lucila González Molina¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México.

*Autora de correspondencia: larque.bertha@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Producción de hortalizas, Mercados justos, Precios.*

Introducción.

En el oriente del Estado de México en el año 2020, se registró pobreza alimentaria en algunos municipios, son los casos de Texcoco con el 22 % de su población, Chicoloapan con 25.1%; Chimalhuacán 25.5%; Atenco 33.3%; Tepetlaoxtoc 22.9%; Chiconcuac 25.6; Ixtapaluca 24.4; Chiautla 22.8% (Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024) Esta pobreza se entiende como la carencia de alimentos suficientes en las familias, debido fundamentalmente, a la falta de recursos económicos para adquirir en el mercado la canasta básica; situación que se agrava por el comportamiento de los precios de varios alimentos, que normalmente van al alza. Aunado a esto, en los municipios del oriente del Estado de México, se está dando un proceso de cambio de uso de la tierra, de agrícola y forestal, a construcción de vivienda, que se explica por el crecimiento social de población ocasionado por la inmigración y el crecimiento natural de la misma; lo que ha traído como consecuencia cambios en la clasificación de los poblados: rurales, en transición de rurales a urbanos y urbanos. Hoy existen en menor cantidad localidades rurales, cuando todavía en la década de los 80 del siglo pasado eran municipios rurales con actividad agrícola, pecuaria y forestal dinámica; en la actualidad, la población de éstas se conforma por campesinos y personas dedicadas a otras actividades diferentes a las del sector primario. Las localidades en transición de rural a urbanas y urbanas, se encuentran en mayor cantidad. El Gobierno del Estado de México está impulsando a través de la Secretaría del Campo dos programas, HortaDif, para la formación de huertos familiares, su orientación es el combate de la pobreza alimentaria, y, el Programa Por el Rescate del Campo. Por su parte el Gobierno Federal a través de los programas Sembrando Vida y Producción para el Bienestar están capacitando a los productores entre otros aspectos, para que preparen bioinsumos, que están siendo utilizados también en huertos familiares, según comentarios de un técnico. En este trabajo se logró un acercamiento con estos nuevos productores de hortalizas a través de aplicación de cuestionarios y reuniones focales. Un dato que se obtuvo fue que el 76 % de los productores de la muestra con la que se trabajó, venden una parte o toda su cosecha en mercados locales, tianguis y verdulerías de sus localidades y se enfrentan a una competencia fuerte reflejada principalmente en el precio al que venden sus competidores los mismos productos, lo que sucede principalmente en los tianguis. En medio de este ambiente competitivo, qué expectativa tienen los productores que se están formando. Este trabajo tuvo como objetivo: conocer algunas características de los nuevos productores de hortalizas del oriente del Estado de México, que operan bajo el modelo de huerto familiar y su relación con el mercado.

Metodología.

La información con la que se trabajó se obtuvo de manera directa en campo con base en una muestra no probabilística intencional conformada por un total de 45 personas. Se aplicaron tres técnicas: cuestionarios, reuniones focales y entrevistas semiestructuradas a informantes clave. Se contó con información de 43 productores, 32 que contestaron los cuestionarios; 10 que participaron en dos reuniones focales, una con cuatro y otra con seis personas. Se hizo una entrevista a un productor de jitomate y se visitó su invernadero. Se entrevistaron dos técnicos considerados como informantes clave. Las características que se estudiaron a partir de los cuestionarios fueron: edad de los productores, sexo, años de ser productor agrícola, cultivos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

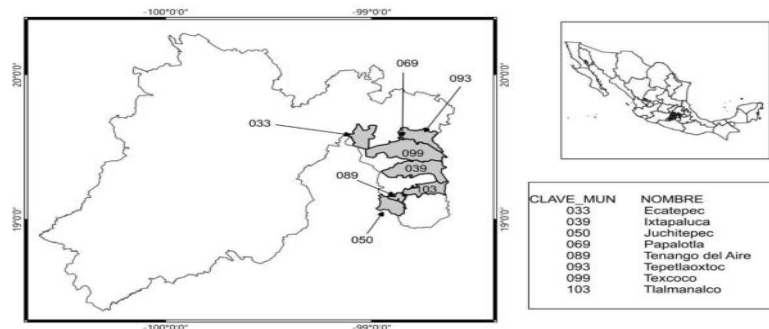
XXXVI

que siembra, años de ser productor de hortalizas, hortalizas que siembra, siembra a cielo abierto o practica agricultura protegida, destino de su producción: autoconsumo, venta o ambos. Lugar donde vende sus hortalizas, conocimiento de sus costos de producción, cómo fija el precio de sus hortalizas y conocimiento acerca de sus ganancias o pérdidas con la venta de sus hortalizas. En las reuniones focales y la entrevista personal al productor de jitomate, se obtuvo información acerca de las experiencias que han tenido con la siembra de hortalizas, las razones de porqué siembran hortalizas, cuáles siembran, manejo agronómico, si practican agricultura a cielo abierto o protegido y el conocimiento de costos y destino de la producción. Con los datos obtenidos se hizo un análisis de estadísticas descriptivas con el sistema SAS, lo que permitió que este trabajo tuviera un carácter exploratorio. También, se realizó una revisión bibliográfica con el tema de estudio.

Resultados y discusión.

Los productores que conformaron la muestra pertenecen a los municipios Juchitepec, Tenango del Aire, Amecameca, Tlalmanalco, Texcoco, Ixtapaluca, Papalotla, Chiconcuac, Ecatepec y Tepetlaoxtoc, todos del oriente del Estado de México.

Imagen 1. Ubicación geográfica de los municipios del Estado de México de donde proceden los productores de la muestra.



Son habitantes de localidades rurales y de transición, que es donde se practica la agricultura. El maíz sigue presente en estos municipios y sigue siendo parte fundamental de la alimentación de la población; las hortalizas también se consumen de manera constante en la dieta de las familias, principalmente el chile verde, papa, jitomate y cebolla (SEyT, 2025). En esta misma zona de la entidad, hay productores comerciales de hortalizas, que siembran de manera convencional y producen a nivel comercial, brócoli, calabacita, cebolla, espárrago, lechuga, papa, pepino, romeritos (Secretaría del Campo, 2021). Los productores de la muestra se dedican a la siembra de hortalizas principalmente de hoja verde: acelga, cilantro, epazote, lechuga y espinaca, también siembran hierbas medicinales; chayote de espina y en menor medida, betabel, ejote, rábano, cebolla y jitomate, todos bajo el esquema de huerto familiar. Las de hoja verde las siembran todos los productores que contestaron los cuestionarios; solo cinco siembran jitomate, uno en invernadero como monocultivo, los cuatro restantes a cielo abierto. Diez productores comentaron que no siembran jitomate porque la semilla tiene muy alto precio y no siempre germina. Una productora dijo que el jitomate que siembra es para autoconsumo porque es un cultivo delicado y cosecha poco, por lo que no le vende. Dijo que al mercado lleva chayote de espina, espinacas y acelgas porque son más fáciles de producir y su cosecha es mayor. Cebolla solo un productor dijo que la cultiva. El 87.5 % del total de los productores siembra a cielo abierto, el resto en invernadero, entre ellos, un solo caso en macrotunel. El 63 % destinan su producción a la venta y autoconsumo y el 13 % siembra únicamente para venta, en total, el 76 % venden parte o toda su producción. A la pregunta de porqué están sembrando hortalizas, dijeron que para tener un consumo más limpio y seguro de sus verduras y para obtener un ingreso complementario con la venta de éstas. Desafortunadamente el ingreso complementario llega a ser bajo. Estos productores se enfrentan a problemas en el mercado, ya que la presencia de las centrales de abasto y tiendas de autoservicio, como grandes centros de venta imponen parámetros respecto a la calidad de las verduras y frutas acorde a los mercados hegemónicos, difíciles de alcanzar para los pequeños productores del estudio. Además, en las centrales de abasto, dados los volúmenes que manejan tienen la capacidad de fijar precios a las hortalizas, lo que comúnmente se hace en las madrugadas. Los pequeños



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

productores de huerto familiar son tomadores de esos precios para poder permanecer en los mercados convencionales, permanencia que no siempre les es conveniente económicamente. Entre los productores de la muestra que venden sus hortalizas, el 90 % lo hacen en mercados locales, tianguis de sus localidades y verdulerías, y, el 10 % venden en la puerta de su casa. En conjunto todos, pero principalmente los que acuden a los tianguis tienen una competencia fuerte porque sus competidores, se abastecen en las centrales de abasto con la ventaja de la cercanía de tres de ellas, la de Iztapalapa en la Ciudad de México, la de Ecatepec y la de San Vicente Chicoloapan, ambas en el oriente del Estado de México. Compran a precios bajos porque adquieren verduras y frutas en gran cantidad y de menor calidad en comparación a la que ofrecen los mercados fijos y tiendas de autoservicio y por lo tanto, ellos a su vez pueden ofrecer al consumidor final precios bajos. Estos precios que manejan también se pueden explicar, por su condición de mercados rodantes (de ahí que también se les identifique como mercado de ruedas). A los productores de la muestra, se les preguntó cómo fijan los precios de sus hortalizas y el 100 % comentó que según como lo ofrecen otros vendedores en el mercado, pero ninguno mencionó que consideran también, sus costos de producción. El 43 % dijo saber cuánto les cuesta producir sus hortalizas, pero cuando se les preguntó cómo calculan sus costos, se pudo identificar que no consideran el costo del agua, del suelo, ni de la mano de obra. Algunos de estos productores con la intención de evitar el uso de químicos preparan compostas, lo que implica aún mayor trabajo que tampoco consideran, además de que no le adjudican un precio a la composta. En una reunión focal, un productor comentó que no hacía cuentas de cuánto le costaba producir, *porque me desanimo, yo lo hago por amor*. Otros costos que no consideran, son los de comercialización. Entre quienes contestaron el cuestionario, hubo una pequeña asociación de productoras de hortalizas del municipio de Papalotla, con una de ellas se sostuvo una plática y comentó que, ellas se organizaron para formar un mercado que llamaban orgánico porque producen sin químicos. Se establecían los días miércoles en la entrada de la presidencia municipal y no pagaban por tenerlo; a partir de este año (2025) las retiraron de ahí y actualmente venden en el tianguis de los días sábados que se establece en la cabecera municipal. Cuando tenían su mercado orgánico, cada una de ellas tenía su puesto y lo atendían durante toda la mañana; en el tianguis solo ponen uno donde venden las hortalizas de todas ya que, el ayuntamiento cobra una comisión por puesto. Todas son mamás, unas con hijos chicos y otras tienen que cuidar a sus papás, estas condiciones les ha hecho que se organicen para atender sus ventas, cada una de ellas cubre un tiempo determinado en el puesto. Entre otras preguntas que se le hizo a la productora, fue si las ventas en el tianguis eran mayores que cuando tenían el mercado orgánico, y contestó, sí. Esta plática fue importante primero, porque dejó ver que hay un reconocimiento del valor del tiempo que demanda atender las ventas y segundo, porque llamó la atención que sus ventas se incrementaron cuando se sumaron al tianguis. Este es un tema interesante de investigación.

Sus productos van directos del productor al consumidor final, no hay intermediarios. Este dato permite plantear a nivel de conjetura, que a estos productores se les puede ubicar “dentro de nuevos esquemas de comercialización que reducen la distancia entre productores y consumidores. Este tipo de esquemas, conocidos en la literatura como Circuitos Cortos de Comercialización, se oponen al modelo hegemónico de producción y comercialización” (Macías M., A, 2013). La venta directa al consumidor final tiene entre otras ventajas, que este último compra verdura y fruta fresca, que no pasa por procesos de refrigeración, ni tratamientos para tener mayor vida de anaquel, ni para evitar plagas y enfermedades.

Se les preguntó acerca de las ganancias que obtienen por la venta de sus hortalizas. El 43 % dijo que obtienen ganancias; algunos comentarios al respecto fueron: *gano, pero cada vez es menor mi ganancia, gano porque logro cubrir los gastos del día, gano poco*. Otros dijeron *ni gano ni pierdo quedo tablas*. Llamó la atención el comentario *gano porque cubro mis gastos diarios*, ya que permite plantear como conjetura, que hay una confusión entre ganancia e ingresos adquiridos por sus ventas, consideran la ganancia con base en la liquidez que obtienen por la venta del día y que les permite cubrir sus gastos. Cuando se les preguntó si sabían cuánto ganan, 21 de ellos dijeron que sí, pero 11 de los mismos, dijeron no saber cuánto. Tres productores dijeron que no lo saben porque cosechan en diferentes días y cada que cosechan van a vender, dijeron que no apuntan la cantidad que ganan. Solo un caso dijo que gana muy bien y que sí sabe cuánto gana. El 34% contestaron que pierden, dentro de éstos, unos dijeron que a veces ganan y otras veces pierden. En una reunión grupal en el municipio de Ixtapaluca en la localidad de Coatepec, los productores hablaron de una experiencia, sembraron hortalizas en invernaderos que el Gobierno dio, dijeron que todos perdieron porque tenían que poner muchos insumos y eran muy caros, resaltaron el



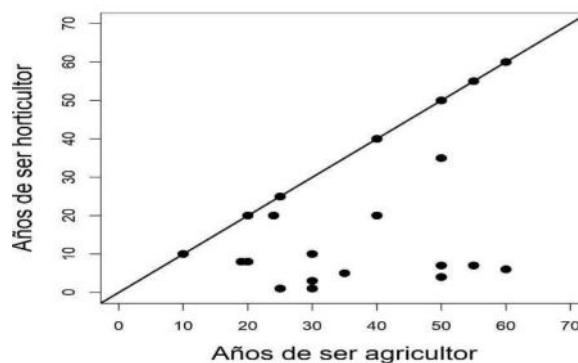
Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

precio de la semilla y los fertilizantes. No supieron explicar porqué en el invernadero les era más caro que producir a cielo abierto. Trabajaron con los invernaderos pocos años, pero nunca les convino según su apreciación, siempre perdieron y finalmente los abandonaron, dijeron que ahora están en muy malas condiciones. Se entrevistó a un productor también de la localidad de Coatepec, que actualmente siembra jitomate en suelo y en invernadero como monocultivo, lo está manejando libre de químicos. Comentó que su plantación se enfermó y con medios biológicos que él mismo prepara, está combatiendo la enfermedad de manera exitosa. El señor prepara bioinsumos que le han enseñado en una escuela de campo como parte de un programa de gobierno Federal y según dijo, le ha servido mucho porque los aplica con muy buenos resultados tanto en su invernadero, como en las plantaciones que tiene de maíz y trigo. El señor pertenece a una cooperativa donde la mayoría de las integrantes son mujeres y él es el único hombre; comentó que a él le han dejado todo el trabajo del invernadero. Dijo que no se da abasto para atenderlo, es un invernadero de 20 por 20 metros. Los resultados que tenga este productor son muy importantes para la localidad, ya que podrá motivar a otros productores o bien, reforzará la idea de que trabajar en invernadero es mala decisión.

En cuanto a las edades de los productores que contestaron los cuestionarios corrieron de 42 a 81 años, siendo la frecuencia mayor, más de 60. El 65 % fueron hombres. A la pregunta del número de años de ser agricultor, la frecuencia mayor fue, más de 30 años.

Gráfica 1. Años de ser productor agrícola con años de ser horticultor



El 80 % siembran maíz, de esos el 37 % lo hacen en combinación con frijol, calabaza, haba que es el sistema de milpa. El 63 % lo siembra como monocultivo además de sembrar otros cultivos: trigo, alfalfa, avena y ebo; flor de corte y árboles frutales. Como se observa en la Gráfica 1, son productores con más experiencia en la siembra de maíz y otros cultivos, que en la siembra de hortalizas, aunque en algunos casos coinciden los años. Los que declararon más de 15 años de sembrar hortalizas, se refirieron a la siembra de calabaza que es parte de la milpa, situación que es diferente al huerto familiar tanto en el diseño como en el manejo.

Se reconocen aspectos positivos del emprendimiento de fomentar la producción de hortalizas en las familias, tres se destacan en este trabajo, uno, es que para consumirlas no tienen que comprarlas en el mercado, las tienen disponibles en su casa; dos, son hortalizas de alta calidad por estar libres de químicos y conservadores necesarios para que sobrevivan a la distancia entre el punto de producción y punto de venta, lo que implica tiempo, manipulación, transporte, y tres, aumentan el consumo de verduras e incluso las diversifica, ya que incluyen en su dieta hortalizas de hojas verdes que son reconocidas por su calidad nutricional. Para reforzar esto último, es importante citar a Medina-Zacarías (et al., 2023) quien asegura que en México el consumo de frutas y verduras del 2012 al 2022, no cambió, dijo que es un dato desafortunado ya que se encuentra por debajo de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Otro dato interesante que ofrece el estudio de Medina-Zaráte, es que la población de nivel socioeconómico bajo encuentran barreras para el consumo de frutas y verduras debido a los altos costos y baja disponibilidad de éstos. Estos nuevos productores al sembrar hortalizas aseguran su disponibilidad y con ello el incremento de su consumo, lo que contribuye a la seguridad alimentaria que los mercados no



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

les han permitido. Sin embargo, estas ventajas tienen un costo alto, principalmente por el tiempo invertido, lo que es una desventaja cuando se trata de su venta. De acuerdo a la visión de los productores, el tiempo que invierten no importa, ya que *somos personas acostumbradas al trabajo duro*, desafortunadamente, ese trabajo duro no lo reconoce el mercado. Solo hubo el caso de un productor que dijo vender en un mercado ecológico, y otro que comentó que pertenece a una cooperativa de productores de agricultura familiar que formaron su propio mercado, dos opciones buenas, pero poco difundidas.

Conclusiones.

De acuerdo con los años que declararon de ser productores de hortalizas, se concluye que son nuevos productores en estos cultivos, a excepción de quienes declararon que siembran calabaza desde hace varios años. Es de reconocer que aún y cuando son productores de edades mayores a los 45 años, siendo la frecuencia más alta, de 60 y más, han adoptado la tecnología de producción de hortalizas bajo el esquema de huerto familiar, pese a que en algunos casos ha incrementado su trabajo ya que continúan de manera paralela con la siembra de sus otros cultivos. Resaltó también, que los hombres están integrando a sus labores esta siembra de hortalizas, bajo el modelo de huerto familiar lo que llamó la atención porque se ha manejado como una actividad principalmente para mujeres.

Un aspecto que puede ser preocupante, es que no hay cuidado por llevar los costos de producción, se notó en las reuniones focales rechazo al tema, igualmente en la aplicación de los cuestionarios, cuando se llegaba a esas preguntas, se notó incomodidad por parte de los productores. A este tema se le debe poner atención, porque si una finalidad es la venta sus hortalizas pueden desanimarse más adelante, cuando haya un reconocimiento de que implica varias horas de trabajo, sobre todo, porque están combinando este aprendizaje con la elaboración de bioinsumos; actividad que también demanda varias horas de trabajo. Este es un eslabón débil de los programas de huertos familiares, falta preparar a los productores para que incursionen en el mercado con mejores herramientas. Asimismo, por parte de los gobiernos, Federal y Estatales, falta impulsar mercados justos tanto del lado de la oferta como de la demanda, garantizar que esas hortalizas con la calidad que se obtienen estén al alcance por su, de las familias que no tienen espacio en sus casas para establecer huertos familiares, sobre todo de aquellas que se encuentran en pobreza alimentaria.

Para conservar la ventaja de la agricultura familiar, es importante que preferentemente atienda mercados locales donde no haya lejanía entre los centros de producción y centros de consumo. Es conveniente impulsar la producción local y regional para atender a su vez, mercados locales y regionales. Al momento la producción de la agricultura familiar, sobre todo la que se trabaja libre de químicos, obtiene niveles bajos de producción, el reto para la investigación es buscar escalar la producción, sin comprometer los principios de este tipo de agricultura, que se reconoce, que no genera externalidades negativas al medio ambiente.

Referencias bibliográficas.

- Macías Macías, Alejandro. 2013. INTRODUCCIÓN. Los pequeños productores agrícolas en México. Carta Económica Regional, Año 25, Números 111-112, enero-diciembre. Pp. 7 – 18
- Medina-Zacarías MC, Rodríguez-Ramírez S, Martínez-Tapia B, Valenzuela-Bravo DG, Gaona-Pineda EB, Arango-Angarita A, Shamah-Levy T. 2023. Tendencia del consumo de frutas, verduras y leguminosas en adultos mexicanos. Ensanut 2012-2022. Salud Publica Mex. 2023; 65:592-602. <https://doi.org/10.21149/15067>
- Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2024. H. Ayuntamiento de Texcoco. https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Planes%20y%20programas/Mpales-2022-2024/Textcoco_PDM_2022-2024.pdf
- Secretaría del Campo. 2021. Análisis de la Producción Estratégica del Estado de México. Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación Subdirección de Información y Estadística. https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion_Campo/cultivos_2021_Cierre_2020-Dic2021.pdf
- SEyT (Secretaría de Economía y del Trabajo). 2025. Consumo anual per cápita de algunos vegetales y legumbres en México en 2022, por tipo (en kilogramos) En La agricultura en México. 35 p. <https://economyytrabajo.chiapas.gob.mx/docs/2025/DIM/AGRICULTURA%20EN%20MEXICO>.

USO DE PRESUPUESTOS PARCIALES DE BENEFICIO NETO PARA DETERMINAR MÉTODO DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN (NP) DE CALABAZA EN TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}, Rogelio Fernández Sosa¹.

¹Sitio Experimental Tlaxcala, INIFAP.

*Autor para correspondencia: rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Cucúrbita moschata*, costos variables, rendimiento ajustado.

Introducción

Una recomendación exitosa para los productores en el manejo de los fertilizantes es cuando es adoptada en superficie y tiempo, además, debe ser consistente con las circunstancias agronómicas y metas del agricultor y aquellos factores que influyen en su capacidad para lograrlas. El dominio de recomendación es un grupo de agricultores que pertenecen a una zona agroclimática determinada de modo que la recomendación es aplicable a todo el grupo, debido a que los experimentos se conducen en condiciones representativas de sus tierras (Perrín *et al.*, 1976). En Tlaxcala la superficie sembrada de calabaza es de 1,525 ha con un rendimiento promedio de 1.07 t ha⁻¹, inferior al producido en Jalisco y Morelos con 1.21 t ha⁻¹ y superior a la media nacional con 0.65 t ha⁻¹ (SIAP, 2016). La fertilización de la calabaza es un componente agronómico de alta relevancia para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo. No obstante, existe poca información tecnológica sobre la recomendación de la fertilización química y orgánica en la producción de semilla de calabaza de temporal en el sistema de siembra de monocultivo, así como también el método apropiado en zonas productoras de esta hortaliza en el estado de Tlaxcala. La técnica utilizada para realizar el análisis fue la de presupuesto parcial y un análisis de Dominancia para determinar beneficio neto y tasa de retorno marginal (CIMMYT, 1988 y Reyes, 2002). El objetivo del presente trabajo fue determinar el método de siembra y la fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de calabaza de temporal mediante el uso de presupuestos parciales de beneficios netos y tasa de retorno marginal en la zona poniente del estado de Tlaxcala.

Materiales y métodos

En el ciclo PV 2023, se realizó la evaluación en la localidad de Espíritu Santo, Ixtacuixtla, Tlaxcala, que pertenece al territorio del DDR-164 Tlaxcala de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). La accesión criolla para la siembra del ensayo fue ACCTLX-5 procedente de San Miguel Pipillola, Españita, Tlaxcala. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fue el método de siembra (M1= 1:0 surcos continuos; M2= 1:2 siembra de un surco con dos surcos sin sembrar y M3= 1:3 siembra de un surco y tres surcos sin sembrar) y la parcela chica con tratamientos de fertilización que genera la factorial 2x2, con los niveles para N (60 y 100 kg ha⁻¹) y P (23 y 46 kg ha⁻¹) más un tratamiento testigo sin fertilizante, con tres repeticiones. Las fuentes comerciales fueron Urea y Fosfato diamónico (DAP). La siembra se realizó el día 12 de mayo. El análisis de presupuesto parcial se llevó a cabo con los valores promedios ajustados de rendimientos totales para representar lo que podría lograr el productor con el mismo tratamiento y multiplicado para obtener los beneficios brutos de campo. El análisis de dominancia se basó en la técnica de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988), el cual es para organizar los datos experimentales para obtener los costos variables y beneficios actuales de los tratamientos alternativos. Los costos variables relevantes fueron: el costo directo de la semilla y fertilizante NP, la mano de obra para establecer el método de siembra y la aplicación del fertilizante y su transporte del mercado a la parcela. El beneficio neto es la diferencia entre beneficio bruto totales de campo y los costos variables totales. La tasa marginal de retorno es el aumento enmarginal de beneficios netos dividido



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

por el costo marginal expresado en porcentaje entre tratamientos no dominados de un beneficio neto inferior testigo absoluto a otro mayor alternativo.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se aprecian los costos variables estimados según los tratamientos evaluados en el ensayo sobre métodos y niveles de fertilización NP. La primera columna presenta el costo de semilla seleccionada para la siembra por tamaño y llenado con un precio entre los productores de \$155.00 por kilogramo. Según el método de siembra se estimó la cantidad de semilla promedio para los métodos de siembra M1, M2 y M3 de 5.6, 1.9 y 1.4 kg ha⁻¹, respectivamente. La cantidad total por hectárea de fertilizante (Urea+DAP) se estimó de acuerdo a los tratamientos de fertilización y el costo de la fuente comercial utilizada se estimó con precios de mercado en la región. Los costos de los jornales utilizados para la siembra en M1, M2 y M3 son \$300, \$200 y \$100, en ese orden, considerando la fracción de tiempo del jornal utilizado en siembra y en la aplicación del fertilizante. Para el transporte del fertilizante de la bodega comercializadora a la parcela es de \$400.00 por tonelada o sea la cantidad de 20 bultos de 50 kilos cada uno.

Cuadro 1. Estimación de costos variables de tratamientos evaluados según métodos y fertilización NP en calabaza, Espíritu Santo, Ixtacuixtla, Tlaxcala. 2025.

No. Trat.	Método	Fertilizante		Costo (\$)	Cantidad (kg/ha)	Costo (\$/ha)	Mano de obra (\$)		Transporte. Fert. (\$)	CV Total (\$)
		N	P	Semilla	Fert. total	Fert. total	Siembra	Aplic. Fert		
4	M 1	100	46	866	278	3734	300	300	111	5311
2	M 1	60	46	866	191	2744	300	300	76	4286
2	M 3	60	46	217	191	2744	100	100	76	3237
3	M 3	100	23	217	248	3107	100	100	99	3623
1	M3	60	23	217	163	2140	100	100	65	2622
4	M 2	100	46	289	278	3734	200	200	111	4534
3	M 1	100	23	866	248	3107	300	300	99	4672
1	M 2	60	23	289	163	2140	200	200	65	2894
2	M 2	60	46	289	191	2744	200	200	76	3509
4	M 3	100	46	217	278	3734	100	100	111	4262
1	M 1	60	23	866	163	2140	300	300	65	3671
3	M 2	100	23	289	248	3107	200	200	99	3895
5	M 1	0	0	866	0	0	300	0	0	1166
5	M 3	0	0	217	0	0	100	0	0	317
5	M 2	0	0	289	0	0	200	0	0	489

Nota: 1 kg contiene 4500 semillas en promedio.

El análisis de dominancia que incluye presupuestos parciales propuestos por (CIMMYT, 1988; Perrín *et al.*, 1976) mostró que solo el tratamiento M1 y con formula de fertilización 100-46 (NP) fue no dominado, debido a que presentó el mayor rendimiento de semilla ajustado de 1,565 kg ha⁻¹ asociado a un beneficio bruto y neto de \$ 140,850.00 y \$135,552.00, en ese orden, comparativamente con el testigo absoluto M1 y sin fertilización que obtuvo un rendimiento ajustado de 672 kg ha⁻¹ que representa el 42.9% lo cual indica que el método de siembra y la fertilización son componentes tecnológicos de relevancia para la mejora de la producción por unidad de superficie y la rentabilidad económica (Flores, 2006); el resto de los tratamientos



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

propuestos en el ensayo fueron dominados por lo cual no se presentan como se indica en el Cuadro 2 debido a que presentan beneficios netos inferiores. La tasa de retorno marginal asociada al tratamiento alternativo fue 543%, que significa que por cada \$1 invertido en este tratamiento, el agricultor puede esperar recobrar el \$1 y obtener \$543.00 adicionales por la utilización del tratamiento con mayor beneficio neto.

Cuadro 2. Dominancia de tratamientos, beneficio total, costo variable, beneficio neto y tasa marginal de retorno (TRM), de la utilización del método y fertilización NP. Espíritu Santo, Ixtacuixtla, Tlaxcala. 2025.

Retorno (TRM), de la utilización del método y fertilización N:P : Espirito Santo, Ixtacuihua, Tlaxcala. 2020.									
Tratamientos	Método	Fertilizantes		Rendimiento (kg/ha)		Beneficio Bruto	Costo Variable	Beneficio Neto	Tasa de Ret. Marg.
		N	P	Total	(Ajustado) ¹	(\$/ha) ²	(\$/ha)	(\$/ha)	TRM (%)
No Dominados									
Testigo	M 1	0	0	747	672	60480	1166	59328.9	--
4	M 1	100	46	1739	1565	140850	5311	135552.1	543

¹ Rendimiento ajustado en un 10% del Rendimiento total.

² Precio de venta de semilla en el mercado local para consumo= \$90.00 por kilogramo.

Conclusiones

Actualmente el costo por kilogramo de semilla en el mercado es alto económicamente, por lo que los productores deben ser motivados para mejorar la tecnificación del sistema de producción para eficientizar el manejo agronómico del método de siembra y la fertilización requerida para mejorar los rendimientos y por ende los beneficios netos y sus costos variables.

El tratamiento alternativo que obtuvo el mayor beneficio neto con opción viable de réplica en la adopción por los productores de este cultivo fue el método de siembra en surcos continuos (M1) y con la fertilización 100-46 (NP) utilizando la Urea y DAP que se comercializan en la región de Tlaxcala.

Referencias bibliográficas

- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (1988). La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición Completamente Revisada. México, CIMMYT. 79 p. ISBN 968-6127-24-0.
- Flores, G., Hernández, J. C., Acosta, M., y Montero, M. (2006). Análisis económico de la utilización de inoculante biológico (*Rhizobium sp.*) en frijol común, en la Región Brunca, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 10(2): 37-41. 1999.
- Perrín, R. K., D.L. Winkelmann, E. R. Moscardi, y J. R. Anderson, 1976. Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, D. F., iv + 54 p.
- Reyes, H. M. (2002). Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. *La Calera*, 2(2), 40-48. Recuperado a partir de <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/28>
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Consultado el 28 de marzo 2025 en: <http://www.siap.sader.gob.mx>

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto: "Identificación de accesiones nativas sobresalientes y manejo agronómico para la producción de pepita de calabaza en el estado de Tlaxcala". Fuente financiera: INIFAP, recursos propios.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

CARACTERIZACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE LIMÓN (*CITRUS LATIFOLIA*) EN EL MUNICIPIO DE CHIAPA DE CORZO, CHIAPAS.

Isidro Fernández González^{1*}, Eileen Salinas Cruz¹, Francisco Javier Cruz Chávez¹, Yamileth Robles González¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas. Km 3 carretera Ocozocoautla – Cintalapa.

* Autor para correspondencia: fernandez.isidro@inifap.gob.mx,

Palabras claves: *Caracterización, Cultivo, Limón.*

Introducción.

La citricultura en México es una actividad económica de importancia primordial para la cadena agroalimentaria, misma que se encuentra establecida en 603,617 hectáreas distribuidas en 28 Entidades, en donde se producen 8.2 millones de toneladas con un valor superior a los 34,950 millones de pesos (SIAP 2021,); el 60.79% de esta superficie está representada por cítricos dulces, 35.64% por limones y 3.54% de toronja.

Los productores de limón en México se enfrentan a una serie de desafíos que incluyen la falta de asesoría técnica para pequeños productores, la escasa transferencia de tecnología, el uso excesivo del agua y dificultades en el acceso al crédito. Estos problemas también afectan al estado de Chiapas, que ocupa el decimoquinto lugar en la producción de limón persa a nivel nacional, con un total de 17,826 toneladas, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

En el estado de Chiapas se encuentra establecida en 5,717 hectáreas distribuidas en 80 municipios del Estado, de los cuales, los de mayor importancia en cuanto a superficie sembrada destacan: Acala, Benemérito de las Américas, Chiapa de Corzo, Frontera Comalapa, Jiquipilas, La Trinitaria, Marqués de Comillas, Pijijiapan, Palenque, Reforma, Salto de Agua, Tonalá, Villa Corzo y Villaflores, misma que genera una producción de 32,660 toneladas, con un valor de producción de 107 millones de pesos. Por lo anterior, la citricultura estatal es una actividad primaria, tanto económica como social ya que de ella dependen 2,498 productores, y se generan 1,450 empleos directos y 2,245 indirectos. Asimismo, en el estado se encuentran dos empacadoras, dos centros de acopio y un vivero certificado dedicados a la actividad citrícola. El cultivo de limón en Chiapa de Corzo, Chiapas, es una actividad económica importante, especialmente el limón persa. La región es conocida por su producción de cítricos, donde destaca entre los municipios con mayor superficie sembrada. La producción de limón persa ha experimentado un crecimiento, beneficiando a más de 6,000 productores.

Este cultivo, ha sido un pilar fundamental en la economía agrícola de la región central del estado donde la mayoría de los productores combinan los cultivos básicos o tradicionales con el cultivo de, limón, mango, jocote, hortalizas y elotes., En los últimos años, la producción de este cultivo ha ido en aumento sin embargo se presentan diversas problemáticas en la producción y desarrollo del cultivo, la aparición de nuevas plagas por la pérdida del equilibrio natural, así, como bajos niveles de producción, es por ello que se plantea el presente trabajo con el objetivo de poder determinar las características técnico económica del cultivo, así como identificar la problemática presente.

Materiales y método.

El municipio de Chiapa de corzo se encuentra ubicado en la depresión central del estado de Chiapas, las localidades donde se realizó el estudio son: Ignacio Allende, Nicolás Bravo y Julián Grajales; para realizar el diagnostico de las unidades de producción familiar se consideró el padrón de productores que participaron en el programa de desarrollo territorial, la cual se consideró un tamaño de muestra del 35 %



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

de un total de 107 productores, quienes fueron seleccionados al azar y se consideraron cinco productores más para el caso de que alguno de ellos no fuera posible localizarlo después de visitarlo tres veces, a los productores seleccionados se les aplicó una encuesta estructurada que considera los apartados: tipología del productor, datos técnico productivos y análisis económico del paquete tecnológico e ingresos por volumen de vetas; una vez realizada la encuesta los datos fueron vaciados en hojas de cálculo del programa Excel previamente diseñados y posteriormente se analizaron los datos en el programa SPSS.

Resultados y discusión.

En el presente estudio se encontró que la edad promedio de los productores es de 55.5 años, el cual coincide con lo reportado por INEGI 2007, en donde señala que los responsables de las unidades de producción tienen en promedio 54.6 años y que casi 60 % tiene más de 50 años, es decir solo un poco más de 40 % de los responsables de las unidades de producción familiar son jóvenes y dentro de este grupo la mayoría son mujeres; de acuerdo con el estudio sobre el envejecimiento de la población rural en México realizado por la FAO en el 2020, en el medio rural el envejecimiento de la población ha sido más acentuado, debido principalmente a la migración nacional e internacional de la población joven en edad productiva. El nivel de escolaridad que tiene los productores es bajo, el 40 % tiene primaria incompleta solo saben leer y escribir esto está muy relacionado con la edad promedio que presentan los productores (55.5 años) quienes no tuvieron las mismas oportunidades como las que se presentan en la actualidad, el bajo desarrollo de capacidades técnicas, productivas y empresariales de los productores, lo cual afecta de forma negativa el crecimiento de las actividades agropecuarias.

La tenencia de la tierra es principalmente ejidal (70 %), seguida de la pequeña propiedad y áreas comunales (figura 1) la cual se encuentra fraccionada, los datos obtenidos muestran que los productores tienen en promedio 4.6 hectáreas la cual se encuentra dividida de la siguiente manera maíz 2.0 ha, limón 1.5 y jocote 1.2; al respecto los productores mencionan que las mejores tierras o vegas son destinadas para la producción de maíz y limón y las tierras más degradadas y secas para el cultivo de jocote, por otro lado el fraccionamiento de la tenencia de la tierra es una situación generalizada y se viene acentuando año con año, desde el 2007 INEGI reportó este problema del fraccionamiento excesivo de la tierra; en ese entonces la mitad de los ejidatarios, 62% de los propietarios privados, 78.4% de los comuneros y 90% de los poseedores poseían hasta 5 hectáreas o menos; y más de 20% de esos titulares de la tierra tiene su predio dividido en tres o más fracciones, muchas veces muy separadas entre sí.

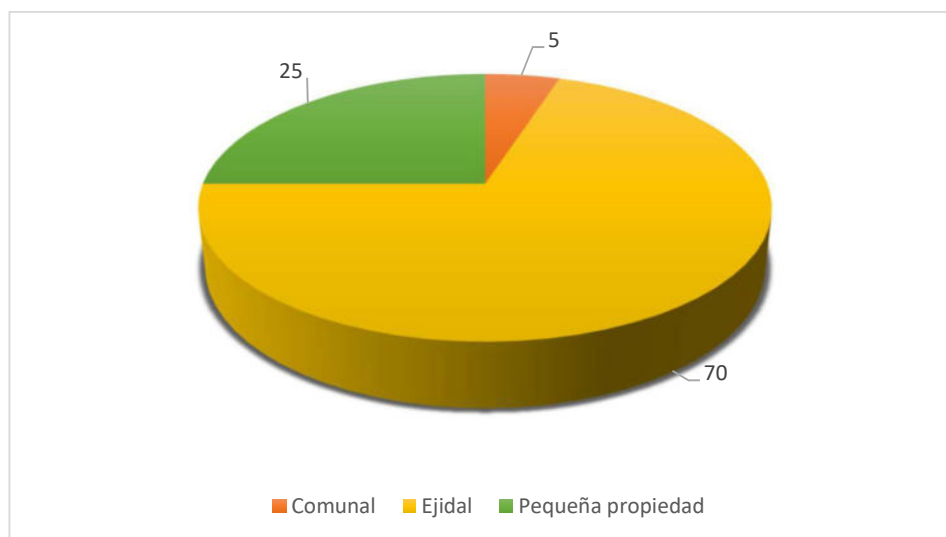


Figura 1. Tipo de tenencia de la tierra.

El cultivo de limón en el área de estudio se ha convertido en una alternativa en la diversificación de los ingresos ya los productores manifestaron (100 %) diversificar este cultivo con el cultivo de jocote (*spondias purpurea*), hortalizas, maíz de temporal y de riego lo cual les ha permitido tener ingresos distribuidos a lo largo del año.

Algunos autores (Alia et al. 2012) mencionan que este cultivo se realiza de forma comercial con un manejo agronómico incipiente, lo cual coincide con lo encontrado en el presente estudio donde se encontró que los productores manejan en promedio la dosis de fertilización 126-34-34 que complementan con los fertilizantes urea y triple 17, el cual lo aplican en una sola dosis al inicio de la temporada de lluvias, para el control de malezas realizan la aplicación de herbicidas de contacto y sistémicos con el que controlan malezas de hoja ancha y angosta, este control de malezas lo realizan dos veces durante el año y emplean en promedio 4 jornales en las dos aplicaciones, en cuanto al control de plagas emplean productos sistémicos (Muralla Max ®) y de contacto (cipermetrina) para el control de defoliadores y chupadores principalmente, la aplicación solo la realizan una vez por año y ocupan 2 jornales para la aplicación de los productos; no realizan ninguna práctica ni aplicación de productos para el control de enfermedades, otra actividad importante que realizan durante la época de secas es la aplicación de riegos el cual cada productor lo realiza de acuerdo a sus posibilidades, los principales métodos de riego son de forma rodada y mediante el llenado de cajetes con mangueras que mueven de planta en planta, en la cual emplean en promedio 20 jornales, esta es una de las actividades que mayor mano de obra demanda, al igual que la cosecha (18 jornales) estos jornales se emplean principalmente para la recolección, selección de la fruta y el empaque, cabe mencionar que a pesar de existir centros de acopio y empacadoras en la región solo el 20 % de los productores realiza la venta a la empacadora local ya que son los que cumplen con los estándares de calidad que exigen en esos centros; estos datos encontrados también coinciden con lo reportado por Valencia y Duana en 2017, quienes mencionan que en México en lo que respecta a la tecnología de los cultivos, se contempla que 63.07% de la superficie sembrada se encuentra bajo esquema de mecanización aplicada a la sanidad vegetal, en tanto poco más del 3% cuenta con sistema de riego por aspersión y menos del punto porcentual cuentan con riego por goteo; por otra parte, las principales afectaciones a los cultivos se derivan de plagas y enfermedades propias de las plantas.

Este cultivo tiene una creciente importancia económica, aunque enfrenta desafíos técnicos y organizativos, como la falta de prácticas sustentables que limitan obtener un producto de calidad y que a su vez también limitan los ingresos de los productores, una opción viable es capacitar a los agricultores en asociatividad y agricultura sustentable con miras a mejorar la producción y permita obtener mejores precios para el limón, impulsando así el desarrollo de las economías locales y familiares.

En la figura dos se puede observar el porcentaje en costo que ocupa cada una de las actividades del paquete tecnológico donde la fertilización es una de las actividades que mayor inversión requiere debido al alto costo de los fertilizantes químicos, seguido de la aplicación de riegos donde se emplea el mayor número de jornales. Al respecto Auich *et al.*, 2014, mencionan que los costos de producción obtenidos por hectárea de limón persa se encuentran en promedio en alrededor de 18,000 pesos. Los mayores gastos de producción se ubican en la aplicación de fertilizantes granulados, labores culturales y mano de obra por cosecha. El limón persa es un cultivo intensivo en mano de obra, los gastos en este rubro representan más del cincuenta por ciento del costo total de producción. Los indicadores de rentabilidad precio-costo y tasa de ganancia se encuentran por arriba de los valores críticos de rentabilidad.

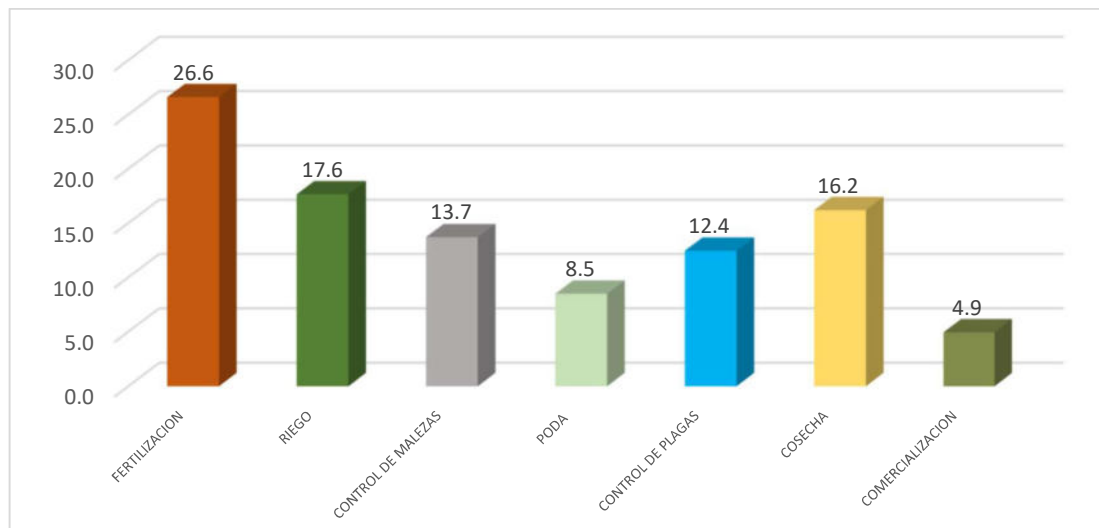


Figura 2. Costo de producción del paquete tecnológico del cultivo de limón.

El rendimiento promedio obtenido es de fruta cosechada es de 9.4 toneladas por hectárea el cual tiene un valor de la producción de \$28,585.6, considerando un costo del paquete de \$16,181.5 los productores obtienen una utilidad neta de \$ 12,404.1 lo cual les da una relación beneficio costo de 1.7.

El rendimiento obtenido es considerado bajo ya que para el estado de Chiapas se han reportado rendimientos que van de las 12 a 30 toneladas por hectárea, cabe mencionar que La producción de cítricos en Chiapas durante 2024 tuvo altibajos, especialmente en el limón persa, donde se registraron variaciones en la oferta y la demanda, el destino de la producción es a mercados locales e intermediarios guatemaltecos.

Los productores mencionaron que los principales problemas que presenta el cultivo es la disminución de la producción, la falta de mercados y la falta de acompañamiento técnicos que les permita realizar un manejo eficiente de su cultivo.

Conclusiones.

Después de realizar el presente diagnostico podemos concluir que el cultivo de limón es factible de poder alcanzar mayores niveles de producción y en consecuencia obtener una mayor rentabilidad, pero es necesario mejorar varios aspectos técnico productivos que requieren de inversión inicial como durante todo el ciclo productivo, es necesario fortalecer las capacidades técnicas de los productores en el tema del manejo agronómico del cultivo o la contratación de personal técnico que les brinde asesoría constante durante las diferentes etapas del cultivo. por otra parte, es necesario la implementación sistemas de riego más eficientes para el mejor aprovechamiento del agua, estos sistemas de riego también les permitirá disminuir los costos de producción por concepto de mano de obra. Este cultivo también es factible de implementar practicas agroecológicas que ayuden a mejorar la nutrición como el uso de compostas, vióles, bocashi, el uso de microorganismos benéficos para la degradación de materia orgánica, control de plagas y enfermedades, el establecimiento de cultivos de cobertera y abonos verdes etc. etc.

Si bien todas estas nuevas tecnologías productivas y buenas medidas fitosanitarias incrementa los costos y requiere mayores recursos, que no siempre está disponibles para todos los productores es necesario buscar fuentes de financiamiento o programas de gobierno que brinden los recursos para el desarrollo de la citricultura.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Literatura citada

Auich, Ignacio Fernández, Verna Ascencio, Felipe Rodríguez, Luis García, Jorge. (2014). Análisis de los costos de producción del limón persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan. 2. 10-18. 10.47808/revista bioagro.v2i1.239.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2007), Censo agrícola, ganadero y forestal. Resultados definitivos, tabulados básicos, México, INEGI.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020.134 p.

SIAP, Sistema de Información Estadística Agropecuaria y Forestal. 2021. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/agricultura/index>.

Valencia Sandoval, Karina, y Duana Avila, Danae. (2019). Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. Análisis económico, 34(87), 269-283. Epub 13 de noviembre de 2020. Recuperado en 28 de agosto de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552019000300269&lng=es&tlng=es.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

ANÁLISIS FINANCIERA Y COMPETITIVA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN COAPA PINOPA, ZONGOLICA, VERACRUZ.

Eileen, Salinas-Cruz^{1*}, Rolando Tlaxcala-Méndez², Ma. De Carmen Pablo-Mendoza³, Rosalío López-Morgado⁴, Fernández – González, Isidro¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1Campo Experimental Centro de Chiapas, 2Campo Experimental El Palmar, 3Campo Experimental Ixtacuaco, 4Sitio Experimental Teocelo

* Autor de correspondencia: salinas.eileen@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimientos, costo, evaluación

Introducción

Los sistemas agroforestales tradicionales y sus prácticas son formas de uso del suelo con una larga historia de manejo en México (Moreno- Calles, et al, 2013), el propósito de los sistemas agroforestales es optimizar las interacciones ecológicas positivas y obtener a través de los recursos disponibles una producción total más elevada, diversificada y sostenible (Pérez-Portilla y Geissert-Kientz, 2006). Los sistemas agroforestales de café se consideran ejes del desarrollo comunitario y regional, además de la integración de cadenas productivas, generación de empleos e ingreso para productores de pequeña escala, según algunos autores refieren a que existen alrededor de 30 grupos de indígenas que se encuentran dentro de estos sistemas.

La producción de café se centra en estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca; donde la producción es bajo sombra y los productores asocian el café con otras especies que juegan un papel económicamente importante (comercial o de subsistencia), por ejemplo, es común encontrarse con asociaciones de café – plátano y café – frutales, además de que su inversión inicial la diferencia de costos es mínima en producciones no asociadas o intercaladas, teniendo un beneficio en los rendimientos por ende en su nivel de ingresos (Tlaxcala – Méndez, Rolando M. *et al*, 2024).

Sin embargo, el manejo de sistemas agroforestales es necesario incorporar información en aspectos de producción y beneficios que puedan dar en aspectos, sociales, económicos y ambientales, como son mejorar la fertilidad del suelo, regular el microclima, proteger y conservar la biodiversidad, control de plagas, sumado al beneficio económico al mejorar los sistemas y diversificar productos generadores de ingresos, proporciona al productor estabilidad económica.

Se establece en la localidad de Coapa Pinopa del municipio de Zongolica con una población de 477 habitantes, siendo una región cafetalera presenta las condiciones agroecológicas óptima para intercalar café/plátano, con condiciones de ladera que hacen vulnerable a los impactos del cambio climático y las consideraciones que pueden presentarse ante este fenómeno. Se considera una hectárea en el sistema y se analiza a través de la metodología de análisis de políticas; en un sistema agroforestal de café (SAFC) con ladera y la variedad de plátano enano gigante y una especie de barrera viva con *Calathea lutea*. Se evalúan tres sistemas agroforestales: la del productor, plátano enano gigante +barreras vivas con *Calathea lutea* + café y plátano enano gigante +barreras vivas con *Calathea lutea* + café con poda esquelética; el objetivo es determinar la rentabilidad financiera y competitiva de sistemas agroforestales de café arábica asociados con plátano e intercalados con barreras vivas.

Materiales y métodos

Ubicado en la localidad de Coapa Pinopa, Zongolica, Veracruz (18°37'36.71"N y 96°55'57.19"O), a una altitud de 1,200 m, el estudio se realizó en un SAFC de un productor cooperante, la superficie es de 1 hectárea con una producción de 9 años de edad. En el año 2023 se inicia con la implementación del sistema de café bajo sombra especializada con *Inga vera* y plátano enano gigante y barreras vivas de *Calathea* con una pendiente de 32.6%.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

La toma de datos económicos se realizó bajo la metodología de matriz de análisis de políticas (MAP) (Eric Monke y Scott Perarson, 1989) en donde se elaboró un registro de captura de costos de producción generados por el manejo en la producción de café como principal producto generador de ingresos, los costos de producción del plátano y *Calathea* como productos que generan ingresos adicionales y la venta de leña obtenida en la regulación de sombra (esta cada 4 años).

La toma de datos se realizó en dos tiempos: 1) Se toman datos con el manejo del productor desde la implementación del cafetal hasta el año 9 antes del sistema de café bajo sombra; 2) se toman datos con el SAFC (café bajo sombra especializada con Inga vera y plátano enano gigante y barreras de *Calathea*, recomendadas para formar líneas de barreras vivas en cafetales de ladera, debido a que las hojas producidas tienen potencial para generar una fuente de ingresos adicional al cultivo principal de café y plátano (Pablo-Mendoza, Ma. De Carmen, *et al*, 2024)

La matriz de análisis de políticas se compone de 3 matrices: 1) matriz de insumos, 2) matriz de precios y 3) matriz de costos. Cada matriz se compone de los insumos comerciales que son todos aquellos productos utilizados durante el proceso de producción para generar un producto que se comercializara (fertilizantes, semillas, herbicidas, entre otros), factores de producción donde se incorpora las labores mecanizadas y manuales pagadas o familiares (jornales o actividades mecanizadas), por ultimo están los rendimientos de los diversos productos generados dentro del sistema de producción. Las matrices se relacionan entre sí, donde la matriz de costos se arrojan todas las operaciones de costos e ingresos que se generan con la información alimentada en las primeras dos matrices



Figura 1. Matriz de análisis de políticas

La aplicación de la MAP, es favorable a nivel micro, para este análisis se considera una hectárea en el sistema y se analiza la parte de precios privados; en un sistema agroforestal de café (SAFC) con ladera y la variedad de plátano enano gigante y una especie de barrera viva con *Calathea lutea*. Se evalúan tres sistemas agroforestales: la del productor, plátano enano gigante +barreras vivas con *Calathea lutea* + café y plátano enano gigante +barreras vivas con *Calathea lutea* + café con poda esquelética.

Resultados y discusión

A partir de los datos recolectados, se calcularon los precios privados dentro de la MAP, los insumos comerciales dividido en semillas y fertilizantes para producción del productor los insumos comerciales son menores a los SAF de plátano enano gigante +barreras vivas con *Calathea lutea* + café (PEG+BVCi+C) y plátano enano gigante +barreras vivas con *Calathea lutea* + café con poda esquelética (PEG+BVCi+C, con poda esquelética); la diferencia se basa en el establecimiento de los cormos de plátano y las plantas de *Calathea lutea* para barreras vivas. la fertilización para el primer caso es a base de urea y para los siguientes SAF la fertilización se enfoca en realizar un análisis de suelo y aplicar fertilización basado en las necesidades del sistema en ambos casos.

Los factores de producción se dividen en mano de obra en plantación, mano de obra en actividades generales, mano de obra en la poscosecha y los servicios contratados como es flete, maquinaria pequeña para podas, entre otros. Para el caso de la mano de obra de la producción del productor el mayor porcentaje de costos se generan en las labores manuales (66%) mientras que el manejo poscosecha la mano de obra



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

es de tan solo 5% aproximadamente, a diferencia del SAF (PEG+BVC+I+C) donde el mayor porcentaje de mano de obra es en el manejo poscosecha (42%), por último el SAF PEG+BVC+I+C, con poda esquelética, las labores manuales en el manejo general representan el 28%, mientras que el manejo poscosecha el 38%, esto es debido a que en este sistema se realiza una poda esquelética a los cafetales más las podas para regulación de sombra dentro del cafetal (Cuadro1).

Cuadro 1. Insumos comerciales y factores de producción de tres sistemas de producción.

CONCEPTO	TECNOLOGIA DEL PRODUCTOR	Plátano enano gigante, barreras vivas de <i>Calathea lutea</i> y café	Plátano enano gigante, barreras vivas de <i>Calathea lutea</i> y café con poda esquelética
Insumos Comerciales	\$ 3,072.73	\$ 6,053.75	\$ 6,053.75
Semillas	\$ 1,272.73	\$ 2,802.50	\$ 2,802.50
Fertilizantes	\$ 1,800.00	\$ 3,251.25	\$ 3,251.25
Factores de producción	\$ 13,365.45	\$ 30,871.25	\$ 28,726.75
Plantación	\$ 1,205.45	\$ 4,475.00	\$ 4,276.00
Labores manuales	\$ 10,920.00	\$ 8,050.00	\$ 16,800.00
Manejo Poscosecha	\$ 808.18	\$ 15,568.75	\$ 4,975.75
Servicios Contratados	\$ 431.82	\$ 2,777.50	\$ 2,675.00

Indicadores de rentabilidad

Los rendimientos de café en los diferentes experimentos después de dos años de producción fueron en promedio de 550 kilos, lo que podría suponerse que de acuerdo a este manejo el incremento podría ser de 270 kilos aproximadamente; mientras que la producción del productor fue de un promedio de 560 kilos con un incremento anual de 154 kilos en su punto más alto de producción.

Los costos totales para el sistema de producción del productor son de \$16,438.18 pesos, este sistema consiste en la plantación inicial, más el control de malezas manual y una fertilización de acuerdo al conocimiento empírico transmitido generacionalmente. los costos de los SAF (PEG+BVC+I+C) y PEG+BVC+I+C, con poda esquelética los costos son \$36,950 y \$34, 780.50 respectivamente, el manejo de estos sistemas se basa en la plantación de Plátano enano gigante y barreras vivas que además de establecer una producción sustentable se consideran fuentes de ingresos. La diferencia de SAF con poda esquelética es precisamente esta actividad que se realiza con la finalidad de que el cafetal se remueve y en años posteriores se tenga una mayor producción (cuadro 2).

Los ingresos brutos donde la producción solo se basa en la obtención de café fueron de \$21,888.60, mientras que en el SAF que no cuenta con poda es de \$ 71, 033.75 pesos y para el SAF con poda esquelética el ingreso fue de \$39,279. La diferencia en el ingreso para los tres sistemas es en el primer sistema solo se obtiene un producto; en el SAF sin poda la producción es constante es decir se obtiene producto desde el año uno de producción lo que favorece a la obtención de ingresos en referente a café y para el año dos se obtiene café, más plátano y hojas de *Calathea lutea* lo que se refleja en un mayor ingreso, el SAF con poda esquelética, al realizarse esta actividad la producción de café se obtiene en el siguiente año sumado a la obtención del plátano y hojas de *Calathea lutea* por lo cual el ingreso es menor.

La utilidad o ganancia obtenida para el SAF plátano enano gigante + barreras vivas con *Calathea lutea* + café (\$34,108.75) y de los tres sistemas es el que obtiene la mayor ganancia, ya que el sistema de producción del productor su utilidad disminuyendo los costos de producción fueron de \$5,450.42 pesos promedio, y el SAF con poda esquelética presento la menor ganancia, similar al ingreso bruto, esto se debe al manejo de cada sistema.

Cuadro 2. Costos, ingreso bruto y utilidad de los diferentes sistemas de producción

CONCEPTO	TECNOLOGIA DEL PRODUCTOR	Plátano enano gigante, barreras vivas de <i>Calathea lutea</i> y café	Plátano enano gigante, barreras vivas de <i>Calathea lutea</i> y café con poda esquelética
Costo Total	\$ 16,438.18	\$ 36,925.00	\$ 34,780.50
Ingreso Bruto	\$ 21,888.60	\$ 71,033.75	\$ 39,279.00
Utilidad	\$ 5,450.42	\$ 34,108.75	\$ 4,498.50

Otro indicador de rentabilidad calculado es la Relación Beneficio/ costo (R B/C), los indicadores obtenidos fueron los siguientes en el sistema del productor la relación B/C promedio fue de 1.33, mientras que el SAF plátano enano gigante + barreras vivas con *Calathea lutea* + café fue de 1.92, el SAF con poda esquelética obtuvo una relación B/C de 1.13. El indicador de Relación Beneficio/costo indicó que por cada peso invertido se recupera la inversión y se obtiene una ganancia; en el caso de sistema del productor y SAF con poda esquelética el margen de ganancia es pequeño, mientras que el SAF sin poda esquelética por cada peso invertido se obtiene 0.92, presentándose una tendencia sobre este sistema como el más conveniente para el productor.

La razón costo privado presenta un valor menor a 1 en los tres sistemas de producción, lo que muestra que los factores de producción domésticos están recibiendo mas por encima de su retorno, lo que indica que la actividad de producción podrá mantenerse, sin embargo la producción de Plátano enano gigantes + barreras vivas de *Calathea lutea* + Café al tener un indicador más cercano a cero, indica una retribución mayor que su retorno, por lo que podrá mantener a la actividad productiva en un mayor grado que las otras dos tecnologías (Cuadro 3)

Cuadro 3. Relación beneficio/costo y índice de competitividad.

CONCEPTO	Relación B/C	RCP
Tecnología Del Productor	1.33	0.7
Plátano enano gigante, barreras vivas de <i>Calathea lutea</i> y café	1.92	0.5
Plátano enano gigante, barreras vivas de <i>Calathea lutea</i> y café con poda esquelética	1.13	0.9

Conclusiones

- La implementación de los SAF con plátano enano gigante + barreras vivas con *Calathea lutea* + café con o sin podas esqueléticas en el café, ofrecen una alternativa de producción, no solo por la obtención de ingresos al diversificar la producción, si no también cumple con el objetivo de un sistema sostenible.
- El SAF con poda esquelética de acuerdo a los indicadores de rentabilidad se presenta como la menos rentable, sin embargo, podía ser una opción viable económicamente para el productor al obtener producción en el año siguiente a su establecimiento, a diferencia del sistema del productor



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

que en promedio se obtiene una ganancia, pero con un solo producto. lo que podría ser más riesgoso.

- El SAF con plátano enano gigante + barreras vivas con *Calathea lute* + café, presenta los indicadores más altos con una utilidad neta de \$34, 108, una relación beneficio costo de 1.92 y un RCP de 0.5, lo cual lo hace económicamente más atractiva, al generar beneficios económicos al obtener no solo ingresos en café, sino en plátano y en hoja para diferentes usos.

Referencias bibliográficas

- Delgado –Teherán, Juan E., Camilo-Mendoza. Juan, Rocano Hernandez, A.; Prez, R y Fuentez-Doria, D. 2020. Capítulo VIII. Matriz de análisis de políticas (MAP): estudio comparativo de competitividad en el sector cafetero de Colombia y Brasil. Business Intelligence Big Data y Contabilidad Tridimensional. Universidad del SINÚ. Facultad de ciencias Económicas, Administrativas y Contables, Programa de Contaduría Pública. PP. 83-91. En https://www.researchgate.net/publication/341448293_Matriz_de_analisis_de_politicas_map_estudio_comparativo_de_competitividad_en_el_sector_cafetero_de_Colombia_y_Brasil
- Moreno-Calles, Ana Isabel; Toledo, Víctor y Casas, Alejandro. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación Biocultural. Revista Botanical Sciences 91 (4): 375-398.
- Pablo-Mendoza, Ma. Del Carmen, Tlaxcala-Méndez Rolando, López-Morgado, Salinas-Cruz E. 2024. Crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de barreras vivas en sistemas agroforestales de café. Revista tecnológica CEA, Tecnológico Nacional de México en Roque no. 26 (445-453)
- Pérez – Portilla, Emilio; Geissert _ Kientz Danieñ. Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso de café (*Coffea arabica* L.) – palma comedor (*Chamaedorea elegans* Mart). Interciencia, vol. 31, núm. 8, agosto 2006, pp 556-562
- Tlaxcala – Méndez, Rolando M., Pablo – Mendoza, M. del Carmen, Saldaña – Eslava, Areisy, López – Morgado, Rosalio. Salinas – cruz, Eileen y Hernández – Moreno, J. Antonio. 2024. Crecimiento de tres variedades de plátano en un monocultivo bajo sombra especializada de café. Memoria Reunión científica – tecnológica, forestal y agropecuaria, Veracruz 2024. Pag 783: 793.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIO A LA PRODUCTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE SUBSOLEO CON PRODUCTORES DE MAÍZ EN TILTEPEC, CHIAPAS, MÉXICO.

Eileen Salinas-Cruz^{1*}, Walter López-Báez¹, Osias Ruiz-Álvarez¹, Alma Vargas- de la Mora¹, Gerardo
Colin-García¹.
¹CECECH, INIFAP.

Autor de correspondencia: salinas.eileen@inifap.gob.mx

Palabras clave: Evaluación, rendimiento, costo.

Introducción

La superficie total sembrada de maíz en México es de 24, 326, 508.24 hectáreas con un valor de \$6,655,097.21 miles de pesos los estados con mayor superficie sembrada son Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Sinaloa, Tamaulipas, Chiapas y Veracruz (SIAP, 2025).

Siendo uno de los cultivos en México de importancia económica, cultural y social, ya que es la base de la alimentación en la dieta de los mexicanos con un consumo per cápita de 196.4 kg principalmente transformado en tortillas. La producción es principalmente de maíz blanco ocupando el 88% del total mientras que el maíz amarillo que es utilizado principalmente para consumo en dietas de animales como cerdos, producción avícola y ganado bovino, es de 12% sobre el total.

Sin embargo, la producción nacional no es suficiente para abastecer el consumo y México continua con una importación creciente del grano proveniente principalmente de los Estados Unidos las importaciones para 2023 fueron de 19.7 millones toneladas, un incremento del 13.9 por ciento respecto al 2022 (El Financiero 2024).

Chiapas con una superficie total de 688,085.19 hectáreas sembradas se ubica en el primer lugar dentro de los estados del país con mayor superficie de producción de maíz con un rendimiento promedio de 1.93 ton por hectárea, siendo la producción total de 1,327,894.58 con un valor de producción de \$6,921,922.16 para 2023.

Sin embargo, a través de estudios recientes a 236 predios cultivados con maíz en terrenos mecanizados de 13 ejidos del municipio de Villaflores donde se evidenció problemas de compactación, problemas de acidez del suelo, problema de baja fertilidad, degradación que lleva a una baja productividad y rentabilidad del maíz en Chiapas (López-Báez, 2024); lo que ocasiona una disminución de rendimientos de maíz, sumando al monocultivo, la quema de residuos de cosecha (López-Báez, et al, 2018); por lo que se han creado tecnologías para la rehabilitación productiva. Con el propósito de mejorar la capacidad productiva de suelos compactados la cual consiste en romper la capa compactada que se encuentra en el subsuelo a través de un implemento de subsoleo o cinceles (López-Báez, et al, 2015).

El presente trabajo analizo la rehabilitación de suelos de 37 productores del ejido Tiltepec del municipio de Jiquipilas, Chiapas a través de la realización de la descompactación y labores de conservación. Se analiza bajo dos indicadores económicos en comparación con predios donde no se realizó el subsoleo.

Materiales y métodos

Para realizar la evaluación de la Tecnología, se solicitó al INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas una lista de los productores de Maíz que ya habían aplicado el subsoleo años atrás del 2022 en la región Valles Zoques Chiapas, por lo que se localizaron a productores del ejido Tiltepec en el municipio de Jiquipilas, Chiapas para posteriormente contactarlos y realizar una encuesta para obtener datos.

El tamaño de muestra fue estimado a través del método muestreo Aleatorio Simple en donde se tuvo una población total de 54 productores dando como muestra 37 productores los cuales fueron encuestados en el Ejido Tiltepec, en el Municipio de Jiquipilas.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Para la estimación de la muestra se realizó a través del método aleatorio simple que permitió obtener una muestra significativa para la situación de los suelos y si existió un cambio en el rendimiento de aquellos productores que aplicaron subsoleo en sus parcelas.

$$n = \frac{N p(1-q)}{(N-1) \left(\frac{d}{Z_{1-\alpha}} \right)^2 + p(1-q)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población objetivo

d = Precisión en porcentaje

Z_{1-α} = Valor de la confiabilidad al 95%

p= Respuesta de una variable binomial con varianza máxima de 0.50

q =Respuesta 2 de una variable binomial de varianza máxima de 0.50

Para la distribución de la muestra se considerará el número de productores por municipio y/o localidad, en forma proporcional y de acuerdo al tamaño de muestra se consideran el número de productores a encuestar.

La información se obtuvo a través de una encuesta estructurada con preguntas referentes al sistema de producción de la tecnología. Posteriormente se realizó una base de datos en Excel para la obtención de los indicadores correspondientes



Figura 1. Estructura de la encuesta.

Resultados y discusión

El sistema tradicional de los productores para producir maíz no es rentable, debido a la baja productividad, altos costos y riesgos de perdida por la sequía. Los suelos están compactados, ácidos y con poca capacidad para retener nutrientes y su manejo es insostenible

El diagnóstico de la compactación de suelos y las recomendaciones para superarlo, son fundamentales para planificar e implementar programas de rehabilitación de suelos. Evaluaciones realizadas en la zona de estudio han reportado que el subsoleo en comparación con el tratamiento de rastra del productor, incrementó 32% (1.7 t ha⁻¹) el rendimiento de grano de maíz, 84% la longitud de raíces y 5.1% la altura de plantas. El subsoleo al romper la capa compactada, generó mayor porosidad para que las raíces crecieran y las plantas tuvieran mayor oportunidad de absorber nutrientes y aprovechar la humedad que se encontraba a mayor profundidad (López et al., 2017).

Durante la compactación, algunas características físicas del suelo como reducción de la porosidad, incrementa la densidad aparente y limita el flujo de agua durante su redistribución, por tanto, la ruptura de la compactación mejora las propiedades hidráulicas del suelo (Alonso-Báez, et al, 2023).

La tecnología se ha validado en alrededor de 300 ha de varios ejidos y predios privados de los municipios de Villaflores y Jiquipilas en coordinación la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno del



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Estado de Chiapas (SAGYP), The Nature Conservancy (TNC), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), organizaciones de productores y Presidencias Municipales (López- Báez, 2024).

En el año 2022 en el ejido Tiltepec ubicado en el municipio de Jiquipilas, Chiapas se realizó en 54 hectáreas de producción de maíz el subsoleo como parte de la rehabilitación de suelos el total de productores cooperantes fue de 27 con una edad promedio de 62 años. Con una producción promedio de 3.47 has. La aplicación de la tecnología realizada por los productores fue de una hectárea.

En promedio el 84% de los productores realizaron subsoleo y la aplicación de cal dolomítica y solo el 16% realizó únicamente subsoleo, el costo por hectárea fue de \$1,500 pesos.

El costo de producción de la tecnología de Rehabilitación de suelos compactos es de \$10,877.32 con la aplicación del subsoleo a un costo de \$1500. Con un rendimiento por hectárea de 3.59 ton, el precio de venta fue de \$6,432 por tonelada vendida, lo que genero al productor un ingreso neto de \$23, 104 pesos, al descontar los costos sobre los ingresos brutos se tiene un ingreso neto \$12,226 lo que equivale a un 53% porcentual.

Cuadro 1. Análisis de costos, rendimientos e indicadores económicos.

Nombre de la tecnología	Costo de Producción (\$/HA/UA)	Rendimiento (Ton/Kg/HA/UA)	Precio (\$/Ton/Kg)	Ingreso Bruto (\$/HA)	Ingreso neto (\$HA)	Ingreso Neto Porcentual (%)
Rehabilitación productiva de suelos compactados	10,877.32	3.59	6,432.0	23,104	12,226	53
Tecnología testigo: Suelos compactados	11,330.18	2.7	6,409.1	17,538	6,207	35

Con respecto a la tecnología testigo el costo de producción total fue de \$11, 330.18 pesos por hectárea debido a que el productor utiliza maquinaria para realizar los pasos de rastra, barbecho, arado o surcado y fertilización, el cual incrementa el costo. El rendimiento promedio fue de 2.7 ton vendido a un precio de \$6,409.1, con un ingreso neto de \$6,207 y un ingreso neto total de \$6.207.

La diferencia en el rendimiento de la tecnología testigo versus la aplicación de subsoleo a través de cincheles es de 0.9 toneladas (Figura 2). Los productores además aplicaron cal dolomítica como parte de la rehabilitación de sus suelos, el establecimiento de canavalia como cultivo de cobertera, y un acuerdo a nivel ejidal la no quema como parte de la preparación del terreno antes de la siembra.

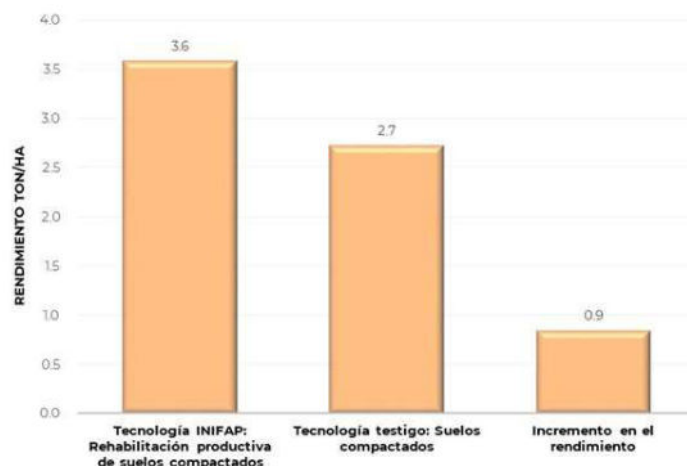


Figura 2. Diferencia en el rendimiento.

Con respecto a la tecnología testigo el costo de producción total fue de \$11,330.18 pesos por hectárea debido a que el productor utiliza maquinaria para realizar los pasos de rastra, barbecho, arado o surcado y fertilización, el cual incrementa el costo. El rendimiento promedio fue de 2.7 ton vendido a un precio de \$6,409.1, con un ingreso neto de \$6,207 y un ingreso neto total de \$6,207.

La tasa de variación de la tecnología de rehabilitación de suelos compactos es de 50% sobre la tecnología testigo.

La diferencia de los costos es mínima en relación con la tecnología de rehabilitación de suelo con la testigo, sin embargo, en los ingresos la diferencia de estos es de un 50%, lo que indica que hay un beneficio mayor a la aplicación de la tecnología.

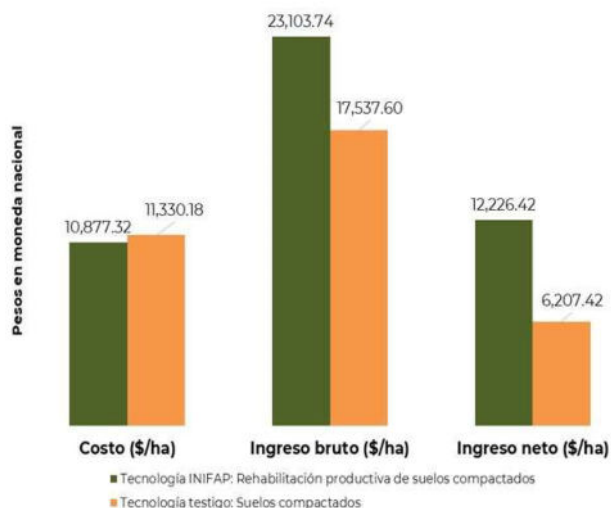


Figura 3. Análisis de costos tecnología testigo y tecnología subsoleo

Se ha validado en alrededor de 300 ha, para el cálculo de la derrama económica se consideran el número de encuestados que aplican esta tecnología, siendo esta de \$ 325,026 del total.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Conclusiones

La atención del problema de compactación requiere de una estrategia integral de carácter correctivo y preventivo que debe tomar como elemento central el rompimiento de la capa de piso de arado y elevar el contenido de materia orgánica.

Después del subsolado se deben tomar medidas para estabilizar la estructura que se ha aflojado, en primer lugar, se requiere romper el círculo vicioso suprimiendo o regulando el laboreo del suelo con maquinaria con la práctica de cero labranza. En segundo lugar, incrementar los niveles de MO en el suelo; a través, de buscar fuentes alternativas de forrajes para evitar el pastoreo de los residuos de cosecha y sembrar cultivos de cobertura.

Todos los productores encuestados que aplicaron la tecnología INIFAP afirman haber dejado de quemar el residuo del cultivo de maíz, sin embargo, es necesario sensibilizar a los productores para sigan realizando y manteniendo la practica en cuanto: no introducir ganado a sus parcelas, que empleen la labranza cero, y establezcan cultivos de cobertura, además del apoyo del seguimiento técnico, con el objetivo que la producción de mejores resultados y se vea un aumento significativo en la cosecha.

Agradecimientos: A The Nature Conservancy

Referencias bibliográficas

Alonso-Báez, M, López- Guillen G y Grajales-Solís. M. 2023. Mejoramiento de las propiedades hidráulicas del suelo en el cultivo de soya mediante el subsoleo. Revista mexicana de ciencias Agrícolas 14 (5): 78-89).

El financiero 2024. Economía. Nota periodística. en: <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2025/02/06/prohibicion-maiz-transgenico-cuanto-pais-compro-mexico-a-eu-en-2024/>

López- Báez, W; Reynoso- Santos, R; López- Martínez, J; Camas – Gómez, R y Tasistro A. 2018. Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Frailesca, Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

López- Báez, W; Reynoso- Santos, R; Camas – Gómez, R. 2017. Validación del efecto del subsoleo en el cultivo de maíz. Centro de Investigaciones Regional del Pacifico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, desplegable informativo no. 27.

López-Báez W. 2024. Programa para la rehabilitación productiva de suelos degradados cultivado con maíz en Chiapas. Folleto Técnico Núm. 39. Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas; México. 31 páginas.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2025. Anuario estadístico de la producción Agrícola. En: https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria
Tabasco

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DESARROLLO Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA CARNE PARA HAMBURGUESA UTILIZANDO CARNE DE BUFALO (*Bubalus bubalis*).

Franco L. Ruiz-Santiago^{1*}, Josafat A. Hernández-Becerra¹, Rafael García-Jiménez,
¹ Universidad Tecnológica de Tabasco.

Autor por correspondencia: fr Ruiz.tc@uttab.edu.mx

Palabras clave: Evaluación sensorial, búfalo de agua, hamburguesa

Introducción

El búfalo de agua es un rumiante domestico originario de Asia y que se ha adaptado sin complicaciones al medio ambiente de la República Mexicana especialmente los estados del sureste como Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, aunque su crianza y producción a gran escala inició apenas hace 30 años, en la actualidad existen ya alrededor de 200 000 cabezas de ganado en todo el país (SAGARPA, 2018; SENASICA, 2022). Los productores de búfalo aprovechan no solo la leche sino también la carne con la cual se elaboran diversos productos como quesos, yogur, jamón, salami, salchichas, filetes, hamburguesas y algunos más que los consumidores han aceptado ampliamente (Tamburrano y cols., 2019).

La carne de búfalo puede considerarse magra ya que solo contiene alrededor del 2% de grasa, es bajo en colesterol y aporta menos calorías que otros genotipos vacunos, el consumo de esta carne esta asociada varios efectos beneficiosos a que reduce el riesgo cardiovascular y la susceptibilidad al estrés oxidativo. Esta carne contiene mayor contenido de proteínas que la carne de otras especies y mayor contenido de los aminoácidos isoleucina, lisina, fenilalanina, tirosina, leucina, treonina, valina e histidina, aunque menos cistina, triptófano y metionina que la carne de res (Barrero, 2021). La carne de búfalo es más oscura por una mayor pigmentación y menor contenido de grasa intramuscular, tiene propiedades emulsionantes y aglutinantes necesarios para la fabricación de embutidos y otros productos cárnicos como la carne para preparar hamburguesas.

Para este proyecto se diseñó y se evaluó sensorialmente una carne para hamburguesa utilizando como materia prima carne de bufalo, con la finalidad de presentar un producto de alto valor nutricional y presentar a los consumidores un producto alimenticio de consumo común, pero elaborado con una materia prima diferente.

Materiales y métodos

Para el estudio se emplearon muestras de lomo de carne de búfalo obtenidas en el rancho “La Candelaria” empresa bufalera Lendecky, ubicado en Ranchería Otra Banda 2ª Sección, Huimanguillo, Tabasco, México. Las muestras fueron obtenidas a 4°C y molidas utilizando un molino de carne marca Torrey FG-12-SS con cedazo de 3/8”. La carne fue almacenada a -18°C hasta su procesamiento en un tiempo no mayor a 24 horas.

Se desarrollaron cinco prototipos de carne para hamburguesa partiendo de una formulación casera desarrollada por el M. en C. Roberto Rocher Cordova, profesor de la asignatura de Tecnología de Alimentos en la Universidad Tecnológica de Tabasco. Los prototipos desarrollados y el proceso de elaboración se muestran en el cuadro 1 y figura 1.

Cuadro 1: Prototipos diseñados de carne para hamburguesa

Ingredientes	HB 01*	HB 02	HB 03	HB 04	HB 05
	%				
Carne de búfalo	60.0%	70.6%	73.0%	76.7%	81.3%
Sal Yodatada	1.8%	2.1%	1.0%	0.5%	0.2%
Azúcar	0.9%	1.0%	1.0%	1.1%	1.1%
Fécula de maíz	2.4%	2.8%	0.7%	0.5%	0.3%
Lardo de Cerdo	9.0%	10.6%	10.9%	9.2%	6.5%
Pan molido	21.0%	10.6%	10.9%	10.0%	8.9%
Cebolla(molida)	2.4%	0.7%	0.7%	0.8%	0.5%
Pimienta(molida)	0.5%	0.3%	0.1%	0.2%	0.2%
Glutamato mono sódico	0.5%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%
Orégano(molido)	0.6%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%
Chile piquín	0.5%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%
Chile mulato	0.4%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%
Ajo(molido)	0.2%	0.1%	0.3%	0.5%	0.3%

*Formulación casera inicial

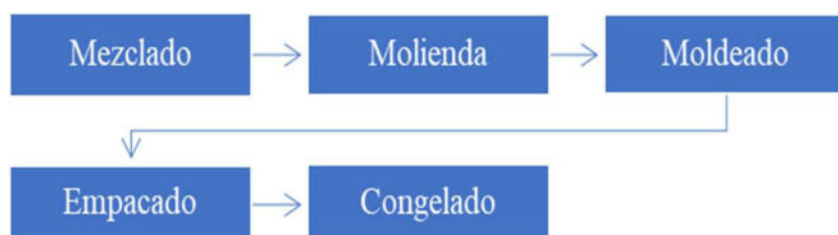


Figura 1: Proceso de elaboración de la carne para hamburguesa de búfalo

Evaluación sensorial

Los prototipos fueron evaluados sensorialmente a través de una prueba de aceptación, para seleccionar tres de las formulaciones más agradables a los jueces. Se utilizaron para ello un panel de 15 jueces no entrenados. Las formulaciones seleccionadas en esta primera evaluación fueron sometidas a una segunda prueba, donde se utilizó una escala hedónica de cinco puntos que va desde me gusta mucho (5 puntos), me gusta (4 puntos), ni me gusta ni me disgusta (3 puntos), me disgusta (2 puntos) y me disgusta mucho (1 punto) de acuerdo con la metodología recomendada por Pedrero y Pangborn, (1989). Además, se solicitó a cada juez su preferencia hacia una formulación en específico y los mejores atributos de la formulación seleccionada. Se utilizaron para ello 50 jueces no entrenados en la Universidad Tecnológica de Tabasco y la prueba se realizó en el laboratorio de análisis sensorial de dicha universidad.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Para la evaluación sensorial las muestras fueron cocinadas en aceite vegetal a 175°C por 5 minutos, fueron presentadas a los consumidores en platos desechables codificados con números aleatorios de cuatro dígitos, se distribuyeron de manera azarosa para disminuir el error sistemático y otros tipos de errores que pudieran influir en la respuesta del consumidor. Entre las muestras cada juez debía tomar agua que sirvió como borrador. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el modelo de comparación de medias en el programa MINTAB 17 y aplicando una prueba de Tukey con 5% de nivel de significancia para la separación de medias.

Resultados

Como resultado de la primera evaluación sensorial, los prototipos de carne para hamburguesa de búfalo, que presentaron mayor nivel de aceptación fueron el HB01, HB02 y HB03. Como se muestra en la figura 2, después de la segunda evaluación sensorial, los resultados muestran que el nivel de agrado de acuerdo con la escala hedónica fue que la HB03 presentó una calificación de 4.2 que en la escala hedónica corresponde a “me gusta a me gusta mucho”, mientras que las formulaciones HB01 y HB02 presentaron 3.1 y 3.3 respectivamente que en la escala hedónica corresponde a “ni me gusta ni me disgusta a me gusta”. El análisis de varianza mostro diferencias significativas en un nivel de 5% entre los prototipos HB03 con respecto al HB01 y HB02.

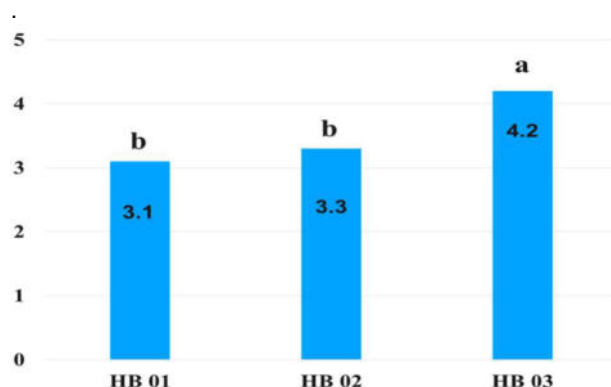


Figura 2: Nivel de agrado de cada muestra carne para hamburguesa de búfalo

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes por ANOVA con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para cada muestra.

Al cuestionar a los jueces cuál de las formulaciones le parecía mejor, se observa en la figura 3 que la formulación HB03, presentó el mayor porcentaje de aceptación con el 56%, estadísticamente las diferencias fueron significativas entre los tres prototipos evaluados, por ello se seleccionó fórmula HB03 como la definitiva, formulación que contiene 73% de carne de búfalo, 11% de lardo de cerdo y 1% de sal común. En la figura 4, se muestra que los atributos más agradables de dicha formulación fueron su sabor (52% de menciones) caracterizado por su nivel de picor, bajo contenido de sal y la presencia de sabores de las especias que contiene. Otro atributo bien calificado fue la textura con 28%, mientras que el color y olor presentaron valores más bajos.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Figura 3: Calificación global de las muestras de carne para hamburguesa.

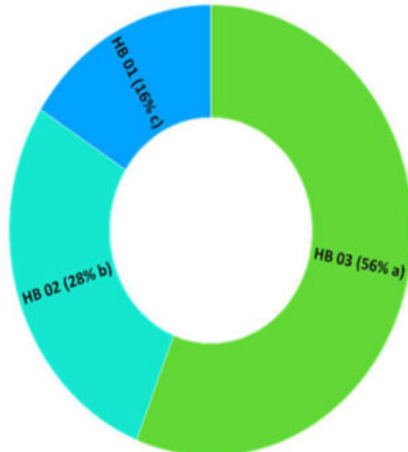
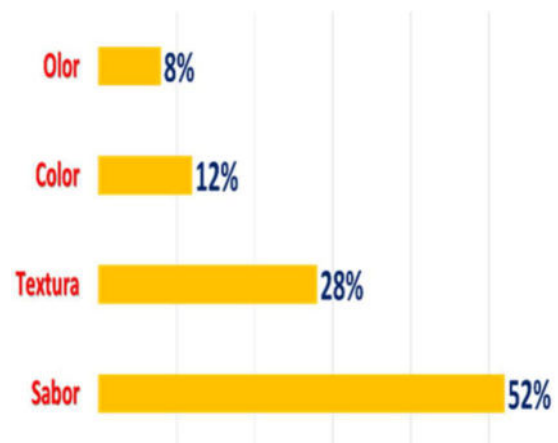


Figura 4: Evaluación por atributo de la formulación seleccionada.



*Medias con diferente letra son significativamente diferentes por ANOVA con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para cada prototipo.

Conclusiones

Después de realizar el proyecto, fue posible elaborar una carne para hamburguesa de búfalo con características sensoriales aceptables cuyo consumo puede ser una alternativa para mejorar el nivel nutricional de la población e incentivar la producción y crianza de este rumiante.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría Académica de la Universidad Tecnológica de Tabasco, el apoyo brindado para este proyecto interno

Referencias bibliográficas

- Barrero, J. A., Cruz, C. M., Casallas, J., & Vásquez, J. S. (2021). Evaluación in silico de péptidos bioactivos derivados de la digestión de proteínas presentes en la leche de bovino (*B. taurus*), oveja (*O. aries*), cabra (*C. hircus*) y búfalo (*B. bubalis*). *Tecnológicas*, 24(50), . <https://doi.org/10.22430/22565337.1731>
- Naveena, B.M., Kiran, M. (2014) Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security, *Animal Frontiers*, Volume 4, Issue 4, 18–24, <https://doi.org/10.2527/af.2014-0029>
- SAGARPA (29 de junio de 2018) Búfalo, alternativa de producción en Tabasco. <https://www.gob.mx/agricultura/tabasco/articulos/bufalo-alternativa-de-produccion-en-tabasco?idiom=es#:~:text=C%C3%A1rdenas%20y%20Huemanguillo%20son%20hasta,de%20ganado%20de%20este%20tipo.>
- SENASICA (24 de junio de 2022) Crianza de búfalo, alternativa viable para atender la demanda de carne y leche en México. <https://www.gob.mx/senasica/prensa/crianza-de-bufalo-alternativa-viable-para-atender-la-demanda-de-carne-y-leche-en-mexico-306139?idiom=es>
- Tamburrano, A., Tavazzi, B., Cinzia, A., M., Amorini, A., Lazzarino, G., Vincenti, S., Tiziana, Z., Campagna, M.C., Moscato, U., Laurentil, P. (2019) Biochemical and nutritional characteristics of buffalo meat and potential implications on human health for a personalized nutrition. *Italian Journal of Food Safety*. Volume 8:8317, 174-179. doi: [10.4081/ijfs.2019.8317](https://doi.org/10.4081/ijfs.2019.8317)

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN YOGUR BATIDO CON SABOR A MANGO DESARROLLADO A PARTIR DE LECHE DE BÚFALA (*Bubalus bubalis*).

Franco L. Ruiz-Santiago^{1*}, Josafat A. Hernández-Becerra¹, Rafael García-Jiménez¹

¹ Universidad Tecnológica de Tabasco.

Autor por correspondencia: flruiz.tc@uttab.edu.mx

Palabras clave: Búfalo de agua, yogur batido, evaluación sensorial

Introducción

La crianza de búfalos de agua en México inicio desde 1992 y en la actualidad es una alternativa de producción pecuaria, existen ya alrededor de 200,000 cabezas de ganado en todo el país donde 29 de los 32 estados ya se cuenta con la presencia de esta actividad, destacando el sureste del país como Tabasco, Campeche y Veracruz los de mayor volumen de producción (SENASICA,2022). La leche y carne de búfala destacan por ser alimentos de alto valor nutritivo y necesarios para un buen desarrollo físico y mental. La leche sobresale por ser un alimento con mayor contenido de proteínas, grasa, calcio, vitamina A y menor contenido de lactosa que lo hace más digerible (Ruiz y col., 2019).

El consumo de yogur aumentó durante los últimos años, debido a que se considera un alimento saludable dado que contiene alta densidad nutricional, es fuente de minerales, vitaminas y proteínas de alta calidad, que contribuyen de forma notoria a cubrir los requerimientos de diversos nutrientes, además que es de fácil acceso para los consumidores. En Europa, en países como España e Italia ya se comercializa el yogur de leche de búfala, es muy popular y bien aceptado por los consumidores. En México el consumo de productos lácteos derivados de la leche de búfalo aún se percibe como una experiencia gourmet, y no son comúnmente consumidos, aunque día con día se expande más el mercado (FAO,2018).

El estado de Tabasco se cuenta con alrededor de 10 mil cabezas de búfalo, distribuidos en los municipios de Huimanguillo, Comalcalco, Cárdenas, Cunduacán, Macuspana, Jalapa, Teapa, Emiliano Zapata, Tenosique, Balancán y Jonuta. Esto genera una producción considerable de leche fresca pero que solo está siendo utilizada para elaborar quesos entre los que destacan: tipo provolone, mozzarella, scamorza, y aunque pueden elaborarse otros productos altamente nutritivos como mantequilla, leche en polvo, yogurt, crema de leche, leche condensada y leche evaporada, dulces, helados, entre otras (Osorio, 2016) la población no las consume porque argumentan que su sabor y su aroma es diferente a la de la vaca tradicional.

Para este proyecto se diseñó y se evaluó sensorialmente un yogur natural saborizado con mango utilizando como materia prima la leche de búfala, con la finalidad de presentar un producto de alto valor nutricional y un producto alimenticio de consumo común como lo es el yogur, pero elaborado con una materia prima diferente.

Materiales y métodos

Toma de muestras

Para el estudio se utilizaron muestras de leche de búfala obtenidas en el rancho “La Candelaria” empresa bufalera Lendechy, ubicado en Ranchería Otra Banda 2ª Sección, Huimanguillo, Tabasco, México. Las muestras fueron obtenidas a 4°C y mantenidas así en una nevera hasta su procesamiento.

Antes del procesamiento de la leche, se realizaron los análisis fisicoquímicos y se compararon los valores con lo reportado por la bibliografía (Cuadro 1).

Cuadro 1: Análisis fisicoquímicos realizados en la leche de búfala

Análisis	Referencia
Acidez	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
Grasa butírica	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.
Densidad	NOM-F-424-S-1982, productos alimenticios para uso humano - Determinación de la densidad en leche fluida



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

pH

NORMA OFICIAL MEXICANA "Determinación de pH en Alimentos" NOM-F-317-S-1978.

Desarrollo de prototipos.

Se desarrolló un yogur natural a una concentración de 13% de sólidos no grasos, este se utilizó para desarrollar tres formulaciones de yogur batido saborizado de mango, estos fueron con 6.6% (YB 01), 10% (YB 02) y 13.3% (YB03) de mermelada de mango con la intención de lograr tener diferencias organolépticas entre los prototipos. Cabe señalar que se utilizó un cultivo láctico para la elaboración del yogur.

Evaluación sensorial

Todos los prototipos fueron evaluados sensorialmente con un grupo de 50 jueces no entrenados en el laboratorio de análisis sensorial de la Universidad Tecnológica de Tabasco. Para encontrar el nivel de agrado, se empleó una escala hedónica de 5 puntos de acuerdo con lo recomendado por Pedrero y Pangborn (1989) (1: Me disgusta mucho, 2: Me disgusta poco, 3: Ni me gusta ni me disgusta, 4: Me gusta poco, 5: Me gusta mucho). Posteriormente se le pidió a cada juez seleccionar la formulación que por sus atributos consideraba el mejor y mencionar los mejores atributos de dicha formulación seleccionada. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el modelo de comparación de medias en el programa MINTAB 17 y aplicando una prueba de Tukey con 5% de nivel de significancia para la separación de medias.

Resultados

Análisis fisicoquímicos

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico a la leche de búfala de acuerdo con lo reportado por la bibliografía se observan en el cuadro 2, además se compara con los valores para la leche de vaca.

Cuadro 2: Análisis fisicoquímico de la leche de búfala utilizada y su comparación con leche de vaca.

Parámetro	Valor obtenido	Valor en bibliografía	Valor leche de vaca ^a
Acidez(°D)	20 °D	17,60—20,11	16 - 19
Grasa butírica (%)	7.2%	4.3—9.6	3.5 – 5.25
Densidad (g/mL)	1.045	1.037—1,045	1.026 – 1.034
pH	6.8	6,66—6.75.	6.6 – 6.8

Fuente: ^a Patiño (2011)

Como se observa en el cuadro 2, la leche de búfala presenta valores de características fisicoquímicas dentro de lo reportado por Patiño (2011) y presenta mayor acidez titulable, grasa butírica y densidad que la leche de vaca, pero valores similares de pH. Es notorio un mayor contenido de grasa en la leche de búfala, esto ocasiona un mayor rendimiento en la obtención de derivados lácteos, especialmente crema y mantequilla.

Dentro de las características sensoriales que distinguen a la leche de búfala con respecto a la leche de vaca es su coloración blanca, esto gracias a la ausencia de pigmentos carotenoides, dichos pigmentos en la leche de vaca le dan un color ligeramente amarillento.

Evaluación sensorial

En la figura 1 se observan los resultados del nivel de agrado a través de la escala hedónica de los tres prototipos de yogur con leche de búfala batido con sabor a mango. Se observan valores similares en los tres prototipos ya que obtuvieron una calificación que los ubica en "Ni me gusta ni me disgusta a me gusta poco" dentro de la escala hedónica. De acuerdo con el análisis estadístico se puede interpretar que no existieron diferencias significativas entre los prototipos.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

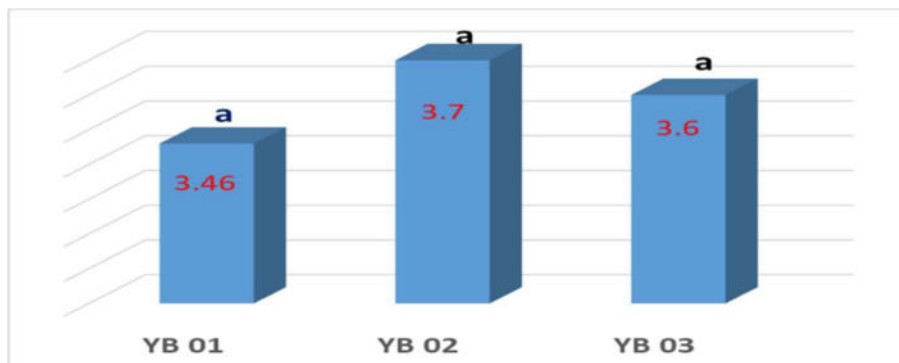


Figura 1 Nivel de agrado de cada muestra de yogur saborizado.

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes por ANOVA con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para cada muestra.

En la figura 2 se muestra la calificación global de cada uno de los prototipos presentados, donde se observa que el prototipo YB 02 (con 10% de mermelada de mango) fue el que presentó mayor calificación y de acuerdo con la figura 3 el atributo que más gusto de dicha formulación fue el sabor sobre los atributos de textura, color y olor, por ello se sugiere trabajar en la formulación, mejorar dichos atributos y con ello hacer de este posible producto más atractivo sensorialmente.

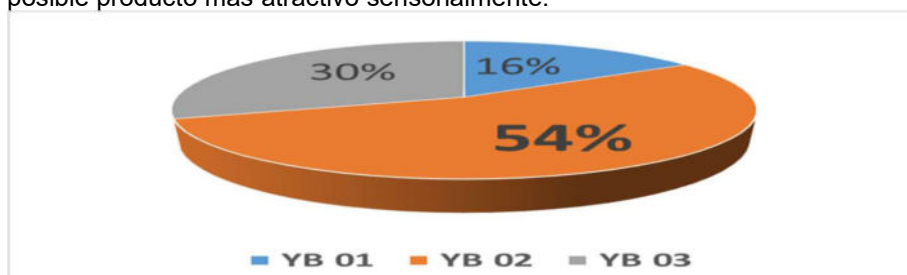


Figura 2 Calificación global de las muestras de yogur saborizado

*Medias con diferente letra son significativamente diferentes por ANOVA con la prueba de Turkey ($p < 0.05$) para cada prototipo.

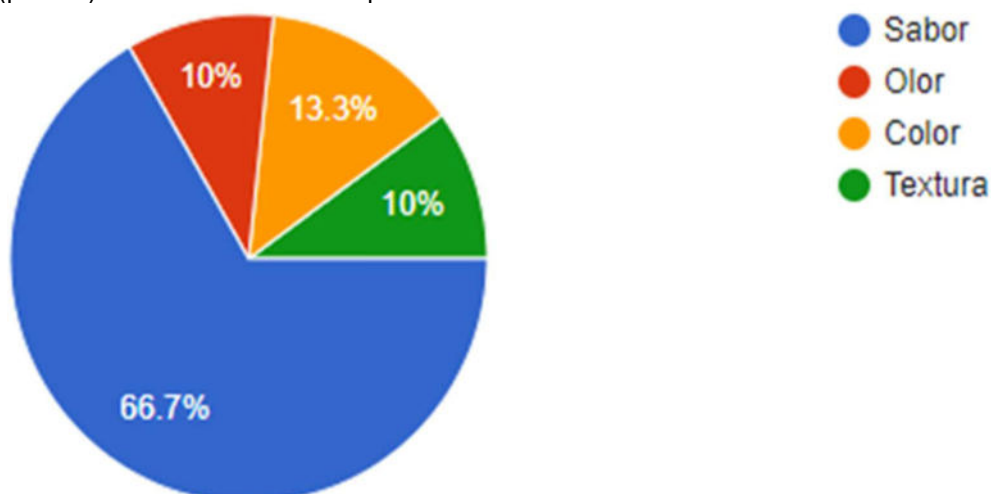


Figura 3: Calificación de cada atributo del yogur saborizado



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Aunque en la evaluación sensorial de cada prototipo, los resultados fueron similares (sin diferencia significativa) utilizando la escala hedónica, la formulación YB 02 presentó un mayor nivel de aceptación cuando se le preguntó a los jueces que formulación preferían y como se observa en la figura 3, el atributo que más gustó a los jueces fue el sabor con un 66%, esto probablemente por presentar un contenido de mango en una cantidad agradable al paladar (10%) en el producto. Estos resultados indican además que es necesario trabajar en mejorar los otros atributos como color, olor y textura cuya aceptación fue alrededor del tan solo 10%.

Conclusiones

Después de realizar el proyecto, fue posible elaborar un yogur natural batido saborizado utilizando leche de búfala con características sensoriales aceptables y que puede ser comercializado para ayudar a mejorar las condiciones nutricionales de la población, esto debido a la calidad de la materia prima.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría Académica de la Universidad Tecnológica de Tabasco, el apoyo brindado para este proyecto interno además a la empresa bufalera Lendechy por la aportación de materia prima

Referências bibliográficas

FAO (2018) Búfalo de agua. Dirección URL: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/productiondairy-animals/productiondairy-animalswater-buffaloes/es/>. Fecha de consulta: 22 de marzo de 2018.

Osorio S.D. (2016) Búfalo de agua da carne y leche sin grasas. Diario Tabasco Hoy. Dirección URL: <http://www.tabascohoy.com/nota/323605/bufalo-de-agua-da-carne-y-leche-sin-grasas>. Fecha de consulta: 16 de marzo 2018.

Patiño, E.M (2011) Producción y calidad de la leche bubalina. Rev. Tecnología en marcha, vol 24 (5), pp 25-35.

Ruiz, F.L., Hernández, J.A., García, R., Rocher, R., Valadez, A. (2019) Comparación sensorial de queso panela elaborado con leche de vaca (*Bos Taurus*) y búfala (*Bubalus bubalis*). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol 4, pp 565-570. Facultad de Ciencias Biológicas UANL. Disponible en <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/6/80.pdf>

SENASICA (24 de junio de 2022) Crianza de búfalo, alternativa viable para atender la demanda de carne y leche en México. <https://www.gob.mx/senasica/prensa/crianza-de-bufalo-alternativa-viable-para-atender-la-demanda-de-carne-y-leche-en-mexico-306139?idiom=es>



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

CUANTIFICACIÓN DE CURCUMINA POR ESPECTROSCOPIA UV-VISIBLE Y HPLC EN UNA BOTANA ELABORADA A BASE DE PLÁTANO *MUSA AAA CAVENDISH*

Angélica Alejandra Ochoa-Flores^{1*}, Sharon Camarillo-Peña¹, Josafat Alberto Hernández-Becerra², José Rodolfo Velázquez Martínez¹, Juan Guzmán-Ceferino¹

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; ²División de Procesos Industriales, Universidad Tecnológica de Tabasco; Villahermosa, Tabasco, México.

*Autor para correspondencia: angelica.ochoa@ujat.mx

Palabras clave. Cúrcuma, Curcumina, HPLC.

Introducción

En los últimos años, la búsqueda de una alimentación más saludable ha llevado a un creciente interés en los alimentos funcionales, aquellos que además de una nutrición básica ofrecen beneficios adicionales para la salud (Valenzuela y Pérez, 2016). Una tendencia importante en este campo es el reemplazo de los antioxidantes sintéticos por alternativas naturales para prolongar la vida útil de los alimentos procesados y minimizar la aparición de reacciones oxidativas (Serpa-Guerra et al., 2020). Una destacada fuente de estos antioxidantes naturales es la cúrcuma (*Curcuma longa* L.), que además de prolongar el período de almacenamiento de los productos alimenticios, puede mejorar su apariencia visual (Xu et al., 2015).

La cúrcuma ha sido utilizada como colorante de bebidas, postres o salsas y, por su capacidad antioxidante, ha sido incluida como ingrediente funcional de quesos, aceites vegetales, productos fritos, horneados y embutidos, demostrando ser una alternativa natural a los antioxidantes sintéticos como el BHA y el TBHQ (González-Albadalejo et al., 2015). El principal compuesto bioactivo encontrado en sus rizomas es la curcumina, pigmento polifenólico de color amarillo que es también el principal responsable de sus propiedades biológicas antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas y antitumorales, entre otras (Ghosh et al., 2015).

Por otra parte, Tabasco es un estado rico en recursos agroalimentarios, destacando el plátano *Musa AAA Cavendish* como uno de sus productos agrícolas más importantes (SADER, 2018). Sin embargo, aquellos frutos que no cumplen con los estándares de apariencia o tamaño son descartados para su comercialización en fresco, lo que resulta en un desperdicio significativo (Vásquez-Castillo et al., 2019); por lo que su uso en la elaboración de un alimento funcional es una forma efectiva de aprovechar este recurso, rico en compuestos bioactivos como polifenoles, fibra dietética, almidones resistentes, proteínas y minerales, entre otros (Ain et al., 2020).

El objetivo del trabajo consistió en cuantificar la curcumina incorporada a la botana elaborada a base de plátano *Musa AAA Cavendish*, utilizando las técnicas analíticas de espectroscopía UV-Visible y HPLC.

Materiales y métodos

Se utilizaron frutos (*Musa AAA Cavendish*) en fase de maduración verde 1, según la escala Von Loesecke. Los frutos fueron lavados, pelados y cortados en rodajas de 2 mm de espesor; las rodajas se sumergieron en una solución de ácido ascórbico al 0.3%, escurridas y deshidratadas a 70 °C por 5 h. Posteriormente fueron sumergidas en una solución de NaCl al 10%, escurridas y sumergidas en extractos etanólicos de cúrcuma a las concentraciones de 1, 3 o 5 mg de curcumina por mL de extracto durante 1, 3, 5, 7 o 9 min, respectivamente. Una vez concluidas las inmersiones, las rodajas fueron escurridas y freídas en aceite comercial de canola a una temperatura de 150 °C. Finalmente fueron escurridas, enfriadas a temperatura



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

ambiente y empackadas en bolsas de polipropileno para su conservación a una temperatura de 4°C hasta la realización de los análisis correspondientes.

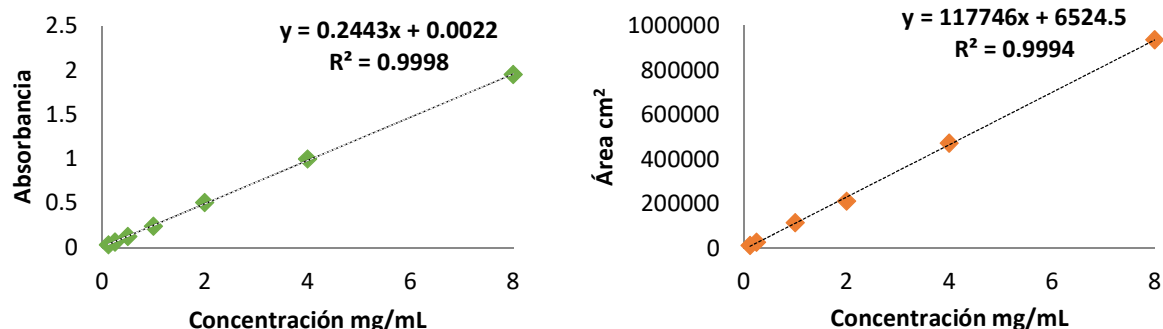
Para la cuantificación de la curcumina incorporada en la botana elaborada a base de plátano, se realizó su extracción de acuerdo con la metodología de Rathnayaka et al. (2019), con ciertas modificaciones. Se pesaron alrededor de 1 g de rodajas previamente molidas, se añadieron 10 mL de etanol absoluto y la mezcla se homogeneizó a 7,200 rpm durante 40 s para recuperar el líquido sobrenadante. Esta operación se repitió dos veces más, conjuntando los extractos en un matraz volumétrico de 50 mL y aforando con etanol absoluto. A continuación, se tomaron 10 mL de esta solución y se colocaron en un tubo cónico de plástico para su centrifugación a 4,000 rpm durante 5 min. El contenido de curcumina en los extractos etanólicos se determinó por espectrofotometría UV-Vis y Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

Para la cuantificación de curcumina en los extractos etanólicos por espectroscopía UV-Vis y por HPLC, se elaboraron curvas de calibración, empleando un estándar de curcumina grado analítico con una pureza >98%, (Supelco, 08511). La absorbancia de las soluciones se determinó a una longitud de onda de 427 nm. Para la cuantificación de curcumina por espectroscopía UV-Visible, se utilizó un espectrofotómetro SP600, Orbeco Hellige®, con un rango de longitud de onda de 330 a 900 nm. Para la cuantificación por HPLC se empleó un sistema de HPLC Waters, constituido por una Bomba binaria Waters 1525 con degasificador, un Detector UV-Visible Waters 2487, el Software Empower® 3 Chromatography Data Software de Waters y una columna Waters Econosphere C18 de 5 µm (250 x 4.6 mm). La metodología analítica utilizada fue reportada por Wichitnithad et al. (2009); esta consistió en un ensayo de fase reversa, con el empleo de un sistema isocrático a un flujo constante de 2.0 mL/min. La fase móvil estaba compuesta por acetonitrilo y ácido acético al 2% en una proporción de 40:60 (v/v). La columna se mantuvo a temperatura ambiente y la detección del compuesto bioactivo se realizó a una longitud de onda de 427 nm.

Con el propósito de evaluar la eficacia del método analítico utilizado para la cuantificación de curcumina (espectrofotometría UV-Vis y HPLC), así como el efecto de la inmersión de las rodajas de plátano en los extractos etanólicos de cúrcuma a diferentes concentraciones (0, 1, 3 y 5 mg de curcumina por mL) y tiempos de inmersión (0, 1, 3, 5, 7 y 9 minutos), en la incorporación del compuesto bioactivo, se utilizó un diseño experimental factorial completamente aleatorizado de dimensiones 2 x 4 x 6, con tres repeticiones por tratamiento. Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) y a la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el paquete estadístico Minitab 17v.

Resultados y discusión

En la Figura 1, se presentan las curvas de calibración obtenidas para la cuantificación de curcumina por espectrofotometría UV-Vis y por HPLC, respectivamente. En ambos casos se observó un comportamiento lineal y altos coeficientes de correlación de 0.9998 y 0.9994, respectivamente.





Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Figura 1. Curvas de calibración obtenidas para la cuantificación de curcumina por espectrofotometría UV-Vis (izquierda) y por HPLC (derecha).

Se llevó a cabo la cuantificación de curcumina incorporada en las botanas elaboradas a base de plátano, tanto por espectroscopía UV-Vis, como por HPLC. Del análisis estadístico de los resultados obtenidos para el contenido de curcumina en las rodajas, para cada una de las concentraciones de curcumina en los extractos (1, 3 y 5 mg/mL) y para cada uno de los tiempos de inmersión (1, 3, 5, 7 y 9 min) evaluados, así como para cada uno de los métodos de cuantificación utilizados, se encontró que la concentración de curcumina en las rodajas de plátano presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para ambas variables evaluadas, concentración de curcumina en los extractos y tiempo de inmersión, presentándose el mayor efecto para la concentración de curcumina en los extractos de inmersión. No encontrándose diferencias significativas en la cuantificación de curcumina entre los dos métodos empleados, espectrofotometría UV-Vis y HPLC.

En la Figura 2 se muestra como a medida que se incrementa la cantidad de curcumina en los extractos de inmersión, se incrementa también la concentración de curcumina en las rodajas. Por otra parte, a medida que avanza el tiempo de inmersión, la concentración del compuesto de interés se incrementa para todos los tratamientos evaluados; obteniéndose a los 9 minutos de inmersión en los extractos de cúrcuma, la concentración máxima de curcumina en las rodajas, 83.10 ± 8.14 $\mu\text{g/g}$ para C1 (1 mg/mL), 285.76 ± 8.54 $\mu\text{g/g}$ para C2 (3 mg/mL) y de 388.18 ± 18.27 $\mu\text{g/g}$ para C3 (5 mg/mL).

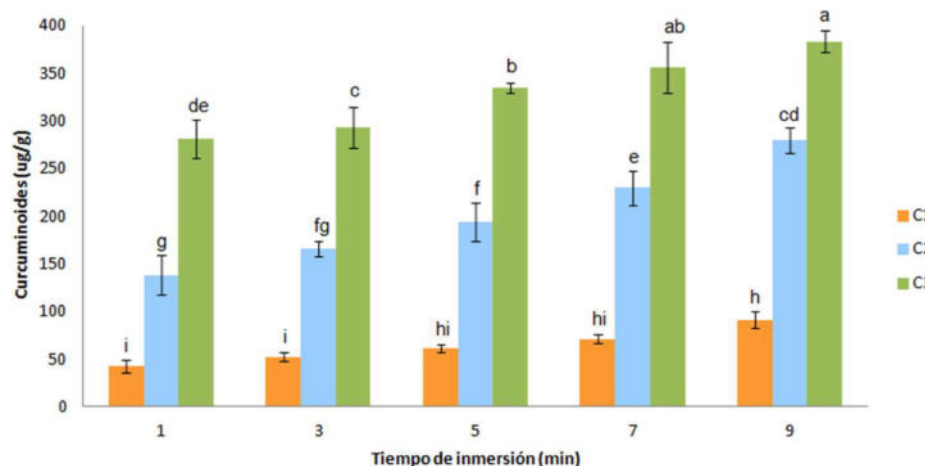


Figura 2. Contenido de curcumina en las botanas de plátano tratadas por inmersión en extractos de cúrcuma a concentraciones de 1(C1), 3(C2) y 5(C3) mg de curcumina por mL.

En cuanto a la interacción entre el tiempo de inmersión y el método utilizado para determinar la concentración de curcumina en las rodajas de plátano fritas (Figura 3), así como entre la concentración de curcumina en los extractos de inmersión y el método utilizado para determinar la concentración de curcumina en las rodajas de plátano fritas (Figura 4), se puede ver que no hay diferencias significativas en la variable de respuesta.

Los resultados de nuestro estudio indican que no hay diferencia en la cuantificación de curcumina entre ambos métodos empleados (UV-Vis y HPLC), lo que coincide con lo reportado previamente por Kadam et al. (2018). En su estudio, desarrollaron y validaron un método simple de UV-Visible y HPLC para estimar cuantitativamente la presencia de curcumina en los rizomas de cúrcuma. Los resultados obtenidos revelaron que los porcentajes de curcumina eran similares entre las dos técnicas analíticas, respaldando la eficiencia en la cuantificación de este compuesto, independientemente del método utilizado.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Este hallazgo de similitud entre dos métodos analíticos es consistente con otra investigación realizada por Salunkhe y Patil (2014). En su estudio, estos autores desarrollaron un método espectrofotométrico UV-Visible y uno de HPLC para cuantificar tanto quercetina como curcumina presentes en un producto elaborado con la inclusión de diferentes especies de plantas benéficas para la salud, entre ellas cúrcuma y gengibre. Los resultados obtenidos indicaron concentraciones del 0.132 % p/p de quercetina y del 0.25 % p/p de curcumina mediante la metodología de espectroscopía UV-Visible; mientras que por HPLC, se encontraron concentraciones de quercetina y curcumina del 0.1347 y 0.208 % p/p, respectivamente; resultando los dos métodos estadísticamente similares en lo que se refiere a la cuantificación de ambos compuestos bioactivos.

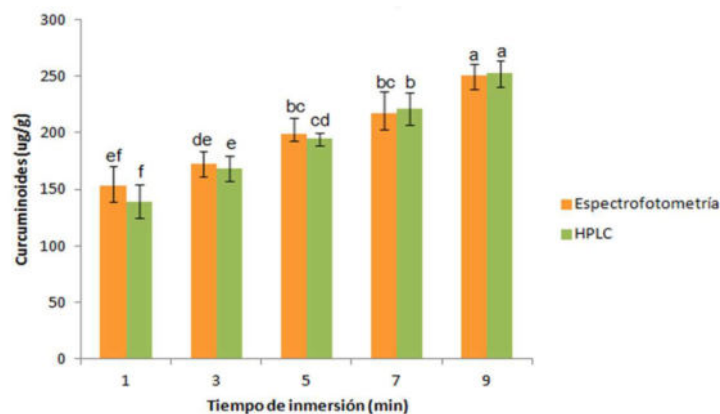


Figura 3. Interacción entre el tiempo de inmersión y el método utilizado para la cuantificación del contenido de curcumina en las botanas de plátano.

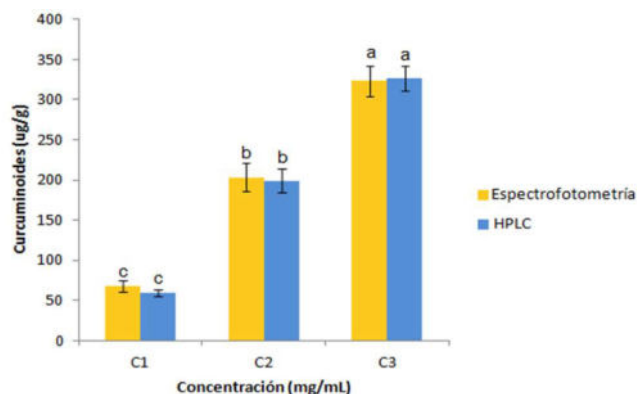


Figura 4. Interacción entre la concentración de curcumina en los extractos de inmersión y el método utilizado para la cuantificación del contenido de curcumina en las botanas de plátano.

En conjunto, estos resultados sugieren que los métodos empleados en nuestro estudio, espectroscopía UV-Visible y HPLC, son igualmente efectivos y confiables para la cuantificación de curcumina, respaldando así la validez de nuestros resultados en el contexto de la determinación de curcumina en la botana elaborada a partir de plátano. Sin embargo, es importante tener en cuenta también otros factores durante la elección del método analítico a utilizar, incluso cuando los resultados son comparables. Por ejemplo, los costos asociados al método analítico y que pueden variar significativamente, como en el uso de la metodología de HPLC que generalmente implica costos más altos elevados en términos de equipos,



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

columnas cromatográficas y solventes, en comparación con la espectrofotometría UV-Visible, que puede ser una opción más económica. Así también el tiempo necesario para completar un análisis puede ser un factor importante; la espectrofotometría UV-Visible tiende a ser una técnica rápida, en comparación con la cromatografía líquida de alta resolución. Aunque, si la muestra es especialmente compleja y contiene múltiples componentes que pueden interferir con la cuantificación espectrofotométrica, la metodología por HPLC podría proporcionar una mayor resolución y selectividad para separar y cuantificar específicamente el analito de interés (Dong, 2013).

Conclusiones

Los métodos empleados en este estudio, espectroscopía UV-Visible y HPLC, son igualmente efectivos y confiables para la cuantificación de curcumina en la botana elaborada a partir de plátano *Musa AAA Cavendish*. Sin embargo, tomando en cuenta factores como los costos asociados al empleo de la metodología de HPLC, así como el tiempo necesario para completar el análisis cromatográfico, la cuantificación espectrofotométrica de curcumina es recomendada como una herramienta eficaz bajo las condiciones probadas.

Referencias bibliográficas

- Ain, H. B. U., Saeed, F., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2020). Food Processing Waste: A Potential Source for Bioactive Compounds. *Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham.
- Dong, M. (2013). The essence of modern HPLC: advantages, limitations, fundamentals, and opportunities.
- Ghosh, S., Banerjee, S., & C. Sil, P.C. (2015). The beneficial role of curcumin on inflammation, diabetes and neurodegenerative disease: A recent update. *Food and Chemical Toxicology*, 83, 111-124.
- González-Albadalejo, J., Sanz, D., Claramunt, R. M., Lavandera, J. L., Alkorta, I., & Elguero, J. (2015). Curcumin and curcuminoids: Chemistry, structural studies and biological properties. *Anales de La Real Academia Nacional de Farmacia*, 81(4).
- Kadam, P. V., Yadav, K. N., Bhingare, C. L., & Patil, M. J. (2018). Standardization and quantification of curcumin from *Curcuma longa* extract using UV visible spectroscopy and HPLC. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5).
- Rathnayaka, R. M. M., Madhusankha, G. D. M., & Perera, O. D. A. (2019). Curcumin Ethanol Extraction and Its' Stability in Food Applications. 2019. *From Innovation to Impact (FITI)*. doi:10.1109/fiti49428.2019.9037640
- SADER (2018). Responde el campo Tabasco. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/tabasco/articulos/responde-el-campo-atabasco?idiom=es>
- Salunkhe, V. R., & Patil, S. J. (2014). UV Spectrophotometric and HPLC Method Development of Quercetin and Curcumin in Polyherbal Churna and Its Validation. In *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 4(1).
- Serpa-Guerra, A. M., Gómez-Hoyos, C., Velásquez-Cock, J. A., Vélez Acosta, L., Gañán Rojo, P., Velásquez Giraldo, A. M., & Zuluaga Gallego, R. (2020). The nanotech potential of turmeric (*Curcuma longa* L.) in food technology: A review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(11), 1842-1854.
- Valenzuela V., C., & Pérez M., P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista Chilena de Nutrición.*, 43(2).
- Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Viera, W., Moncayo, P., & Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (*Musa acuminata*) en el Ecuador. *Revista de la Universidad de las Américas.*, 10(4), 57-66.
- Wichitnithad, W., Jongaroonngamsang, N., Pummangura, S., & Rojsitthisak, P. (2009). A simple isocratic HPLC method for the simultaneous determination of curcuminoids in commercial turmeric extracts. *Phytochemical Analysis* 20(4): 314-319.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Xu, J., Ji, F., Kang, J., Wang, H., Li, S., Jin, D. Q., Zhang, Q., Sun, H., & Guo, Y. (2015). Absolute configurations and no inhibitory activities of terpenoids from curcuma longa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(24).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE ACEITE ESENCIAL DE FRUTOS Y HOJAS DE *Pimenta dioica* L. OBTENIDO MEDIANTE HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR ULTRASONICACIÓN

Josafat Alberto Hernández Becerra 1*, Angélica Alejandra Ochoa Flores 2, Mireya Martínez Rodríguez 2, Franco Lucio Ruíz Santiago 1 y Gilbert Vela Gutiérrez 3.

1 Universidad Tecnológica de Tabasco; 2 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; 3 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

*Autor para correspondencia: jahernandez.tc@uttab.edu.mx

Palabras clave: Pimienta-gorda, aceite-esencial, ultrasonicación

Introducción

En Tabasco se cultiva un árbol cuyo fruto seco es reconocido mundialmente como una de las especias más valoradas en la gastronomía internacional. Esta especia es conocida en diferentes regiones del mundo como pimienta gorda, pimienta de Jamaica, pimienta guayabita, pimienta dulce, pimienta inglesa, malagueta y pimienta Tabasco, entre otros nombres. El nombre científico de este árbol es *Pimenta dioica* (L) Merril, y se sabe es originario de las regiones tropicales de México y Centroamérica (Martínez-Pérez *et al.*, 2013). En el año 2022, México ocupó el segundo lugar a nivel global como productor de esta especia, alcanzando una producción de 10,265.34 toneladas, de las cuales los estados de Veracruz, Puebla y Tabasco fueron los principales productores (SIAP, 2022).

Los frutos secos del árbol de *P. dioica* son generalmente empleados como condimento en diversos platillos, formado parte importante en el marinado de carnes y pescados, así como dando sabor a salsas y ensaladas. Uno de sus atractivos sensoriales de esta especia consiste en que su olor y sabor son percibidos como una combinación de las especias: clavo, canela, pimienta negra y nuez moscada, razón por la cual en el mercado internacional se le conoce como "Allspice" (Andrade-Ávila *et al.*, 2022). Estos atributos sensoriales se deben a la presencia de una amplia variedad de compuestos volátiles los cuales, no solo se encuentran en los frutos, sino que también se encuentran en las hojas del árbol, pudiendo ser extraídos en forma de aceite esencial.

Los aceites esenciales son mezclas complejas conformadas por diferentes componentes cuya presencia depende de diversos factores agronómicos y del proceso de extracción. Algunos de éstos incluyen el tiempo de la cosecha, tipo de suelo, condiciones y tiempo de almacenamiento del material vegetal, entre otros (Monteiro *et al.*, 2011). En general, el aceite esencial proveniente de los frutos u hojas del árbol de *P. dioica* está compuesto principalmente por polifenoles, ligninas y terpenoides, siendo el eugenol su compuesto base. En este sentido el eugenol puede encontrándose en concentraciones que pueden variar de entre 65 y 96%. Otros componentes, concurrentemente presentes son el metil-eugenol y el mirceno, seguido de cariofileno, 1,8-cineol, α -fenaldreno, humeleno, α -pineno, limoneno y linealol entre otros (Zhang y Lokeshwar, 2012; Rao *et al.*, 2012; Andrade-Ávila *et al.*, 2022). Por lo anterior, este aceite esencial tiene un amplio uso y demanda comercial en la industria alimentaria, cosmetológica y de aromaterapia. Es destacar que lo anterior no solo es por sus propiedades sensoriales, sino que también por su demostrada actividad antioxidante, antimicrobiana y anti-carcinogénica.

Convencionalmente los métodos más empleados para la obtención de aceites esenciales son la hidrodestilación, la destilación a vapor, el prensado en frío y la extracción empleando solventes (Richa *et al.*, 2020). De los anteriores, la hidrodestilación es de los más económicos y empleados ya que implica un bajo costo de inversión debido al empleo de equipos relativamente simples, los cuales pueden ser instalados y mantenidos cerca del lugar donde se encuentra la producción agrícola (Douglas *et al.*, 2005). La hidrodestilación es una variante de la destilación a vapor, la cual consiste en humedecer por cierto tiempo la materia prima dentro de agua para posteriormente ser calentada hasta la ebullición. De esta manera, los compuestos volátiles del material vegetal son acarreados junto con el vapor de agua a un condensador donde retornan a su fase líquida y así, finalmente son separados (como aceite esencial) del



XXXVI

agua condensada (Richa *et al.*, 2020). En el afán de mejorar la rentabilidad y competitividad en la producción de aceites esenciales, en las últimas décadas se ha propuesto el empleo de diferentes tecnologías emergentes que permitan hacer más eficiente y efectiva su obtención. En este sentido, la extracción asistida por ultrasonificación es una tecnología que se caracteriza por el empleo de ondas de baja frecuencia las cuales pueden producir niveles de potencia muy altos. El uso de la ultrasonificación en productos vegetales inmersos en agua, u otro solvente, como una operación previa a la hidrodestilación o destilación vapor, ha sido recientemente propuesto y estudiado en la obtención de aceites esenciales a partir de algunas plantas aromáticas. La evidencia hasta ahora presentada indica que estos tratamientos realizados de manera previa a los procesos de extracción favorecen la obtención de aceites esenciales con mejores rendimientos y manteniendo la calidad de éstos (Nora y Borges, 2017). No obstante, diferentes factores relacionados con este tipo de pretratamientos, así como las características estructurales de la matriz biológica evaluada, pueden influir significativamente en la calidad y composición de los aceites esenciales obtenidos. En este sentido y hasta donde nos ha sido posible conocer, no se han realizado reportes en los que se indique el posible efecto sobre la calidad del aceite esencial de frutos y hojas del árbol de *P. dioica* obtenidos mediante hidrodestilación asistida por ultrasonificación. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en caracterizar los principales parámetros de calidad de aceites esenciales de frutos y hojas de *P. dioica* obtenidos mediante hidrodestilación asistida por ultrasonificación contrastándolos con los mismos parámetros estimados para aceites esenciales obtenidos empleando hidrodestilación convencional.

Materiales y métodos

Recolección y preparación del material biológico. Frutos y hojas de árboles de *P. dioica* fueron obtenidos de plantas de dos productores de pimienta gorda del estado de Tabasco, localizados en los municipios de Paraíso (18°25'25.2"N, 93°05'36.8"W) y Tacotalpa (17°36'21.1"N, 92°48'56.6"W). Los productores fueron contactados en el mes de marzo y agosto de 2024. La recolección de las muestras de hojas fue realizada entre los meses de febrero a julio y los frutos entre los meses de agosto a septiembre. Las muestras de hojas y frutos recolectados fueron trasladados al laboratorio de Análisis Especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco para su acondicionamiento, procesamiento y análisis. El acondicionamiento de las hojas y frutos frescos consistió en someterlos a un secado bajo sombra en condiciones de temperatura y humedad relativa ambiental.

Obtención de aceite esencial mediante hidrodestilación asistida por ultrasonificación (HDAU) e hidrodestilación convencional (HDC). En el caso de la HDAU, 112.3 g de recortes de hojas secas o 107.2 g de frutos secos, fueron sometidos a molienda durante 4 min empleando una licuadora comercial, obteniendo así una mezcla homogénea fina. La mezcla fue transferida cuantitativamente a un contenedor cilíndrico de acero inoxidable adicionándole 500 mL de agua destilada. A continuación, se mezcló cuidadosamente empleando una varilla de vidrio y posteriormente se introdujo la sonda de un ultrasonicador Branson Sonifier modelo 250, para así realizar el proceso de ultrasonificación. Las condiciones del tratamiento de ultrasonificación fueron, para hojas secas: potencia de salida de 40 W en modo continuo por un periodo de tiempo de 33 min. En el caso de los frutos secos las condiciones fueron: potencia de salida de 30 W en modo continuo por un periodo de tiempo de 24 min. Al término del tratamiento de ultrasonificación, la mezcla fue trasvasada cuantitativamente a un matraz redondo de 2L ensamblándolo a un equipo Clevenger y éste a su vez a un condensador Allihn. Para asegurar un adecuado control de la intensidad del calentamiento aplicado al sistema durante la hidrodestilación, parte del matraz de fondo redondo fue inmerso en un baño de glicerol el que a su vez fue calentado empleando una placa de calentamiento eléctrica (Figura 1). La temperatura del baño de glicerol se mantuvo en $130 \pm 4^\circ\text{C}$. La hidrodestilación se llevó a cabo por 180 minutos, recolectando el aceite esencial contenido en el equipo Clevenger a los 10, 20, 30, 60, 90, 120 y 180 minutos y posteriormente conjuntándolo. Para el caso de la HDC, el proceso de obtención de los aceites fue similar a lo descrito para la HDAU, omitiendo únicamente el tratamiento de ultrasonificación.

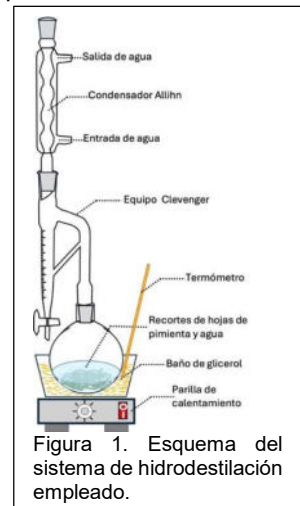


Figura 1. Esquema del sistema de hidrodestilación empleado.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Caracterización de aceites esenciales. Los aceites obtenidos por HDAU y HDC fueron sometidos a análisis fisicoquímicos y cromatográficos con el fin de contrastar e identificar posibles cambios significativos entre los aceites esenciales. Los análisis realizados fueron los establecidos en la norma ISO 4729:1984 (Aceite de hoja de *P. dioica*) e ISO 3043:1975 (Aceite de frutos de *P. dioica*). Las metodologías empleadas fueron las establecidas en las siguientes normas: ISO 279:1988(E) para densidad relativa, ISO 280:1998(E) para índice de refracción a 20°C, ISO 875:1999(E) para determinar la miscibilidad en etanol al 70% (v/v). Por otra parte, se analizó el contenido de fenoles solubles totales en base al método reportado por Vasile *et al.* (2017) y la actividad antioxidante mediante el método reportado por Contreras-Moreno *et al.* (2017).

Análisis Cromatográfico de eugenol y metileugenol por CG-FID. De cada aceite esencial se pesaron alrededor de 0.0100 g, registrando el peso exacto alcanzado. A continuación, se adicionaron 1 mL de una solución del estándar interno 2-isopropil-fenol en hexano (11 mg mL⁻¹). La solución previamente obtenida fue complementada a 5 mL con hexano. 1 mL de esta solución fue inyectado en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer modelo AutoSystem XL equipado con una columna capilar Perkin Elmer Elite Series PE-225 (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm). La composición de la fase está constituida por 50 % Cyanopropylmethyl - 50 % Phenylmethylpolysiloxane. El gas acarreador empleado fue Helio. La temperatura del inyector y detector FID fue ajustado a 280 °C. La temperatura de la columna inicio a 50 °C y fue mantenida así por 5 min, entonces se incrementó a 6 °C min⁻¹ hasta alcanzar 200 °C, manteniéndola temperatura por 0.5 min, después se incrementó la temperatura a 10 °C min⁻¹ hasta alcanzar 240 °C, manteniendo esta temperatura por 10 min. La cuantificación de eugenol y metil-eugenol se realizó empleando el método de estándar interno (SI), usando 2-isopropil-fenol como SI. La identificación de los picos del eugenol y metil-eugenol fue realizada por comparación de los tiempos de retención observados para los estándares de eugenol y metil-eugenol y por enriquecimiento de muestras de aceite esencial con pequeñas cantidades de los estándares (Figura 2). La cuantificación del eugenol y metil-eugenol fue estimada usando los factores de respuesta (FR) calculados por inyección de soluciones de concentración conocida de eugenol y metil-eugenol (0.2 a 4.1 mg/mL) conteniendo 2-isopropil-fenol (SI) a una concentración de 2.21 mg mL⁻¹.

Análisis estadístico de los resultados. Resultados derivados de los análisis de caracterización de aceites esenciales obtenidos mediante HDAU y HDC fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con posterior comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$) con el fin de estimar diferencias entre ambos tipos de hidrodestilación. Para ello se empleó el software Minitab (©2022 Minitab, LLC. All Rights Reserved).

Resultados y discusión

El aceite esencial obtenido a partir de los frutos secos de *P. dioica* alcanzó un rendimiento de 1.604 ± 0.073 g/100 g, para el caso de la HDAU y de 1.594 ± 0.026 g/100 g en el caso de la HDC. Por otro lado, los rendimientos de aceite esencial obtenidos de las hojas secas fueron de 2.130 ± 0.100 g/100 g el caso de la HDAU y de 2.139 ± 0.098 g/100 g en el caso de la HDC. Es de destacar que no se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los rendimientos observados para la HDAU y la HDC aplicadas tanto a los frutos como a las hojas secas de *P. dioica*. Lo anterior es importante ya que, bajo las condiciones evaluadas, la HDAU no demostró tener ventaja sobre la HDC. En cuanto a los rendimientos alcanzados para el caso de las hojas secas, éstos se encontraron dentro del rango de 0.5 a 3 % reportado en diferentes estudios. No siendo este el caso de los rendimientos alcanzados para los frutos en donde el rango reportado en distintos estudios se encuentra entre 3.3-4.5% (Douglas *et al.*, 2005).

En cuanto a la caracterización fisicoquímica de los aceites obtenidos por HDAU y HDC, se encontró que para el caso de los aceites obtenidos de frutos secos mediante HDAU, éstos mostraron diferencia significativa únicamente en el parámetro de densidad relativa, siendo los valores de los demás parámetros muy similares (Cuadro 1).



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Cuadro 1. Caracterización de aceites esenciales de frutos secos de árboles de *P. dioica*, obtenidos mediante HDC y HDAU.

	HDC	HDAU
Densidad Relativa (d_{20}^{20})	1.0201 $\pm$ 0.0034 b	1.0335 $\pm$ 0.0002 a
Índice de refracción (n_D^{20})	1.5272 $\pm$ 0.00007 a	1.52725 $\pm$ 0.00007 a
Miscibilidad en alcohol al 70% a 20 °C	1.2 $\pm$ 0.0 a	1.2 $\pm$ 0.0 a
Fenoles Solubles Totales (mg Eq AG/100g)	79.30 $\pm$ 1.75 a	76.92 $\pm$ 1.87 a
DPPH (μ mol Eq Tx/100g)	426.9 $\pm$ 25.8 a	416.4 $\pm$ 25.1 a
Eugenol (mg/g)	570.70 $\pm$ 21.30 a	564.91 $\pm$ 12.16 a
Metileugenol (mg/g)	220.69 $\pm$ 6.72 a	220.31 $\pm$ 2.51 a

*Valores que no comparten letra entre los tratamientos (HDC y HDAU) son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor mostrado corresponde al valor medio $\pm$ desviación estándar de tres réplicas.

Por otro lado, en el caso de los aceites esenciales extraídos de hojas mediante HDAU y HDC, se encontraron diferencias significativas en el índice de refracción, la miscibilidad en alcohol al 70% (v/v), el contenido de fenoles solubles totales y en la actividad antioxidante (DPPH). De lo antes indicado, es de resaltar el caso de los fenoles solubles totales los cuales, al parecer disminuyeron debido al efecto de los tratamientos de ultrasonificación al que fueron sometidos las hojas secas. Esto podría estar relacionado con posibles cambios químicos en algunos componentes sensibles presentes en este tipo de material biológico, lo que dificultó su volatilidad durante la etapa de hidrodestilación. Lo anterior podría representar una desventaja en el uso de los tratamientos de ultrasonificación. No obstante, aunque la diferencia es estadísticamente significativa, la reducción real fue de tan solo 6.5 % para los fenoles solubles totales y del 2.4 % para la capacidad antioxidante (DPPH) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización de aceites esenciales de hojas secas de árboles de *P. dioica*, obtenidos mediante HDC y HDAU.

	HDC	HDAU
Densidad Relativa (d_{20}^{20})	1.0589 $\pm$ 0.0085 a	1.04140 $\pm$ 0.0001 a
Índice de refracción (n_D^{20})	1.5271 $\pm$ 0.00007 b	1.5281 $\pm$ 0.00007 a
Miscibilidad en alcohol al 70% a 20 °C	1.200 $\pm$ 0.000 a	1.150 $\pm$ 0.000 b
Fenoles Solubles Totales (mg Eq AG/100g)	93.61 $\pm$ 2.05 a	87.50 $\pm$ 0.33 b
DPPH (μ mol Eq Tx/100g)	467.52 $\pm$ 3.01 a	456.08 $\pm$ 3.93 b
Eugenol (mg/g)	771.80 $\pm$ 26.90 a	753.54 $\pm$ 5.98 a
Metileugenol (mg/g)	13.32 $\pm$ 1.94 a	9.45 $\pm$ 0.05 a

*Valores que no comparten letra entre los tratamientos (HDC y HDAU) son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Cada valor mostrado corresponde al valor medio $\pm$ desviación estándar de tres réplicas.

En cuanto a la cuantificación de eugenol y metil-eugenol empleando cromatografía de gases con un detector de ionización de flama (FID) puede observarse en las figuras 2a y 2b que el eugenol es el compuesto más abundante. No obstante, en el caso del aceite esencial de frutos secos (Figura 2b), se observa otro compuesto casi tan abundante como el eugenol, siendo este el metil-eugenol. Lo anterior contrasta con los análisis realizados a los aceites esenciales de hojas secas en donde la presencia del metil-eugenol fue muy reducida (Figura 2a). Las concentraciones de eugenol y metileugenol estimadas en cada uno de los tipos de aceite analizados se muestran en los cuadros 1 y 2 no observando diferencia significativa en la concentración de este componente en los distintos aceites obtenidos por HDAU y HDC. Lo anterior indica que el empleo de la ultra-sonicación no genera cambios significativos en contenido de eugenol y metileugenol.

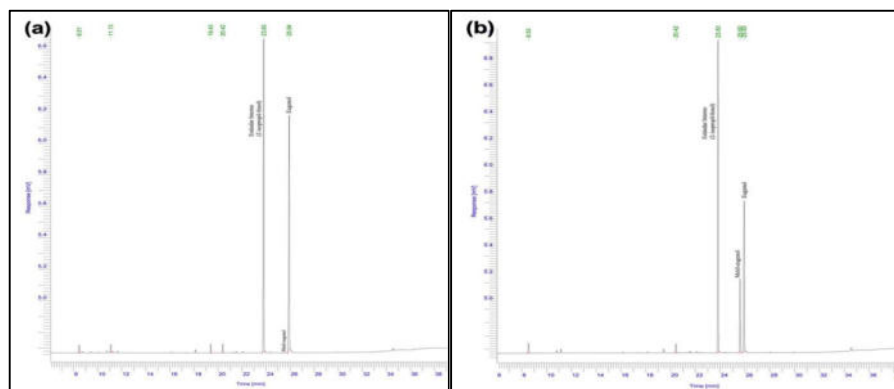


Figura 2. Cromatogramas (CG-FID) de aceites esenciales de (a) hojas secas y (b) frutos secos de *P. dioica*.

Conclusiones

Las condiciones de HDAU empleada en la obtención de aceite esencial de frutos secos de *P. dioica* no provoca cambios significativos en la mayoría de los parámetros de calidad y principales componentes de dicho aceite en comparación con la HDC. Por otra parte, en el caso de los aceites obtenidos a partir de hojas secas, la HDAU generó solo ligeros cambios en el aceite obtenido en comparación con la HDC, principalmente en el contenido de fenoles y actividad antioxidante. Lo anterior podría ser de relevancia si se considera su uso en función de sus propiedades funcionales.

Agradecimientos

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET) por el apoyo financiero brindado.

Fuente financiadora

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCYTET) a través del proyecto "Proceso de extracción asistida por ultrasonificación para la obtención de aceite esencial de hojas y frutos de *Pimenta dioica* (L)". Clave del proyecto PRODECTI-2023-01/61.

Referencias bibliográficas

- Martínez-Pérez, D., Hernández-García, M., and Martínez-González, E. (2013). La pimienta gorda en México (*Pimenta dioica* L. Merril): avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola. Cultivo Pimienta. Cíclicos-Perennes. Modalidad Riego+Temporal. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Andrade-Ávila, Y., Cruz-Olivares, J., and Pérez-Alonso, C. (2022). Antioxidants effect and medicinal properties of allspice essential oil. In Santana-DeOliveira, M., DeAguiar- Andrade, E., and Blumenberg, M., editors, Essential oils - Advances in extractions and biological applications. Biochemistry. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.103001.
- Monteiro OS, Souza AG, Soledade LEB, Queiroz N, Souza AL, Mouchrek Filho VE (2011). Chemical evaluation and thermal analysis of the essential oil from the fruits of the vegetable species *Pimenta dioica* Lindl. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 106(2):595-600. DOI: 10.1007/s10973-011-1438-4
- Zhang L, Lokeshwar L,B. (2012). Medicinal properties of the Jamaican pepper plant *Pimenta dioica* and allspice. Current Drug Targets.13(14):1900-1906. DOI: 10.2174/138945012804545641
- Rao PS, Navinchandra S, Jayaveera K. An important spice, *Pimenta dioica* (Linn.) Merrill: A Review (2012). International Current Pharmaceutical Journal. 1(8):221-225. DOI: 10.3329/icpj.v1i8.11255



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

- Richa, R., Kumar, R., Shukla, R., and Khan, K. (2020). Ultrasound assisted essential oil extraction technology: New boon in food industry. *SKUAST Journal of Research*, 22(2):78–85.
- Douglas, M., Heyes, J., and Smallfield, B. (2005). Herbs, spices and essential oils. post-harvest operations in developing countries. Technical report, Institute for Crop and Food Research Inc.
- Nora, F. and Borges, C. (2017). Ultrasound pretreatment as an alternative to improve essential oils extraction. *Ciencia Rural*, 47(9).
- Organización Internacional de Normalización. (1984). Oil of pimento leaf [Pimenta dioica (Linnaeus) Merrill] (ISO 4729). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/10712/232a0b024dc948ffa00e39e0ea795545/ISO-4729-1984.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (1975). Oil of pimento Berry (ISO 3043). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/8131/fb138fd72cdb47078119065f46517946/ISO-3043-1975.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (1988). Essential oils -Determination of relative density at 20°C – Reference method (ISO 279). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/25308/17ce247df4814c8ba147d3e9f8f711ff/ISO-279-1998.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (1998). Essential oils -Determination of refractive index - (ISO 280). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/25309/e2cabd396fa9415796985ecd592814b1/ISO-280-1998.pdf>
- Organización Internacional de Normalización. (1999). Essential oils -Evaluation of miscibility in ethanol - (ISO 875). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/5260/fc81717b25e6489cbb3fd7a0f63ca7e8/ISO-875-1981.pdf>
- Contreras-Moreno, B., Diaz, L., Celis, M., Rojas, J., Méndez, L., Rosen- Zweig, P., and Ontiveros, J. (2017). Actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de *Pimenta racemosa* Var. racemosa (mill.) J.W. Moore (myrtaceae) de tachira - Venezuela. *Ciencia e Ingeniería*, 38(3):223–232.
- Vasile, C., Sivertsvik, M., Mitelut, A., Brebu, M., Stoleru, E., Rosnes, J., Tanase, E., Khan, W., Pamfil, D., Cornea, C., Irimia, A., and Popa, M. (2017). Comparative analysis of the composition and active property evaluation of certain essential oils to assess their potential applications in active food packaging. *Materials*, 10(45):ma10010045.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

IMPLEMENTACION DEL CULTIVO DE HONGOS *Pleurotus ostreatus* EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES (BACAL Y JOLOCHE DE MAÍZ).

Pamela Arroyo Falconi^{1*}, Jesús de la Cruz Kristal de María¹, Hernández Vélez Rosa Margarita¹.
Hernández Méndez Margarita¹. Morales Cruz Roberto¹.

Tecnológico Nacional de México; Instituto Tecnológico de Villahermosa.

*Autor para correspondencia: pamela.af@villahermosa.tecnm.mx

Palabras clave. Residuos agroindustriales, *Pleurotus Ostreatus*, Cultivo de hongos.

Introducción

El *Pleurotus ostreatus*, es un hongo comestible, considerado un componente alimenticio de gran valor nutricional, ya que se caracteriza por tener un alto contenido de proteínas que contienen todos los aminoácidos esenciales. (Gaitán- Hernández, 2002). Su composición nutricional, en macronutrientes, presenta un significativo contenido, en materia seca, proteínas (17-42%) bajo contenido de carbohidratos (37-48%), Grasas (0.5-5%), y, considerable contenido de fibra (24-31%) y vitaminas. La composición, en micronutrientes (minerales), encontrados en el cuerpo fructífero del hongo *Pleurotus ostreatus*, comúnmente llamado seta de ostra, son el potasio como elemento mayoritario, seguido por el fósforo, magnesio, sodio, calcio, hierro, zinc, manganeso y cobre (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014, Carrasco *et al.*, 2017). Estas propiedades nutricionales presentes en la seta de ostra, cultivada en residuos agroindustriales convierten este hongo en un alimento altamente nutritivo, el cual podría ser incorporado en la dieta diaria para su consumo, para mejorar la salud de las personas, la nutrición y controlar enfermedades como anemia, diabetes, colesterol, entre otras (Nieto-Juárez, 2020).

La búsqueda de nuevas fuentes de nutrientes probablemente sean retos que enfrentan las futuras generaciones, frente al crecimiento geométrico de la población. El cultivo y producción de hongos comestibles emerge como una alternativa de alto valor biológico, económico y ecológico, por cuanto se sustenta en el aprovechamiento de los desechos agroindustriales (Durand, 1997).

Esto aunado al hecho de que a nivel mundial los hábitos alimentarios poco saludables siguen siendo uno de los principales factores que contribuyen a la carga mundial de morbilidad. De igual manera, los impactos ambientales de la producción agrícola representan una fuente de morbilidad y mortalidad (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023).

En la actualidad en México, se presentan carencias en las dietas alimenticias de los habitantes; manifestándose con frecuencia en desnutrición afectando a personas, especialmente infantes, ya que, al tener alimentos limitados o carentes de los nutrientes y vitaminas necesarias, las enfermedades y deficiencias se hacen presente. En 2023, el CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) publicó cifras de inseguridad alimentaria severa, donde Tabasco se lleva el puesto más preocupante con 436,000 personas sin alimentación adecuada o llegando a condiciones de desnutrición, que causan enfermedades y muerte en adultos mayores e infantes.

Por ello este trabajo tiene como objetivo la estandarización e implementación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* utilizando residuos agroindustriales como bacal y joloché de maíz, abundantes en la región ya que podría representar una alternativa para el consumo humano tanto en zonas urbanas y rurales de escasos recursos, debido a que cuenta con altos niveles de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. Es por eso, que se buscan estrategias para optimizar las técnicas de cultivo de este hongo comestible altamente nutritivo, de bajo costo para el alcance de la población.

Materiales y métodos

A continuación, se describe la metodología de cultivo utilizada.

Tratamiento del sustrato: Tratamiento #1: Cal + Cloro; Tratamiento #2: Cal + Agua; Tratamiento #3: Cloro + Agua; Tratamiento #4: Cal + Baño María a 80°C por 2 h. (Tabla 1).

Siembra: Se colocó el sustrato en bolsas de polietileno, haciendo una “cama” de 5 cm de grosor. Se adicionó el inoculo del hongo esparciéndolo por las paredes de la bolsa sin llenar completamente, para luego compactar el contenido. Las bolsas fueron cerradas y rotuladas con nombre y fecha.

Incubación: Fase oscura: sin luz directa e indirecta. Condiciones de humedad del 60-80% y temperaturas de 19 °C, con supervisión diaria para evitar plaga o contaminación.

Fase Luminosa o Fructificación: Habiéndose colonizado por micelio, las condiciones del cultivo cambiaron manteniéndose una humedad de 80-95% y a temperaturas de 20-26°C, con luz directa e indirecta durante 12 hrs, y con suficiente aireación. En esta etapa se produce la aparición de primordios.

Cosecha: Después de la aparición de primordios, 5 días después el hongo fructificó, listo para su cosecha. Cuidando del corte desde la base del pie para procurar nuevos brotes.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento #1 (Cal + Cloro)	Bacal y Joloché de maíz	1.86 kg de Sustrato 2 lt de Cloro 200 gr de Cal 100 gr de Inóculo 80 lt de Agua
Tratamiento #2 (Cal + Agua)	Bacal y Joloché de maíz	1.80kg de Sustrato 100 gr de Inóculo 80 lt de Agua 200 gr de Cal
Tratamiento #3 Cloro + Agua	Bacal y Joloché de maíz	1.80 kg de Sustrato 80 lt de Agua 100 gr de Inóculo 2 lt de Cloro
Tratamiento #4 (Cal + Baño María)	Joloché de maíz	1.80 kg de Sustrato 100 lt de Agua 200 gr de Cal 100 gr de Inóculo

Resultados y discusión

Estandarización de las condiciones para la producción de biomasa del hongo *Pleurotus ostreatus* en bacal y joloché de maíz.

Después de los tratamientos empleados se encontró que solo el tratamiento T2 en su etapa de incubación presentó contaminación con otros hongos, entre ellos *Trichoderma*, *Aspergillun níger* y *Aspergillus fumigatus*, considerándose que este tratamiento no fue el adecuado. Con respecto a los demás tratamientos T1, T3 y T4 se obtuvieron cosechas entre 7, 5 y 2 días después de la fructificación siendo el tratamiento T4 el menor tiempo de cosecha la cual se realizó en 2 días.

En la Tabla 2 se describen las condiciones y los tiempos de fructificación del micelio y cosecha del hongo, especificando los parámetros óptimos de Humedad y Temperatura alcanzados en sus respectivas fases.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Se puede observar que en la fase de incubación en el tratamiento 1, debido a las temperaturas elevadas y baja humedad, el micelio tuvo retraso en su desarrollo, durante la fase luminosa o fase de fructificación la cual fue de 3 semanas, mientras que en los tratamientos T3 y T4 fue de 2 semanas, en donde las condiciones climáticas fueron mejorando, favoreciendo la formación de primordios y cuerpos fructíferos en menor tiempo.

En la Tabla 3 se presenta el tiempo total de los cultivos en los diferentes tratamientos evaluados siendo de 63 días para el T1, 54 días para el T3 y de 37 días para el T4. Por lo que se determina que el T4 fue el tratamiento más adecuado para la obtención de la cosecha de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 2. Velocidad de crecimiento.

Tratamiento.	Fase Oscura Incubación.	Fase luminosa Fructificación.	Cosecha.
Tratamiento #1 (1ra. cosecha)	Semana 1	Semana 6	7 días después de la fructificación.
	Semana 2	Semana 7	
	Semana 3	Semana 8	
	Semana 4		
	Semana 5		
	T. Pr=30.4°C	T. Pr = 27.9°C	
	H = 59%	H = 59%	
Tratamiento #2 (2da. cosecha)	Contaminado con larvas, <i>Trichoderma</i>, <i>A. niger</i> y <i>A. fumigatus</i> Por jolote en mal estado.		
Tratamiento #3 (3ra. cosecha)	Semana 1	Semana 6	5 días después de la fructificación.
	Semana 2	Semana 7	
	Semana 3		
	Semana 4		
	Semana 5		
	T. Pr=28.6°C	T. Pr = 27.2°C	
	H = 53%	H= 73.5%	
Tratamiento #4 (4ta.cosecha):	Semana 1	Semana 4	2 días después de la fructificación.
	Semana 2	Semana 5	
	Semana 3		
	T. Pr= 26.9°C	T. Pr = 26.2°C	
	H= 75%	H= 80%	

Cuadro 3. Días de cultivo totales.

No. tratamiento.	Días totales de Incubación.	Días totales de Fructificación.	Días totales de cosecha.	Días totales.
1do	35 días	21 días	7 días	63 días
2do		Sin crecimiento, contaminado.		
3do	35 días	14 días	5 días	54 días
4do	21 días	14 días	2 días	37 días

Nota: El conteo total de días, toma en cuenta los días sábado y domingo.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Características organolépticas del *Pleurotus ostreatus*

Las características organolépticas del hongo, obtenidas en cada tratamiento, se describen en la Tabla 4.

Cuadro 4. Características organolépticas del hongo.

Cepa	Sustrato	Tratamiento	Forma	Olor	Sabor	Tamaño	Consistencia
<i>Pleurotus ostreatus.</i>	Bacal y joloche de maíz	#T1 Cal + Cl*	Estípote alargado, bordes planos	Olor ligero, casi neutro.	Sabor fúngico, neutro.	6.7 x 7 cm	Húmeda, carnosa, aterciopelada.
		#T2 Cal + A*	Contaminado.				
		#T3 Cl + A*	Sombrero con bordes hacia abajo, tipo campana.	Olor suave, fúngico dulce.	Sabor dulce, fúngico.	9.7 x 7.3 cm	Húmeda, carnosa, aterciopelada.
	Joloche de maíz	#T4 B.M*	Sombrero amplio con bordes curvos hacia abajo.	Olor fúngico intenso, dulce.	Sabor dulce, agradable.	11 x 11 cm	Carnosa, húmeda, suave.

*#T1 Cal + Cl = Cal + Cloro; *#T2 Cal + A = Cal + Agua; *#T3 Cl + A = Cloro + Agua; *#T4 Cl + A = Cal + Baño María

Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo se abarcaron dos estaciones del año; primavera y verano. Se observó que durante la temporada de primavera donde los picos de calor fueron altos en el Estado de Tabasco, a partir del 17 de marzo a los últimos días del mes de junio (T1), se obtuvieron tiempo más prolongado en el desarrollo del micelio y la productividad del cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato Bacal y Joloche de Maíz. Cabe mencionar que con el inicio del verano se presentó un descenso de temperatura y un aumento en la humedad relativa, lo que favoreció la formación de primordios, y la fructificando en un menor tiempo, que se refleja en la disminución en los tiempos de cosecha de los tratamientos T3 y T4.

En el caso de T4, no solo se disminuye el tiempo de incubación a 37 días, también se obtuvo la mayor cantidad de cuerpos fructíferos y las mejores características organolépticas del producto, cuyo tamaño del sombrero promedio fue de 11 cm x 11 cm con una consistencia carnosa, húmeda y suave. Por lo que se concluye que el Tratamiento T4, presentó los mejores resultados con un mayor rendimiento en cuanto a cuerpos fructíferos y cosechas.

Se recomienda utilizar la técnica de cultivo del tratamiento T4 para la cosecha de *Pleurotus ostreatus* en donde el sustrato se somete a un tratamiento térmico en Baño María a 80°C por 2 h más cal. Siendo el tratamiento T2 (Cal + Agua), el menos recomendado ya que el cultivo no fue exitoso y se contaminó durante las primeras semanas de incubación y tuvo que ser desechado.

Referencias bibliográficas

Campos, J., y Arregui, R. (2014). *Diferencias fundamentales entre los hongos y las plantas: La ausencia de Clorofila y la presencia de Glucógeno en los tejidos*. *Revista de Biología Comparativa*, 10(1), 22-29.



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Carrasco-González JA, Sema-Saldívar SO, Gutiérrez-Urbe JA. (2017). Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. *J Food Compost.* 58:69- 81.

Cha, H. J. (2005). *The impact of environmental conditions on pest prevalence in oyster mushroom cultivation.* *Journal of Agricultural Science*, 24(3), 213-221.

Chang, S. T., y Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* (2ª ed.). CRC Press. Deepalakshmi, K., y Mirunalini, S. (2014). *Impact of *Pleurotus* spp. on intestinal microbiota and obesity: Evidence from animal studies.* *Journal of Functional Foods*, 7, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.018>

Carrasco-González JA, Sema-Saldívar SO, Gutiérrez-Urbe JA. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. *J Food Compost.* 2017; 58:69-81.

Durand, N., Zancan, M., & Leite, R. (1997). El cultivo de hongos comestibles como alternativa sostenible para la producción de alimentos. *Revista de Biología Tropical*, 45(1).

Fletcher, J. T., White, P. F., y Gaze, R. H. (2017). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact* (2nd ed.). CRC Press.

Flores, M., y Contreras, L. (2012). *El papel de los hongos en los ecosistemas: Degradación de residuos y reciclaje de compuestos orgánicos.* **Revista de Ecología y Medio Ambiente**, 7(2):35-47.

Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez-Merlo, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas.* Instituto de Ecología A.C.

García-Guzmán, J., Pérez-Morales, A., y Rodríguez-Hernández, C. (2019). *Crecimiento de la producción de *Pleurotus ostreatus* y su impacto en la agricultura sostenible.* **Revista de Agricultura y Sostenibilidad**, 12(3):98-110.

Ghaly IS, Ahmed ES, Booles HF, Farang I, Nada SD. (2011) Evaluation of antihyperglycemic action of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and its effect on DNA damage, chromosome aberrations and sperm abnormalities in streptozotocin- induced diabetic rats. *Global Veterinaria* 7:532-544

Huitrón, C. (2020). *Valor nutricional y beneficios para la salud de los hongos comestibles.* **Revista de Nutrición y Salud**, 18(2):45-58.

Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., & Reyes-López, W. A. (2020). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(4), 422–431.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Estudio sobre el consumo per cápita de hongos comestibles en México y proyecciones futuras.* Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_pobreza_evaluacion_2022/Tabasco.pdf



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

EVALUACIÓN Y EFECTO DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ALIMENTACIÓN CON RECURSOS LOCALES EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE HUEVO DE GALLINA, EN TRES COMUNIDADES DE LA CHONTALPA TABASCO, MÉXICO.

Alejandra del Carmen García-Medina^{1*}, Hilario Becerril-Hernández¹, Jaime Bautista-Ortega², Adolfo Bucio-Galindo¹, Juan Manuel Zaldivar-Cruz¹, Wilber Montiel-Hernández³

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, ²Colegio de Postgraduados Campus Campeche, ³Universidad del Papaloapan-loma bonita, Oaxaca.

*Autor para correspondencia: garcia.delcarmen@colpos.mx

Palabras claves: Dietas, huevo, calidad

Introducción

Para que se logre un nivel máximo de crecimiento y buena salud, las aves de corral necesitan una selección amplia de nutrientes en su dieta. Estas necesidades varían según la especie, edad y la finalidad de reproducción, es decir, si son para carne o huevo y según el ave de corral, son las diferentes dietas para suministrar. Las aves de corral necesitan nutrientes para su mantenimiento, crecimiento, aumento de peso o a la producción de huevos, también necesitan mucha energía, proteína, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, minerales, vitaminas y agua; de los cuales obtendrán la energía y nutrientes necesarios a través de la digestión de los alimentos naturales; sin embargo también necesitan minerales, vitaminas y algunos aminoácidos esenciales como la lisina, metionina, treonina y triptófano, que a menudo se suministran como suplementos sintéticos (Ravíndran, 2013). La conformación de los piensos para consumo en aves de corral, está constituido por cereales hasta con un 70-75 % en el caso del maíz y trigo (Pagosyan *et al.*, 2023), componentes que resultan caros por ser de importación y por su procesamiento; lo que aumenta el precio del alimento (60-65 %) para la producción de huevo de plato (Abang *et al.*, 2017). Se cree que para el 2050 aumentará la población a nivel mundial (9.100 millones) lo que llevará a un consumo de carne y huevos, sobre todo en países en desarrollo; lo que provocaría una demanda de piensos para la alimentación avícola y su formulación sea de vital importancia en fábricas elaboradoras de alimento; lo que conduciría al uso de piensos alternativos no convencionales, como las leguminosas, residuos de frutas, hojas, plantas, harinas de semillas, tubérculos, como la yuca, malanga y plátano macho (Ogbuewu & Mbajorgu, 2023, Sengül *et al.*, 2025), al estudio en su contenido nutricional y a métodos para mejorar la calidad nutritiva de dichos piensos reduciendo incluso el costo del alimento (Abbas, 2023).

Objetivo

Evaluar el efecto de ingredientes no convencionales, para la formulación de dietas en la producción y calidad de huevo.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco, ubicado en periférico Carlos A. Molina, S/N km 3, Ranchería Río Seco y Montaña, 86500 y en el Campo experimental km 21 del Campus Tabasco, ubicado en carretera Cárdenas-Coatzacoalcos; en los periodos de febrero-marzo del 2024.

Uso de productos agrícolas no convencionales y de origen animal, para la formulación de las dietas



Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

XXXVI

Harina de yuca (*Manihot esculenta*), harina de malanga (*Colocasia esculenta*), plátano macho (*Musa paradisiaca*), harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), harina de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Diseño del estudio

El experimento es un completamente al azar con medidas repetidas y comparación de medias con pruebas de rango múltiples de Tukey. Se utilizaron 90 gallinas ponedoras de edad en semanas de 43 a la 48, de la raza Rhode Island Red; las cuales fueron repartidas aleatoriamente en corrales hechas con malla gallinero y con acceso al exterior, en tres tratamientos con 6 repeticiones y cinco gallinas en cada repetición.



Figura 1. Instalaciones y área de pastoreo de las gallinas Rhode Island Red

Variables evaluadas

Se determinaron los promedios de producción de huevo marrón para los tres tratamientos, el porcentaje de uniformidad o peso de la gallina al inicio y al final del experimento de la semana 43 hasta la 48 de producción.

Para la evaluación de las variables morfológicas y químicas de los huevos, se tomó toda la producción de huevo del día por tratamiento una vez a la semana, durante las seis semanas que duró el experimento, estas fueron evaluadas el mismo día de la puesta en el laboratorio de Ciencia Animal del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Se determinaron 14 variables morfológicas a cada huevo con ayuda de un calibre (Vernier o pie de Rey) y una balanza $\pm 0,1$ marca Digital Scale. Se dividieron en variables externas e internas, las variables externas fueron peso del huevo y la cáscara (g), ancho (eje ecuatorial) y largo (distancias entre polos) (mm), índice morfológico (mm), grosor de cáscara (mm), e internas, altura y diámetro de yema (mm), peso de yema y albumen (g), índice de yema, color de yema mediante el abanico de Roche o DSM YolkFan™, altura de albumen (mm) y unidades Haugh. Para la evaluación química de las yemas (ácidos grasos), se tomaron tres yemas de cada jaula por tratamiento, las cuales fueron mezcladas y puestas en un contenedor de cristal con tapa etiquetadas y congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta su próximo análisis; por medio de cromatografía de gases.

Resultados

Los resultados para indicadores productivos en ganancia de peso para las gallinas muestran que todos los promedios para los tratamientos 1, 2 y 3 fueron estadísticamente iguales 2.45, 2.44 y 2.45, con peso inicial de 2.30, 2.36 y 2.34 respectivamente; hechos con harina de yuca-pescado, harina de malanga-frijol y dieta control respectivamente

Los resultados mostraron una tendencia de mayor a menor para el tratamiento 3 dieta control (alimento comercial) con una producción total de 1107 huevos, que representa un 87.83 % en comparación con las dietas 2 y 1 **hechas con harinas de malanga-frijol y yuca-pescado 1031 y 1029** representando para ambos tratamientos un 81.66 % respectivamente; mostrando para el tratamiento 3 (dieta control) una comparación de medias significativamente diferente $p > 0.05$.

Los resultados para el porcentaje en tasa de postura, el tratamiento tres (dieta control), presento una eficiencia del 92 % con respecto a los tratamientos 1 y 2 (83 y 81 %).

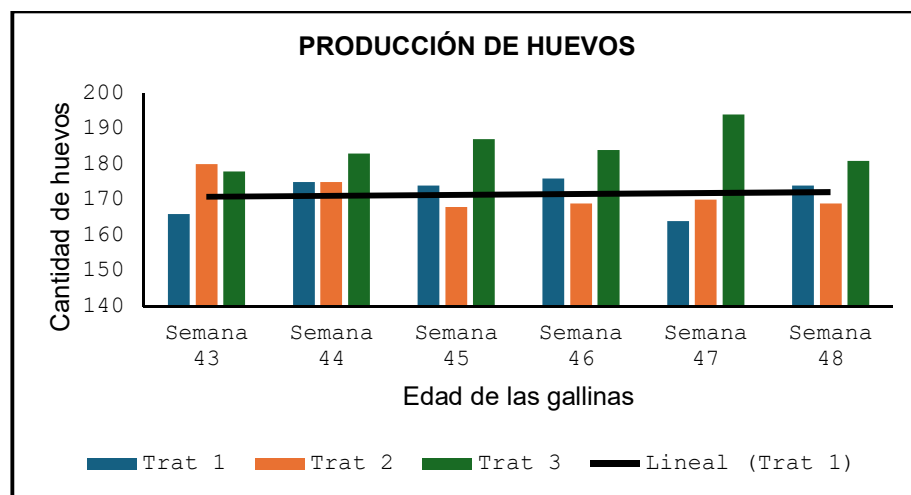


Figura 2. Producción de huevo en gallinas Rhode Island Red, en las semanas 43-48.

Para el análisis de las variables morfológicas externa e internas se determinó que para promedio de peso del huevo se obtuvieron resultados del 63.95 ± 0.58 , 63.35 ± 0.38 , 61.01 ± 0.44 , encontrando y con un nivel de confianza del > 0.05 significativamente mayor a los tratamientos 2 y 1. El análisis para los promedios en índice morfológico del huevo muestra que para la dieta control, fue significativamente mayor, con 75.40 IM. Para calidad interna, el diámetro de la yema, una calidad tomada en cuenta por los consumidores, mostro un resultado superior para el tratamiento 1 con 44.01 mm hecha con h. de yuca y pescado. El análisis para índice de yema mostro que para los tres tratamientos no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$). El resultado para los promedios de peso de yema, altura de yema, y con un nivel de confianza del ($p > 0.05$) todos los promedios fueron estadísticamente iguales; el resultado para índice de yema, muestra que todos los tratamientos son iguales, el resultado para las unidades Haugh, que es la relación entre la altura de la clara (albumen) y peso del huevo, fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Calidad de huevo interna y externa en gallinas Rhode Island Red en semanas de producción 43-48.

Variables de calidad		Tratamientos			
		Unidades	T1	T2	T3 (dieta control)
Externas	Peso del huevo	g	63.35 ^a	63.95 ^a	61.01 ^b
	Ancho de huevo	mm	44.01 ^a	43.55 ^{ab}	43.28 ^b
	Largo de huevo	mm	58.00 ^b	58.18 ^a	57.45 ^b
	Índice morfológico		74.75 ^b	72.65 ^c	75.40 ^a
Internas	Color de la yema		9.84	8.37	15
	Altura de yema	mm	17.30 ^a	17.40 ^a	17.50 ^a
	Diámetro de la yema	mm	44.01 ^a	43.55 ^b	43.28 ^b
	Índice de yema		0.42 ^a	0.42 ^a	0.43 ^a
	Peso de yema	g	16.95 ^a	16.95 ^a	17.18 ^a
	Altura de albumen	mm	8.05 ^a	7.80 ^a	7.76 ^a
	Peso de albumen	g	39.68 ^a	39.90 ^a	37.28 ^b
	Unidades Haugh		88.51 ^a	86.75 ^a	87.73 ^a

Para el color de las yemas, la cual fue determinada con el abanico de Roche, los resultados fueron diferentes para cada uno de los tratamientos T1, T2 Y T3 con 9.84, 8.37 y 15 respectivamente; considerando el tipo de ingredientes para cada una de las dietas formuladas, las cuales para las dietas 1 y 2, presentaron xantofilas o carotenoides que es un tipo de pigmento presentadas en la estructura del vegetal, piel o raíz y que puede proporcionar un color determinado, como es en la gallina, un color en las yemas, patas, piel, pico (Zacarías *et al.*, 2012); tal es el caso de la harina de yuca T1 que proporciona un color muy amarillo en las yemas de los huevos, según la escala de Roche, el tratamiento T2 mostró un color amarillo pálido a las yemas, considerando que la malanga cuenta con xantofila. Para el tratamiento 3 o dieta control, este presentó un color anaranjado y según la escala de Roche está representado con el número 15, esto debido al aditivo con que cuentan los alimentos comerciales para gallinas ponedoras.

Los promedios para ácidos grasos y con un nivel de confianza del ($p>0.05$) muestran para el Mirístico, Palmítico, Palmitoleico (omega 7), Cis-10-heptadecenoico, Gama Linolénico (omega 6), Cis-11-eicosenoico (omega 9) y DHA (omega 3), diferencias significativas para el tratamiento control (alimento comercial), los promedios para el ácido esteárico y con un nivel del $p>0.05$ muestra para el tratamiento 2 diferencias significativas, para el ácido Linolénico (omega 3) y con un nivel de significancia del $p>0.05$ muestra diferencias significativas entre los tratamientos; encontrando para el tratamiento 2 una mayor diferencia, de 1.8069 % del ácido en las yemas a diferencia de los dos tratamientos restantes 1 y 3, 1.5317 y 0.2852 respectivamente, para el ácido Cis-8, 11, 14-eicosatrienóico (omega 6) el tratamiento 2 y con un nivel de significancia del $p>0.05$, mostro un valor significativamente diferente 0.2096 % en las yemas de huevo.

Cuadro 2. Contenido de ácidos grasos en las yemas de huevo, de gallina Rhode Island Red en 6 semanas de producción (43-48).

Nombre según la IUPAC	Ácido graso %	T1	T2	T3
Ác. Tetradecanoico	Mirístico	0.3562 ± 0.01649	0.3437 ± 0.01630	0.4780 ^b ± 0.02934
Ac. cis-tetradec-9-enoico	Miristoleico	0.0818 ± 0.12217	0.0323 ± 0.00615	0.0850 ± 0.01193
Ác. Pentadecanoico	Pentadecanoico	0.0714 ± 0.00284	0.0773 ± 0.00908	0.0685 ± 0.00841
Ac. Hexadecanoico	Palmitico	23.7664 ± 0.40913	23.5138 ± 0.37204	27.1030 ^b ± 0.62694
Ac. (9Z)-Hexadecenoico	Palmitoleico	1.5350 ± 0.11126	1.4268 ± 0.08184	2.7573 ^b ± 0.28806
Ac. Heptadecanoico	Heptadecanoico	0.2937 ± 0.00754	0.2959 ± 0.01654	0.2757 ± 0.01703
Ac. cis-10-heptadecenoico	Cis-10-heptadecenoico	0.0935 ± 0.00277	0.0893 ± 0.00379	0.1442 ^b ± 0.00353
Ac. Octadecanoico	Esteárico	9.4503 ± 0.13430	9.0269 ^b ± 0.28378	9.7923 ± 0.25418
Ac. Cis-9-octadecenoico	Oleico	31.2854 ^b ± 0.55610	29.0063 ^a ± 1.31128	38.7687 ^a ± 1.00346
Ac. (9Z,12Z)-9,12-octadecadienoico	Linoleico	24.9850 ^b ± 0.14365	27.7830 ^c ± 1.60195	14.3848 ^a ± 0.81067
Ac. cis-6,9,12-octadecatrienoico	Gama linolénico	0.1450 ± 0.02817	0.1713 ± 0.02799	0.0975 ^a ± 0.01246
Ac. (11Z)-ácido eicosenoico	Cis-11-eicosenoico	0.2027 ± 0.01243	0.2048 ± 0.01704	0.2349 ^b ± 0.00969
Ac. octadeca-9,12,15-trienoico	Linolénico	1.5317 ^b ± 0.04285	1.8069 ^a ± 0.15048	0.2852 ^c ± 0.03116
Ac. (Z,Z)-eicosa-11,14-dienoico	Cis-11, 14-eicosadienoico	0.2591 ^b ± 0.01189	0.3239 ^a ± 0.04293	0.1477 ^c ± 0.00992
Ac. (8Z,11Z,14Z)-eicosa-8,11,14-trienoico	Cis-8, 11, 14-eicosatrienoico	0.1623 ± 0.01942	0.2096 ^b ± 0.02551	0.1725 ± 0.01379
Ac. (5Z,8Z,11Z,14Z)-5,8,11,14-eicosatetraenoico	Araquidónico	2.1803 ± 0.08406	2.2393 ± 0.07649	2.1596 ± 0.11842
Ac. (4Z,7Z,10Z,13Z,16Z,19Z)-docosa-4,7,10,13,16,19-hexaenoico	DHA	1.4027 ± 0.02412	1.4465 ± 0.10711	0.4986 ^b ± 0.02454

A, b, c, Letras diferentes en una misma fila, representan diferencias significativas a $p > 0.05$.
T1 h. de yuca-h. de Tilapia, T2 h. de malanga-h. de frijol negro, T3 alimento comercial.

Discusión

Este estudio mostro baja ganancia de peso durante las seis semanas de estudio con las gallinas Rhode Island Red, las cuales tuvieron acceso al exterior y a su jaula; lo que coincide con Abau-elezz *et al.*, 2012 que mencionan que las gallinas con acceso al exterior no tuvieron incremento en el peso durante y al final del experimento. La producción de huevo fue mayor en las gallinas para tratamiento control (alimento comercial), sin embargo, la producción de huevo para el tratamiento 1 con harinas de yuca y pescado mostraron un aumento en la producción de huevos a diferencia de la harina de malanga y frijol, lo que coincide con (Morgan N. K. & Choct, M. 2016) que mencionan que la yuca tiene un efecto en la tasa de postura y peso y calidad del huevo; así como en el color muy amarillo de las yemas.

Los ácidos grasos encontrados en las yemas de los huevos en las gallinas Rhode Island Red, muestran que el alimento formulado con ingredientes no convencionales como la yuca, malanga, plátano macho y frijol, dietas 1 y 2, pueden presentar ácidos grasos de cadena larga como los DHA (omegas 3) 5 veces más que las yemas de huevo formuladas con dieta comercial; lo cual coincide con lo encontrado por (González *et al.*, 2020) que mencionan que las gallinas con acceso al exterior y al pastoreo o alimentadas con productos agrícolas; presentaran en sus huevos ácidos grasos de cadena larga al menos tres veces más, que un huevo comercial.



XXXVI

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco

Conclusión

La producción de huevo en gallinas ponedoras criadas bajo un sistema con acceso al exterior y alimentadas con productos agrícolas no convencionales de la región, pueden ofrecer alternativas para la formulación de dietas en aves de producción, mejorando el sistema; proporcionando productos de muy buena calidad, como es el caso de los huevos con yemas con ácidos grasos de cadena larga (omega 3), relacionados con la salud humana (mejora en el sistema nervioso central-neuronas, hipertensión arterial-corazón, algunos tipos de cáncer) en regiones como en las del Estado de Tabasco.

Bibliografía

- Abou-Elezz F. M. K., Sarmiento F. L., Santos R. R., Solorio S. J. F. 2012. Egg production, egg quality and crop content of Rhode Island red hens grazing on natural tropical vegetation. *Tropical animal health and production*. 45, 367-372.
- Abang, F. B. P., Ayuk, A. A., & Okon, B. I. (2017). Egg quality characteristics of japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed Varying Levels of Fermented Taro Cocoyam (*Colocasia esculenta* var *esculenta*) Meal. *Journal of Experimental Agriculture International*, 15(6), 1-6.
- Abbas, B. A. (2023). Traditional and non-traditional feeds in poultry feeding: A review. *Radinka journal of science and systematic literature review*, 1(2), 111-127.
- Morgan, N. K., & Choct, M. (2016). Cassava: *nutrient composition and nutritive value in poultry diets*. *Anim Nutr* 2 (4): 253–261.
- Ogbuewu, I. P., & Mbajjorgu, C. A. (2023). Utilisation of cassava as energy and protein feed resource in broiler chicken and laying hen diets. *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), 161.
- Pogosyan, D., Zemnyakov, V., Zueva, E., & Varlamova, E. (2020). Use of unconventional feed for broiler chickens.
- Ravindran, V. (2013). Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. *Revisión del desarrollo avícola Primera Ed*, 62-66.
- Şengül, A. Y., Şengül, T., Çelik, Ş., İnci, H., Şengül, G., Dörtbudak, M. B., ... & Daş, A. (2025). The effects of using different levels of banana (*Musa acuminata*) peel powder on productivity performance, egg quality, blood parameters, fatty acid profile, and intestinal histopathology of laying quails. *Poultry Science*, 105331.
- González-Velandia, K. D., Landázury-Correa, A., & Chaparro, A. M. (2020). Evaluación de impactos ambientales en la cadena de producción de huevos agroecológicos con un enfoque de ciclo de vida. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 165-179.



Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco

Coordinador General
Dr. Dante Sumano López

Compiladores
Dante Sumano López
Pablo Ulises Hernández Lara
Grisel Cervantes Arau

Formación y Diseño
Grisel Cervantes Arau
Cassandra Fuentes Sánchez
Pedro Flores Hernández

Comité Técnico Evaluador		
Dante Sumano López	Sarahyt Santamaría González	Rufo Sánchez Hernández
Sabel Barrón Freyre	Figueroa	Maximiano Antonio Estrada Botello
Erika Belem Castillo Linares	Edgar Coutolenc Brenis	Irma Gallegos Morales
Pablo Ulises Hernández Lara	Rosalío López Morgado	Fernando Víctor Iriarte Rodríguez
Lorenzo Granados Zurita	Juan Carlos Tamarit Urias	Manuel Fidel Domínguez Azueta
Jorge Oliva Hernández	Lucas Alejandro Fadda	José Ángel Gaspar Génico
Alfonso Azpeitia Morales	Ángel Capetillo Burela	Efraín De la Cruz Lázaro
Miguel Ángel Ramírez Guillermo	Jesús Martínez Sánchez	César Márquez Quiroz
Jorge Quiroz Valiente	Pedro Cadena Iñiguez	Hortensia Brito Vega
Sergio Salgado Velázquez	Julio Cesar Vinay Vadillo	Juan Guzmán Ceferino
María del Carmen Silverio Gómez	Arturo Ángel Hernández	Edmundo Gómez Méndez
Eder Ramos Hernández	Mauro Sierra Macías	Aldenamar Cruz Hernández
Manuel Barrón Arredondo	Sergio Alberto Curtí Díaz	Armando Gómez Vázquez
Mario Rodríguez Cuevas	Walter López Báez	Angélica Alejandra Ochoa Flores
Roberto Omar Castañeda Arriola	Robertony Camas Gómez	Raquel Jiménez Ramírez
Blanca Patricia Castellanos	Ricardo Santillán Mendoza	Oswaldo Tique de los Santos
Potenciano	Juan Hernández Hernández	Lilia Fraire Sierra
Eduardo Daniel Bolaños Aguilar	Samuel Córdova Sánchez	Silvia del Carmen Ruiz Acosta
Marcos Ventura Vázquez	Isabel Cristina Acosta Balcazar	Héctor Javier Megia Vera
Hernández	Damianys Almenares López	Carlos Mario Carrera Belueta
María de los Ángeles Acevedo	Liliana Ríos Rodas	Ismael Valencia Hernández
Cortés	Aurora Ramírez Meneses	Eduardo Lleverino González
Edith Rojas Anaya	José Izquierdo Hernandez	Reyna González De la Cruz
Liliana Aguilar Marcelino	David Julián Palma Cancino	Agrícola Arrieta Rivera
Oscar Hugo Tosquy Valle	Leonides Córdova Ballona	José Rafael Paredes Jácome
René Carlos Calderón Robles	Yasmín Araceli Gálvez Muñoz	Pablo Preciado Rangel
Abraham Fragosos Islas	Benigno Rivera Hernández	Guadalupe Morales Valenzuela
Leslie Carnero Avilés	Diana Rubí Ramos López	José Padilla Vega
Enrique Hernández Leal	Edith Hernández Nataren	José Heriberto Villegas Reyes
Melchor Rodríguez Acosta	Armando Guerrero Peña	Victorino Gómez Valenzuela
Casimiro Ordóñez Prado	Jesús Alberto Ramos Juárez	Emanuel Cruz Sánchez
José Francisco Rodríguez	Ángel Sol Sánchez	Blanca Flor Ramos López
Rodríguez	Marivel Domínguez Domínguez	



Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesca
Oficina de Convenciones y Visitantes de Tabasco
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco
Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco
Fundación Produce Tabasco A. C.
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT
División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT
Universidad Popular de la Chontalpa
Universidad Tecnológica de Tabasco
Universidad Politécnica Mesoamericana
Universidad Autónoma Chapingo
Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca
Instituto Tecnológico de Villahermosa
Instituto Tecnológico de Huimanguillo
Colegio de Ingenieros Agrónomos de Tabasco
Universidad Intercultural de Tabasco
Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra
Universidad Politécnica del Golfo de México

